Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
Совет молодых учёных и специалистов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

РГАУ-МСХА
имени К.А.Тимирязева

Всероссийская с международным участием научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 155-летию со дня рождения выдающегося учёного в области животноводства, академика ВАСХНИЛ Михаила Фёдоровича Иванова

Сборник статей. Том 2

Москва
2026

УДК 929.63
ББК 72.6:4
В 85

Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 155-летию со дня рождения выдающегося учёного в области животноводства, академика ВАСХНИЛ Михаила Фёдоровича Иванова, г. Москва, 27-29 апреля 2026 г.: сборник статей. Том 2 / Коллектив авторов [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. данные (10,9 Мб). – Москва: Издательство РГАУ - МСХА, 2026. – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – Систем.требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA с разрешением 1024×768; AdobeAcrobat; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана.

Редакционная коллегия

Проректор по научной работе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, д.с-х.н., **С.С. Макаров.** Начальник управления научной и инновационной деятельности РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент, к.п.н., **Л.В. Верзунова**. Председатель Совета молодых учёных и специалистов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доцент кафедры частной зоотехнии, к.с.-х.н. **В.В. Малородов**. Заместитель председателя, руководитель СМУиС института экономики и управления АПК (по гуманитарному направлению) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, к.и.н. **С.А. Миронюк**. Ответственный секретарь, руководитель СМУиС института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (по мелиоративному направлению) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **Т.Ю. Жукова**. Руководитель СМУиС института агробиотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, к.б.н. **Р.И. Тараканов**. Руководитель СМУиС института механики и энергетики имени В.П. Горячкина РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **Д.М. Дудин**. Руководитель СМУиС института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (по экологическому направлению) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **Н.А. Александров**. Руководитель СМУиС института экономики и управления АПК (по экономическому направлению) РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **В.С. Токарев**. Руководитель СМУиС института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **Р.А. Иволга**. Руководитель СМУиС Технологического института РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева **А.С. Куприй.**

Организаторы конференции: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Совет молодых учёных и специалистов РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Сборник содержит статьи по материалам докладов участников **Всероссийской с международным участием научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 155-летию со дня рождения выдающегося учёного в области животноводства, академика ВАСХНИЛ Михаила Фёдоровича Иванова,** проводившейся 27-29 апреля 2026 г. на базе ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Издание представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, руководителей и специалистов АПК.

ISBN 978-5-9675-2162-1
© Коллектив авторов, 2026
© ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2026

Оглавление

ИНСТИТУТ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ 13

СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ 13

Мусса А.Б., Поливанова О.Б. **МОРФОГЕНЕЗ ПОЛЫНИ *(*ARTEMISIA ABSINTHIUM L.*)* В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА** 13

Юсупова З.М., Баженова С.С **ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ КЛЕЙКОВИНЫ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ РОССИИ** 16

Жамгочян Х., Гончаренко А.В., Киракосян Р.Н. **ПРОБИОТИЧЕСКАЯ *Escherichia coli* M17 КАК ВЕКТОР ДЛЯ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА CtxB: ОТ ЛАБОРАТОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ К ИНДУКЦИИ ИММУННОГО ОТВЕТА *in vivo*** 18

Суменков Н.А., Киракосян Р.Н., Калашникова Е.А., Степанова А.Ю., **СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛЕТОК ГУАРА (*CYAMOPSIS TETRANGOLOBA* (L.) TAUB.) И IN VITRO КУЛЬТУРЫ БОРОДАТЫХ КОРНЕЙ (HAIRY ROOTS)** 20

Симагин А.Д., Вертикова Е.А., Медведева **ПРИМЕНЕНИЕ RAPD МАРКЕРОВ ДЛЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО** 22

Симагина А.С., Бердникова Л.А. **РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.): ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ** 24

Шилкина О.И., Демьяненко Е.В., Баженова С.С. **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН СОИ** 27

Ниц О.С., Калашникова Е.А. **ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛИСТЬЕВ *GINKGO BILOBA* L. НА РОСТ МИЦЕЛИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *IN VITRO*** 30

Оболенская Е.М. **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ** 33

Киселева Е.И., Кезимана П. **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОРТОВ TRITICUM AESTIVUM L. В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ** 35

Цзин Л., Ильин М.Д., Аницой Т.В., Васильев Е.С., Пильщиков А.А. **СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕРИЛИЗУЮЩИХ АГЕНТОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В КУЛЬТУРУ IN VITRO *EMPETRUM NIGRUM* L.** 38

Володькина М.Б. **СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ** 40

Войнов Т.О. **ГЕНОТИПИРОВАНИЕ И ФЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ТЕМПАМ РАЗВИТИЯ ДЛЯ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ** 42

Болотина Е.А., Голиванов Я.Ю., Мартынюк П.А. **КАЧЕСТВЕННЫЕ И ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *SEQUOIA SEMPERVIRENS* И *SEQUOIADENDRN GIGANTEUM*** 45

Цзин Л. **ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ НА РОСТ СУСПЕНЗИОННЫХ КЛЕТОК СЕКВОЙИ И НАКОПЛЕНИЕ ОБЩЕГО ФЕНОЛА В СРЕДЕ МС** 49

Выборных И.Е., Вертикова Е.А. **ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ СОРТООБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА** 52

Кулаков Ю.В. **РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ КИСЛОТНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ MSM ДЛЯ ВТОРИЧНОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР *IN VITRO*: НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ** 54

Иброгимов Р.Ф. **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ЗЕРНОВОГО СОРГО *(SORGHUM BICOLOR)*** 57

Овсянников В.В., Вертикова Е.А. **СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ** 60

Симагина А.С., Вертикова Е.А. **ХАРАКТЕРИСТИКА ПЦР-МАРКЕРОВ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM L.*) К ПАСМО (*SEPTORIA LINICOLA*)** 64

Вильховой Я.Е., Вертикова Е.А. **КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛАССИФИКАЦИИ ЯРОВЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ КАНАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ** 67

СЕКЦИЯ «МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ» 71

Волков А.Ю., Громов С.А. **ОЦЕНКА ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОГО ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА** 71

Баадже Я.В. **ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА** 73

Simagin A.D., Simagina A.S., Vertikova E.A. **AGROMETEOROLOGICAL ASSESSMENT OF THE CENTRAL REGION OF RUSSIA NONCHERNOZEM ZONE FOR THE CULTIVATION COTTON (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.)** 77

Осин Д.Ю., Ватутин Д.С. **ФИТОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КИНОА НА ПОЛЯХ РГАУ-МСХА** 81

Байбаков К.Д. **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СОРТОВ** 83

Шмакова К.А. **КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ ЛОД РГАУ-МСХА ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА** 85

СЕКЦИЯ «АГРОНОМИЯ» 88

Пуэссиуа Л.М., Митюшев И.М. **ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СЕЗОННОГО ЛЁТА МАССОВЫХ ВИДОВ ЛИСТОВЕРТОК В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В 2025 ГОДУ** 88

Киселев Е.Д., Приданников М.В., Сучков А.В. **ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕТОКСИКАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ У НАСЕКОМЫХ** 90

Леухина О.В. **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН НОВЫХ СОРТОВ СОИ** 94

Ндайирагиже Ж.П **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ АГРОПРИЕМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА** 97

Леухина Т.В. **ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ И НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СИМБИОТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ** 101

Масленникова В.С., Нерсесян С.М., Шелихова Е.В., Табанюхов К.А. **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ШТАММОВ С ФУНГИЦИДНЫМИ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ** 103

Прошин К.А., Конончук В.В. **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯНА ЗЕРНОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИКООВСЯНЫХ СМЕСЕЙВ ЦЕНТРЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ** 105

Дугба И.С., Кухаренкова О.В. **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАС-32 И БИОСТИМУЛЯТОРА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ** 108

Багрецова М.Р., Смолянина С.О., Тараканов И.Г. **АДАПТИВНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА МОРФОГЕНЕЗА У РАСТЕНИЙ МОРКОВИ (DAUCUS CAROTA L.) В УСЛОВИЯХ РАЗНОВРЕМЕННОЙ ГРАВИСТИМУЛЯЦИИ** 112

Тевченков А.А., Сеничев Е.И., Трунов В.В. **ОЦЕНКА СОИ НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ** 114

Ахмед А.А. **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФЕРОМОННОГО МОНИТОРИНГА ЯБЛОННОЙ ПЛОДОЖОРКИ** 117

Якушевский Е.И. **СОВРЕМЕННОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА *HALYOMORPHA HALYS*** 118

Хмаиша В. **ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВО-БОБОВЫХ ТРАВОСТОЕВ 1-ГО ГОДА ЖИЗНИ** 122

Нгием В.Ч. **ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРАВОСТОЕВ ИЗ ЛЮЦЕРНЫ 1-ГО ГОДА ЖИЗНИ** 125

Кане З., Виноградов И.С. **ПРОБЛЕМА МИКОТОКСИНОВ В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ** 128

Ере Г.Я., Шитикова А.В. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОРГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH) ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ** 131

СЕКЦИЯ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ, АГРОХИМИЯ И МИКРОБИОЛОГИЯ».....135

Потехина М.А., Литти Ю.В., Селицкая О.В. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ТЕМНОВОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ БИОМАССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ И ВЫРАБОТКИ БИОВОДОРОДА** 135

Ахметжанов Д.М., Серегина И.И. **ПЛОЩАДЬ АССИМИЛЯЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ АЗОТНО-ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ** 137

Мартынова П.Н., Каменных Н.Л., Наумов В.Д. **ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ДРЕВОСТОЯМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М.Г. СИНИЦЫНА И НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НИЖЕГОРОДСКОЕ ПОВОЛЖЬЕ» ИМ. В.А. ЛЕБЕДЕВА** 138

Агеев К.Д. **ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЕМОВ В ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ РЕЛЬЕФА В УСЛОВИЯХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**.....142

Доморацкая Д.А., Калашников А.А., Киракосян Р.Н. **ОЦЕНКА АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ШТАММОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОЗБУДИТЕЛЮ БУРОЙ ГНИЛИ КАРТОФЕЛЯ** 145

Григорьев В.В., Серегина И.И. **РОЛЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В МИРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**.....148

Бородина К.С. **ВОДОПРОЧНОСТЬ АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ АГРЕГАТОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НА ПАШНЕ И ЦЕЛИНЕ**.....152

Бодякшина М.А., Козлов А.В. **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ** 155

ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННО-ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ НА ОБЪЕКТАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ 155

Дятлов И.С., Ефимова С.А., Кавкаева **ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ООПТ «КАЛУЖСКИЙ БОР»** 158

Некрасов А.Р., Серегина И.И. **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ КРЕМНИЯ, ТРАНС-ЗЕАТИНА И СУЛЬФАТА КОБАЛЬТА В ПОСЕВАХ**

ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 162

Ткаченко Н.А., Селицкая О.В. **ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ GMP КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕЗЕРВУАР СТРЕСС-УСТОЙЧИВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ** 166

Терешенков П.В **ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОГО АЛЮМИНИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ И АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ** 170

Волкова М.А. **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАПСУЛИРОВАННОГО КАРБАМИДА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ**.....173

Дювенжи Е.В., Ганнесен А.В. **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ АДРЕНОБЛОКАТОРОВ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БИОПЛЕНОК K. SCHROETERI И S. AUREUS К ГОРМОНАМ КАТЕХОЛАМИНОВОГО РЯДА** 175

Лебедева А.А., Гусева Ю.Е. **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ**.....177

Холиков С.И., Козлов А.В. **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РИЗОСФЕРНЫХ И ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ У КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ** 180

Брюнел А. **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА К ХАРАКТЕРУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ** 183

Коржов И.В., Козлов А.В. **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СВЕРХДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**.....186

Кривопуск Е.Ю. **ВЫДЕЛЕНИЕ ДНК ИЗ МИКРОБИОМА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ КОРМОВ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛОВ** 189

Крылова М.Ф. **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НУТА В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ** 190

Дятлов И.С., Козлов А.В. **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ЕГО РОЛЬ В ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ**.....192

Добрин П.В. **ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРА НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**.....196

Прохоров А.А. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ В ПОЧВАХ ЧЕРНОЗЕМНОГО ТИПА** 198

Сокорова Н.В. **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ**.....200

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ 201

СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ».....201

Ашур М. Чутчева Ю.В.**, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ОРЕХОВОДСТВА** 201

Ашур М. Чутчева Ю.В. **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРЕХОВОДСТВА: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В РФ**.....206

Баклыкова А.Н, Мирзалиева З.Б., Ягудаева Н.А. **ИНВЕСТИЦИИ В АГРОТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СРОКИ ОКУПАЕМОСТИ** 210

Башшур Э, Зарук Н.Ф.**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АГРАРНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ** 213

Богатченко М.В., Чутчева Ю.В. **ESG-МЕРЫ КАК ФАКТОР РОСТА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ** 217

Большов Е.Р, Давыдов А.А, Быков А.А.**РОЛЬ ESG-ПОДХОДА В ИЗМЕНЕНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**.....223

Большов Е.Р, Давыдов А.А. , Ягудаева Н.А. **РОЛЬ ESG-КОВЕНАНТОВ В УПРАВЛЕНИИ КРЕДИТНЫМ РИСКОМ: ОТ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ДЕФОЛТА ДО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ КРЕДИТОРОМ И ИНВЕСТОРОМ** 227

Бурлаков Т.С, Ягудаева Н.А. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНСТРУМЕНТОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ESG-ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЯ: ЛИЗИНГ, БАНКОВСКИЙ КРЕДИТ И СУБСИДИИ В РАЗРЕЗЕ СТОИМОСТИ КАПИТАЛА**.....232

Бурлаков Т.С., Чутчева Ю.В. **РЕЦИКЛИНГ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ: МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ**.....235

Володина А.С.. Чухненко И.А., Чутчева Ю.В. **ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ РОССИЙСКИХ АГРОЭКСПОРТЁРОВ**.....238

Давлетшин А.Н., **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕРНОПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК** 243

Евграшина Н.С., Ашмарина Т.И. **ПЕРЕХОДНОЕ И «ЗЕЛЁНОЕ» ФИНАНСИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:**

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКТОВ, ТРЕБОВАНИЯ К РАСКРЫТИЮ И ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ ЗАИМСТВОВАНИЙ.....246

Завалишина А.А, Бирюкова Т.В. **СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НОВОВВЕДЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК** 250

Костина К.П., Сергеева Н.В. **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСНЫХ УСЛУГ ПО ПРЕДПРОДАЖНОЙ ПОДГОТОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ** 252

Мельников Д.Г, Зарук Н.Ф. **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ** 254

Омирбеков Р.У., **КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ ИННОВАЦИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ** 259

Секачева В.М., Сартакова О.А. , Резниченко И.Ю. **АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА МАРКЕТПЛЕЙСАХ**.....262

Романов В.В. **СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМИ КЛАСТЕРАМИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ**.....264

СЕКЦИЯ «БИЗНЕС-СТАТИСТИКА» 268

Анохин И.А. ,. **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И СТРУКТУРЫ ВАЛОВОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ АГРАРНОГО СЕКТОРА ПО СТРАНАМ И МАКРОРЕГИОНАМ МИРА** 268

Бодур А. М., **ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ОТЧЕТНОСТЬ ПО ВЫБРОСАМ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ: ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ, МЕТОДОЛОГИИ И ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ** 273

Быков Д.В., **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ТИПОВ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ, ВЫЯВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ** 277

Иванов А.М. **КРАТКИЙ ОБЗОР НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА**.....281

Маслакова В.В. **АНАЛИЗ СРЕДНЕГО РАНГА РЕГИОНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЦЕПОЧКЕ АПК**.....284

Музалев К.С. **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ** 287

Неврозов А.С., **ОЦЕНКА КОНЪЮНКТУРЫ РЫНКА ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ ПАРСИНГА** 291

Титов А.Д. **МОДИФИЦИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МОДЕЛИ YOLO ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА ИНДЕКСА VHS** 294

Титова Д.А. ,**ИНДЕКС СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА** 296

Храмов Д.Э. **СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТОВ В АПК НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ**.....301

СЕКЦИЯ «МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ» 305

СЕКЦИЯ «МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ» 305

Горохова В.В., Комаровская А.О., Куликова К.А. , Кубрушко П.Ф, Назарова Л.И. **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАННЕЙ ПРОФОРИЕНТАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**.....308

Грязнева С.А., **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ЗАНЯТИЙ В МЭШ КАК ИНСТРУМЕНТА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «КОЛЛЕДЖ – ПРЕДПРИЯТИЕ»** 312

Деев М.О.,. **ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ** 316

Жиляева В.В., **ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА К РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ** 319

Зарочинцев А.В., **ТЕХНОЛОГИЯ «РАВНЫЙ – РАВНОМУ» В ПАТРИОТИЧЕСКОМ ВОСПИТАНИИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА**.....321

Мансимова С.Э., Павлов В.П., **РЕШЕНИЕ СТУДЕНТАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КЕЙСОВ НА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ КАК СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ РАЗРЫВА МЕЖДУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ И РЕАЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**.....325

Некрасова М.И.,. **ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ В ВУЗЕ: НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ**.....328

Палей А.В., Блох А.Б., **СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КАК РЕСУРС РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ БЕЗ ГРАНИЦ»**.....332

Рассадникова В.В., **ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КЕЙС-СТАДИ В ПРЕПОДАВАНИИ ЭКОНОМИКИ В КОЛЛЕДЖЕ** 335

Собина Е.П, Фомин А.Д. , **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА К КВАЛИФИКАЦИОННЫМ ЭКЗАМЕНАМ**.....339

Степанова Н.С., **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И СЕРВИСОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ САМОМЕНЕДЖМЕНТА**.....343

Супруненко В.Н. **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТОВАРОВЕДЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РАЗНЫХ СТРАН**.....346

Тарасов Д.А., **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОЦЕНОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ** 349

Тищенко А.В., **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ** 351

Фуртуна В.А.. **ЭКОПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ: ОТ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ К ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ РЕПРЕЗЕНТАЦИЯМ** 354

Шилин О.А., **МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ НЕДОБРОСОВЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ** 357

Миронюк С.А. **СОДЕРЖАНИЕ ЗАПИСКИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ СОВЕТА МИНИСТРОВ ОМСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА П.В. ВОЛОГОДСКОГО «ОСНОВЫ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ ПРАВИТЕЛЬСТВА» (МАРТ 1919 Г.)** 361

Донских К.Ю. **АНТИФОНТ: ПРОБЛЕМА ПРИРОДЫ И ЗАКОНА В ДРЕВНЕГРЕЧЕСКОЙ ФИЛОСОФИИ** 363

Максуров А.А. **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СФЕРЫ АПК КАК ФОРМА КООРДИНАЦИИ ПУБЛИЧНЫХ И ЧАСТНЫХ ИНТЕРЕСОВ**.....366

СЕКЦИЯ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ И ЛИНГВОСТРАНОВЕДЕНИЕ»
……..379

Artyukhov M. Yurievich. ECOLOGICAL STRUCTURE OF WINTER RESIDENTIAL AVICOMPLEXES IN THE SOUTH-EASTERN MOSCOW REGION 369

Blama B., , Glazounova I. V. **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОТИВОРЕЧИЙ МЕЖДУ ИРРИГАЦИЕЙ, РЫБОЛОВСТВОМ И ВОДОСНАБЖЕНИЕМ ВОКРУГ ОЗЕРА ЧАД** 373

Kane Z., ., Vinogradov I. S. **CULTURE DU MAÏS HYBRIDE ET CONTAMINATION PAR MYCOTOXINES EN FEDERATION DE RUSSIE : VULNERABILITE, RESISTANCE ET STRATEGIE D'ADAPTATION CLIMATIQUE.....**376

Кагн З, Зайцев А.А., **ВЫРАЩИВАНИЕ ГИБРИДНОЙ КУКУРУЗЫ И ЕЁ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКОТОКСИНАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ:**

УЯЗВИМОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ И СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА.....376

Кпонгу Б. Й, Амерханов Х.А., Зайцев А.А.**LES PROBIOTIQUES : ROLE ET UTILISATION DANS L'ALIMENTATION DES VACHES**.....380

Кпонгу Б. Й, Амерханов Х.А., Зайцев А.А **ПРОБИОТИКИ: РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ В КОРМЛЕНИИ КОРОВ**.....380

Medovikov N. M. HELMINTHS OF THE EURASIAN COOT (*FULICA ATRA*) IN THE FLOODPLAIN OF THE KUMA RIVER.....383

Пискарева А.В., Ширлина Е.Н. **OZONISIERUNG BEIM PFLANZENANBAU** 385

Рябчикова В.Г. **VERBAL CONSTRUCTIONS IN TRANSLATION: STRATEGIES AND TECHNIQUES**.....387

Селин И.В. Карашаева А.С. Ширлина Н.Е. **OVERVIEW OF MODERN INTERNATIONAL METHODS OF QUARANTINE PHYTOSANITARY TREATMENT OF PRODUCTS USING NEUTRAL GASES AND THEIR MIXTURES WITH FUMIGANTS**.....390

Уманская П.А., **THE EVOLVING MODEL OF TEACHER EDUCATION IN CHINA UNDER THE VISION OF NATIONAL REJUVENATION**.....393

Черней М.А. **METHODOLOGICAL PROBLEMS OF ASSESSING**.....395

THE DIGITAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES.....395

Hamesd Jamgochian , Goncharenko A V. Kirakosya, R. N**. ENGINEERED PROBIOTIC *Escherichia coli* M17 EXPRESSING THE CHOLERA TOXIN B SUBUNIT (CtxB): A VERSATILE TOOL FOR MUCOSAL DELIVERY AND IMMUNOMODULATION**.....398

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЁТА, ФИНАНСОВ И НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ.....402

Ахмад А. Костина Р.В. **РОЛЬ АГРОХОЛДИНГОВ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПОРТА**.....402

ИНСТИТУТ САДОВОДСТВА И ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ.....405

Хусен М,. **ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СОХРАНЕНИЯ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ БАНКЕ *IN VITRO COELOGYNE MOOREANA* SANDER EX ROLFE**.....405

Широкова М.С. **ВЛИЯНИЕ ПОФАЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА СОКРАЩЕНИЕ ФАЗ ВЕГЕТАЦИИ РАПСА ПРИ УВЕЛИЧЕННОМ СВЕТОВОМ ДНЕ В УСЛОВИЯХ КАМЕРЫ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА**.....408

Гасымзаде Н. Н., Раджабов А.К., Савин И.Ю. **РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ NDVI SENTINEL-2**.....411

Раджабов А.К., Втехин А.А. **ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ КУСТОВ ГЛАЗКАМИ ДЛЯ СОРТА КРАСНОСТОП ЗОЛОТОВСКИЙ В УСЛОВИЯХ ДОЛИНЫ ДОНА** 415

Бочарова М.А. **ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНСОРЦИУМА НА УРОЖАЙНОСТЬ ДЛИННОПЛОДНОГО ОГУРЦА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННЕМ ОБОРОТЕ** 417

Никитин М.А.,. **ЦИФРОВОЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ФЕНОТИПИРОВАНИЕ РАПСА В**.....419

Жбели А., Вишнякова А.В. **ПРИМЕНЕНИЯ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ В СЕЛЕКЦИИ ГИБРИДОВ И СОРТОВ ТОМАТА** 423

Нзеха Ю, Миронова А.А. **ВЫРАЩИВАНИЕ РАПСА В МИРЕ И В РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ** 426

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ.....428

Кривая Н.В., Долгих К.В., Украинцева Ю.С. **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК** 428

Аракчаа Ч.А.**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МЯСА КОЗ ТУВИНСКОЙ ПОРОДЫ**.....431

Баязитова Н.Р., Леонова С.А. **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРОХА БАШКИРСКИХ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ В ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**.....432

Бони А.В., Бакин И.А., Панфилов В.А. **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОМАДНЫХ КОНФЕТ НА ОСНОВЕ АМАРАНТА**.....436

Гуляева А.Н., Бахарев В.В. **ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ПРЕДОБРАБОТКИ НА УГЛЕВОДНЫЙ ПРОФИЛЬ И СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗЕРНООВОЩНЫХ ДОБАВОК** 438

Тинамбунан Д.Г., Потороко И.Ю., Красуля О.Н.**РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЪЕДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ С АНТИМИКРОБНЫМИ И АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНДОНЕЗИИ**.....441

Дмитриев К.О., **ЛИНАЛООЛ КАК КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА КОРИАНДРА**.....444

Куприй А.С . **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В КОНСЕРВИРОВАНИИ РЫБНОГО СЫРЬЯ** 447

Мартеха А.Н, Копытин Р.И.**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВНЕШНЕГО ВИДА 3D-ПЕЧАТНЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ** 449

Моисеев С.А., Неповинных Н.В. **СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БЕТА-ГЛЮКАНОВ ИЗ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ** 452

Муханбетова И.Р.**ПЕРСПЕКТИВЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИМИТАЦИОННОГО ШПИКА** 455

Поконцев А.А, **ФЕНОМЕН ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОСТИ: ПОЧЕМУ КОФЕ И ЧАЙ МОНОПОЛИЗИРОВАЛИ ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА СРЕДИ СЫПУЧИХ СРЕД** 458

Резниченко И.Ю., Донченко Т.А., **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ МАРКИРОВКИ В СФЕРЕ АПК**.....462

Саенко О.С., Резниченко И.Ю.**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МУЧНЫХ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ СМЕСЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ**.....464

Хадаев А.В, Нугманов А Х-Х **РЫБНЫЕ ГИДРОЛИЗАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ**.....466

Юрьева А.А. **ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ ВНЕДРЕНИЯ ХАССП**.....469

Харитонова П.С., **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НАТУРАЛЬНЫХ ЙОГУРТОВ В ТОРГОВЫХ СЕТЯХ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**.....472

Ян Фань,**ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНО-МОЛОЧНОГО БРОЖЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АРОМАТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПЛОДОВОГО ВИНА ИЗ КИВИ И ЦИКЛОКАРИИ** 474

Будоева А.В., Молчанова А.А., Нугманов А. Х-Х **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШИПОВНИКА В ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОВЫХ БАТОНЧИКОВ** 476

ИНСТИТУТ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 57.052; 577.29

МОРФОГЕНЕЗ ПОЛЫНИ (ARTEMISIA ABSINTHIUM L.) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

***Мусса Ахмат Баша**, аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева mahmatbacha@gmail.com*

***Поливанова Оксана Борисовна,** доцент кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева polivanovaoks@gmail.com*

***Аннотация:** Изучено влияние состава питательной среды Мурасиге–Скуга (МС) с различными регуляторами роста (БАП, НУК, ИУК, ТДЗ) на каллусогенез и регенерацию побегов Artemisia absinthium L. в культуре in vitro. Наиболее высокая частота каллусообразования (85 %) достигнута на среде МС + БАП 2,0 мг/л + НУК 0,5 мг/л + ИУК 0,1 мг/л. ТДЗ (0,2 мг/л) индуцировал прямую регенерацию побегов (71 %) без каллусной фазы. Полученные данные составляют основу для разработки протоколов микроразмножения лекарственных видов рода Artemisia L.*

***Ключевые слова:** Artemisia absinthium L., культура in vitro, каллусогенез, регенерация побегов, регуляторы роста, микроразмножение.*

Введение. Полынь горькая (Artemisia absinthium L., сем. Asteraceae) — многолетнее лекарственное растение, содержащее эфирные масла, горькие гликозиды (абсинтин, анабсинтин) и флавоноиды [1, 2]. Интерес к данному виду возрастает в связи с антипаразитарными, антибактериальными и противоопухолевыми свойствами артемизинина и его производных [3]. Поскольку природные популяции подвергаются антропогенному воздействию, биотехнологические методы становятся необходимым инструментом сохранения генофонда. Целью настоящей работы явилось изучение влияния состава питательной среды МС на морфогенез листовых и стеблевых эксплантов A. absinthium L.

Материалы и методы. Объект исследования — растения Artemisia sp., выращенные в контролируемых условиях. Экспланты: листовые пластинки и сегменты стеблей (0,5–1,0 см). Стерилизация: 70% этанол (30 с) с последующим погружением в 0,1% $HgCl_2$ (8 мин) и трёхкратное отмывание дистиллированной водой.

Исследовали четыре варианта среды МС (таблица 1). pH 5,7–5,8; автоклавирование при 120 °C. Культивирование: 25 ± 1 °C, фотопериод 16 ч, 5 недель. На вариант — 30 эксплантов, три повторности. Статистика: ANOVA + критерий Тьюки ($\alpha = 0,05$).

Таблица 1

Вариант	Основа	Цитокинин	Ауксин 1	Ауксин 2	Агар, г/л
1 (В1)	МС	БАП 1,0 мг/л	НУК 0,5 мг/л	ИУК 0,1 мг/л	8,0
2 (В2)	МС	БАП 1,5 мг/л	НУК 0,5 мг/л	ИУК 0,1 мг/л	8,0
3 (В3)	МС	БАП 2,0 мг/л	НУК 0,5 мг/л	ИУК 0,1 мг/л	8,0
4 (В4)	МС	ТДЗ 0,2 мг/л	–	–	8,0

Составы питательных сред, использованных в эксперименте

Примечание: БАП – 6-бензиламинопурин; НУК – нафтилуксусная кислота; ИУК – индолил-3-уксусная кислота; ТДЗ – тидиазурон.

Результаты и обсуждение. Морфогенный ответ эксплантов существенно варьировал в зависимости от состава среды.

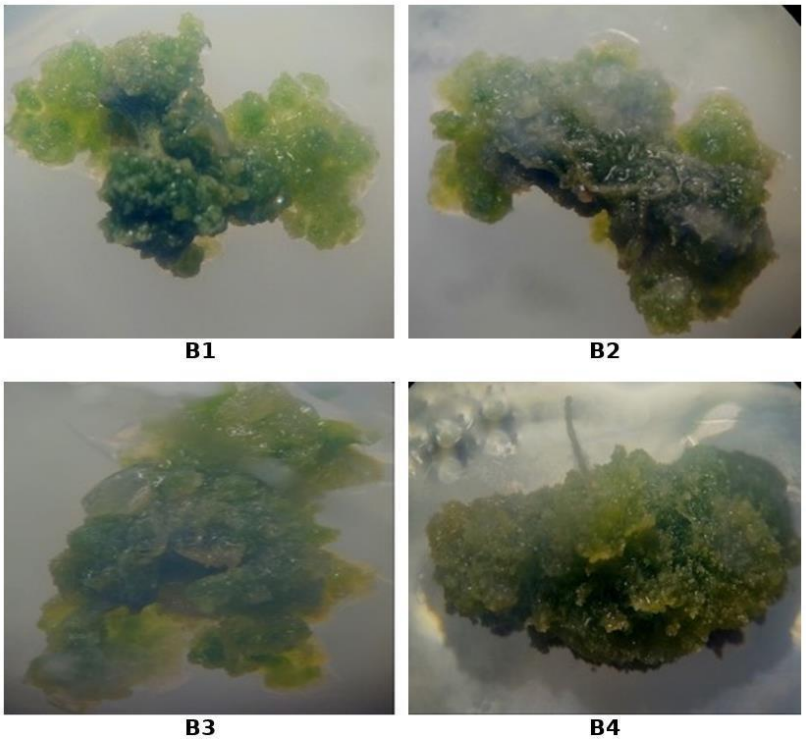


Рис. 1. Каллусная ткань и регенерация побегов *Artemisia absinthium L.* на питательных средах различного состава (B1-B4); листовые и стеблевые экспланты; 5 недель культивирования.

На среде B1 (БАП 1,0 мг/л) каллусообразование отмечено у 62 % листовых эксплантов (10–12-е сутки); каллус рыхлый, водянистый, светло-зелёный; адвентивных побегов не образовалось. На среде B2 (БАП 1,5 мг/л) частота каллусообразования возросла до 78 %, появились единичные почкоподобные структуры (0,2 ± 0,1 шт./эксплант), не достигшие полноценных регенерантов. На среде B3 (БАП 2,0 мг/л) достигнута наивысшая частота каллусообразования — 85 %; к 5-й неделе у 38 % каллусных масс сформировались меристематические узлы с адвентивными побегами (2,8 ± 0,4 шт./эксплант), что согласуется с данными Soni et al. [4] и Sofi et al. [5] об оптимальности БАП 1,5–2,5 мг/л для рода Artemisia. Среда B4 (ТДЗ 0,2 мг/л) обеспечила прямую регенерацию побегов у 71 % эксплантов без промежуточной каллусной фазы (8–10-е сутки; 3,4 ± 0,6 шт./эксплант), что минимизирует риск соматических мутаций [6]. Стеблевые экспланты реагировали активнее листовых (79 % и 63 % соответственно, $p<0,05$). Ризогенез без добавления ауксинов у 22 % эксплантов на B4 подтверждает двойственную активность ТДЗ [7].

Сравнительная оценка вариантов питательных сред. Сводные данные по основным показателям морфогенеза представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка вариантов питательных сред

Вариант	Каллусообразование, %	Тип каллуса	Регенерация побегов, %	Побегов/эксплант	Ризогенез, %
B1 (БАП 1,0)	62 ± 4,2 b	Рыхлый, зелёный	0 c	0 c	12 b
B2 (БАП 1,5)	78 ± 3,8 a	Плотный, жёлто-зел.	8 ± 1,4 b	0,2 ± 0,1 b	8 b

В3 (БАП 2,0)	85 ± 3,1 a	Компактный, зелёный	38 ± 3,6 a	2,8 ± 0,4 a	5 b
В4 (ТДЗ 0,2)	0 c	Нет	71 ± 4,4 a	3,4 ± 0,6 a	22 a

Примечание: разные буквы — достоверные различия по критерию Тьюки (α = 0,05).

Морфогенетические показатели Artemisia absinthium L. на различных питательных средах (n=30, 5 недель культивирования)

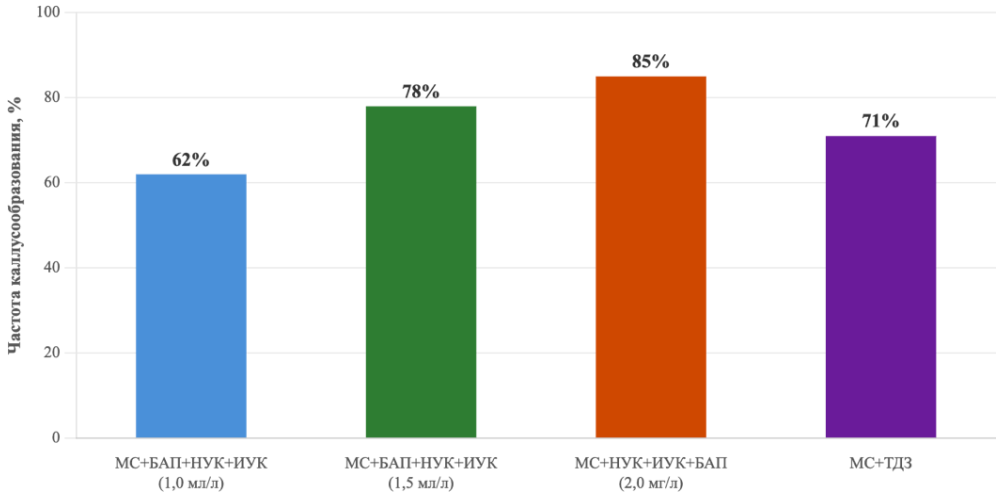


Рис. 2. Частота каллусообразования у Artemisia absinthium L. на питательных средах различного состава

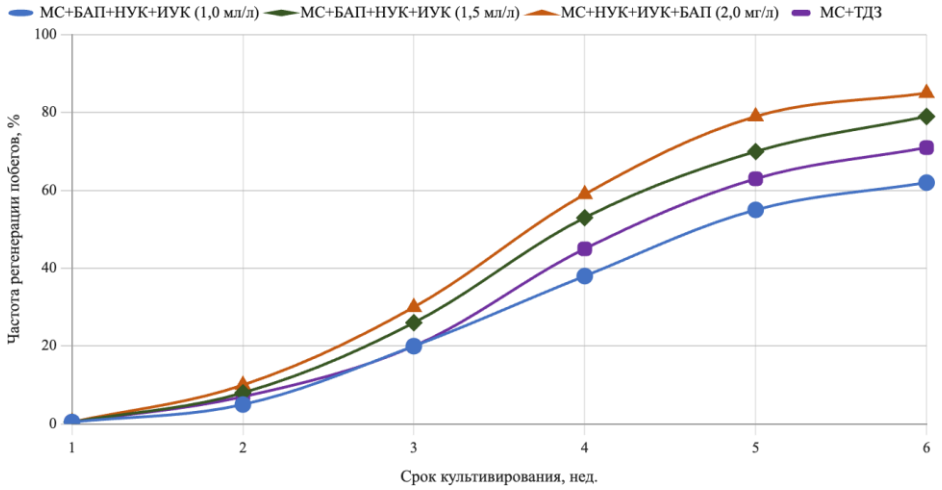


Рис. 3. Динамика регенерации побегов Artemisia absinthium L. в культуре in vitro на различных питательных средах

Тип морфогенеза определяется соотношением цитокинин/ауксин: высокое — органогенез (В3, В4), низкое — каллусообразование (В1, В2), что соответствует концепции Скуга–Миллера [8].

Заключение. Листовые и стеблевые экспланты A. absinthium L. обладают выраженным морфогенным потенциалом in vitro. Оптимальная среда для каллусогенеза — МС + БАП 2,0 мг/л + НУК 0,5 мг/л + ИУК 0,1 мг/л (85 %). Для прямого микроразмножения — МС + ТДЗ 0,2 мг/л (71 %; 3,4 ± 0,6 побегов/экспланте). Результаты формируют основу протокола микроклонального размножения и сохранения коллекции генотипов A. absinthium L.

Библиографический список

1. Trifan A., Zengin G., Sinan K. I. et al. Unveiling the phytochemical profile and biological potential of five Artemisia species // Antioxidants. — 2022. — Vol. 11, no. 5. — Article 1017.
2. Mohammed H. A., Al-Omar M. S., Mohammed S. A. A. et al. Phytochemical analysis, antioxidant potential, and cytotoxicity evaluation of traditionally used Artemisia absinthium L. (wormwood) growing in the central region of Saudi Arabia // Plants. — 2022. — Vol. 11, no. 8. — Article 1028.
3. Efferth T. From ancient herb to versatile, modern drug: Artemisia annua and artemisinin for cancer therapy // Seminars in Cancer Biology. — 2017. — Vol. 46. — P. 65–83.
4. Soni R., Singh A., Gupta V. Efficient in vitro regeneration of Artemisia annua: effect of different combinations of plant growth regulators on various types of explants // Plant Biosystems. — 2024. — Vol. 158, no. 1. — P. 59–69.
5. Sofi I. I., Rashid A. Bridging gaps: a holistic approach to conservation and propagation of Artemisia amygdalina Decne. in the face of climate change and human influence // Vegetos. — 2025. — Vol. 38. — P. 2471–2481.
6. Nabi N., Singh S., Saffeullah P. Micropropagation using direct and indirect organogenesis in Artemisia maritima L.: scanning electron microscopy of somatic embryos and genome size analysis by flow cytometry // In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. — 2022. — Vol. 58. — P. 1012–1024.
7. Dewir Y. H., Nurmansyah, Naidoo Y., Teixeira da Silva J. A. Thidiazuron-induced abnormalities in plant tissue cultures // Plant Cell Reports. — 2018. — Vol. 37, no. 11. — P. 1451–1470.
8. Skoog F., Miller C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue cultures // Symposia of the Society for Experimental Biology. — 1957. — Vol. 11. — P. 118–131.

УДК 633

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ КЛЕЙКОВИНЫ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ РОССИИ

Юсупова Зарина Магомедовна, *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, z.yusupova@rgau-msha.ru*
Баженова Светлана Сергеевна, *к.с-х.н., доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, sbazhenova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье представлены результаты исследования уровня содержания клейковины в зерне у 10 сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Нечерноземной России. Исследование проведено в 2025 г, в лаборатории кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, выявлен сорт – с наибольшим уровнем содержания клейковины.*

Ключевые слова: *яровая пшеница, зерно, клейковина, стабильность, качество.*

Клейковина является белковым веществом, содержащимся в зерне от которого зависят хлебопекарные качества пшеницы. Поскольку Российская Федерация входит в тройку лидеров ведущих стран по производству пшеницы и, являясь одним из экспортеров зерна пшеницы, то важно отметить, что одним из ключевых показателей является ее продуктивность и качество зерна [4,1]. Хлебопекарные качества пшеницы зависят именно от физических свойств таких как: эластичность, упругость, растяжимость и т.п [1] .

Количество клейковины в зерне яровой пшеницы варьируется в диапазоне от 16 до 56%. Его величина во многом зависит от погодных условий в период вегетации и от используемых в производстве сортов[2,5].

Целью нашего исследования, было определение оценка показателя уровня содержания клейковины в зерне 10 сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Нечерноземной России в 2025г, и выявить среди них сорта с наибольшим уровнем содержания клейковины.

Оценку содержания уровня клейковины проводили в лаборатории на базе кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, прибором ИНФРАСКАН-3150. Согласно требованиям ГОСТ Р 52554-2006, к уровню содержания клейковины в зерне к первому классу относятся сорта: с уровнем клейковины не менее 32%, ко второму классу – не менее 28%, к третьему классу – 23% и четвертый – не менее 18%.

Наглядная таблица с полученными результатами уровня содержания клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы представлена в таблице 1.

Таблица 1

Содержание клейковины %, в зерне яровой мягкой пшеницы в 2025г

Название сорта	% содержания клейковины
Экада 214	19,1
Ульяновская 105	21,6
Экада 113	19,0
Экада 258	21,5
Аль Варис	19,4
Экада 66	20,9
Йолдыз	21,1
Балкыш	25,2
Надира	22.1
Бурлак	20

В 2025 г., в условиях Нечерноземной России, было холодное и дождливое лето, что существенно повлияло на уровень содержания клейковины в зернах яровой мягкой пшеницы. По анализу таблицы 1, можно сделать следующие выводы: по уровню содержания клейковины к третьему классу (не менее 23%) относятся сорта – Экада 214, Ульяновская 105, Экада 113, Экада 258, Аль Варис, Экада 66, Йолдыз, Надира; ко второму классу (не менее 28%) – Балкыш.

Таким образом, из изученных в 2025 году 10 сортов яровой мягкой пшеницы в Условиях Нечерноземной России, сорта Экада 214, Ульяновская 105, Экада 113, Экада 258, Аль Варис, Экада 66, Йолдыз, Надира, относятся к третьему классу по уровню содержания клейковины, а сорт Балкыш – ко второму.

Библиографический список

1. Демиденко, Г.А. Экологические основы природопользования: Учебно-методическое пособие / Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2014. – 88 с.

2. Долгодворова, Л.И. Селекция полевых культур на качество / Л.И.Долгодворова, В.В.Пыльнев, О.А.Буко. – Санкт-Петербург: Лань,2018. – 256 с.

3. Жаркова, С.В. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы и ее изменчивость в условиях лесостепи Приобья Алтайского края / Е.И.Дворникова, С.В. Жаркова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного университета.- 2018.- № 11 (168).- С.5-8.

4. Кузнецова Н.А., Королькова А.П., Заводило О.В., Ильина А.В. Проблемы эффективности импортозамещения на российском агрорынке семян сельскохозяйственных культур // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2020. – № 2(81). – с. 49–55.

5. Сапега В.А. Сортовое районирование яровой пшеницы и оценка ее сортов по урожайности и адаптивности в Тюменской области // Зерновое хозяйство России. – 2023. – № 4. – с. 51-58. – doi: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-51-58.

УДК 579.61

ПРОБИОТИЧЕСКАЯ *Escherichia coli* M17 КАК ВЕКТОР ДЛЯ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА CtxB: ОТ ЛАБОРАТОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ К ИНДУКЦИИ ИММУННОГО ОТВЕТА *in vivo*

Жамгочян Хамесд, *аспирант кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, hamesdja22@gmail.com*

Гончаренко Анна Владимировна*, к.б.н., с.н.с. группы редактирования геномов микроорганизмов, ФИЦ Биотехнологии РАН, pylaevanna@gmail.com*

Киракосян Рима Нориковна, *к.б.н., доцент, кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, r.kirakosyan@rgau-msha.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты конструирования рекомбинантного пробиотического штамма *Escherichia coli* M17, экспрессирующего β-субъединицу холерного токсина (CtxB) под контролем промотора T5. Цель работы – оценить возможность использования данного штамма для доставки CtxB в желудочно-кишечный тракт и индукции гуморального иммунного ответа *in vivo*. Методологической основой послужила замена промотора T7lac на T5 в векторе pET22b-ompA-ctxB [1], электропорация плазмиды в *E. coli* M17, индукция экспрессии ИПТГ или лактозой, а также трёхкратная пероральная иммунизация мышей BALB/c с последующим определением антител методом ИФА. Установлено, что индукция лактозой обеспечивает выход целевого белка не менее 50 мкг/мл на единицу оптической плотности, что сопоставимо с индукцией ИПТГ. Пероральное введение мышам индуцированной культуры *E. coli* M17-CtxB приводит к статистически значимому повышению уровня специфических антител к CtxB в сыворотке крови и кишечном лаваже ($p \leq 0,05$), что подтверждает продукцию белка в кишечнике. Полученные данные свидетельствуют о принципиальной возможности использования штамма *E. coli* M17-CtxB в качестве платформы для создания мукозальных вакцин, средств лечения воспалительных заболеваний кишечника и индукции оральной толерантности. Ранее проведённые исследования подтверждают иммуномодулирующие свойства CtxB и безопасность пробиотического штамма M17, а также демонстрируют противовоспалительный потенциал подобных конструкций.

Ключевые слова: *β-субъединица холерного токсина, CtxB, экспрессия, рекомбинантный белок.*

Введение. Белок CtxB представляет собой нетоксичную β-субъединицу холерного токсина, которая отвечает за связывание токсина с рецептором GM1 на поверхности эукариотических клеток, включая энтероциты и антигенпрезентирующие клетки. Благодаря этому CtxB может использоваться как адъювант в мукозальных вакцинах и как индуктор оральной толерантности для лечения аутоиммунных и аллергических заболеваний. Кроме того, рекомбинантная β-субъединица холерного токсина входит в состав холерных вакцин, таких как Dukoral [2]. Авторы ранее создали систему экспрессии CtxB в *E. coli* на основе промотора T7lac [1], однако очистка рекомбинантного белка в промышленных масштабах требует значительных ресурсов.

Для доставки терапевтических белков в желудочно-кишечный тракт перспективно использовать живые пробиотические микроорганизмы, способные к адгезии и колонизации кишечника [3, 4]. Многие пробиотические бактерии модулируют врождённый и адаптивный

иммунитет, стимулируя секрецию как IL-12 (Th1-ответ), так и противовоспалительного IL-10 [5]. Ранее уже предпринимались попытки создания рекомбинантных пробиотиков, экспрессирующих CtxB – например, вакцинные штаммы *Bacillus subtilis* и *Lactococcus lactis* [7]. В настоящей работе в качестве вектора выбран штамм *E. coli* M17 – компонент российских пробиотиков «Колибактерин» и «Бификол», производный от хорошо изученного штамма Nissle 1917 [6], который используется для производства таблеток Mutaflor и активно исследуется как основа для рекомбинантных штаммов против инфекций, воспалительных заболеваний кишечника и рака. Штамм M17 не содержит генов патогенности и трансмиссивной антибиотикорезистентности, а его липополисахарид обладает сниженной токсичностью и пирогенностью [7].

Цель работы. оценить возможность использования *E. coli* M17 для доставки CtxB в желудочно-кишечный тракт и определить эффективность формирования гуморального иммунного ответа как индикатора продукции белка *in vivo*.

***Материалы и методы*.** В работе использовали штаммы *E. coli* DH5α и M17 (последний получен из НИЦ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи). Культуры выращивали в бульоне NB при 37°C. Для конструирования плазмиды заменили промотор T7lac в ранее полученном векторе pET22b-ompA-ctxB на промотор T5, амплифицированный из вектора pTurboGFP-B. Полученную плазмиду pET22b-T5-OmpA-CtxB подтвердили секвенированием. Плазмиду ввели в *E. coli* M17 электропорацией. Экспрессию индуцировали ИПТГ или лактозой (1 мМ) при 25°C в течение 4 или 18 часов. Анализ белка проводили с помощью SDS-ПААГ в денатурирующих и нативных условиях и вестерн-блоттинга [1].

Для иммунизации самкам BALB/c трижды (с интервалом 2 и 9 недель) вводили через зонд суспензию *E. coli* M17-CtxB (5×10^8 КОЕ/мышь) или контрольного штамма с пустой плазмидой. За два дня до каждой иммунизации питьевую воду заменяли на 0,3 М лактозу. Через 4 недели после последнего введения собирали сыворотку крови и кишечный лаваж [1]. Уровень антител к CtxB определяли методом ИФА. Статистическую значимость оценивали с помощью ANOVA с пост-тестом Даннетта ($p \leq 0,05$).

***Результаты и обсуждение*.** Созданная система экспрессии оказалась функциональной: при индукции ИПТГ в течение 18 часов синтезировался пентамерный белок CtxB, который преимущественно выводился в культуральную жидкость. Выход составил около 15 мкг/мл на единицу оптической плотности. При индукции лактозой (4 ч) выход CtxB достигал не менее 50 мкг/мл на единицу оптической плотности, что сопоставимо с индукцией ИПТГ. Это позволяет использовать лактозу как безопасный индуктор непосредственно в кишечнике. Далее авторы проверили иммунный ответ *in vivo*. У мышей, получавших перорально индуцированную культуру *E. coli* M17-CtxB, уровень антител к CtxB в сыворотке крови и кишечном лаваже статистически значимо превышал контрольные значения ($p \leq 0,05$), что доказывает продукцию CtxB штаммом в кишечнике.

Полученные результаты имеют важное прикладное значение. Противовоспалительные свойства самого штамма *E. coli* M17 в сочетании с иммуномодулирующим действием CtxB открывают перспективы использования созданной конструкции для лечения воспалительных заболеваний кишечника [7]. Ранее в клиническом исследовании болезни Крона применение CtxB приводило к ремиссии в 40% случаев [2]. Кроме того, CtxB способен подавлять развитие колита у мышей [7]. Таким образом, штамм *E. coli* M17-CtxB может служить основой для новых вакцинных препаратов и иммунотерапевтических средств [2].

Заключение. Впервые сконструирован рекомбинантный пробиотический штамм *E. coli* M17, экспрессирующий β-субъединицу холерного токсина под контролем промотора T5. Показано, что лактоза эффективно индуцирует синтез CtxB как *in vitro*, так и *in vivo*. Пероральное введение мышам индуцированной культуры *E. coli* M17-CtxB вызывает выраженный гуморальный иммунный ответ, что подтверждает принципиальную возможность использования этого штамма для доставки CtxB в желудочно-кишечный тракт.

Выводы. - Сконструирован вектор pET22b-T5-OmpA-CtxB, обеспечивающий экспрессию гена *ctxB* в пробиотическом штамме *E. coli* M17 без использования T7-РНК-полимеразы.

- Установлено, что индукция лактозой даёт выход целевого белка (≥50 мкг/мл на единицу OD_{600}), сопоставимый с индукцией ИПТГ, что позволяет использовать лактозу как безопасный и физиологичный индуктор непосредственно в кишечнике.

- Показано, что пероральное введение мышам индуцированной культуры *E. coli* M17-CtxB вызывает статистически значимое повышение уровня специфических антител к CtxB в сыворотке крови и кишечном лаваже.

- Разработанный штамм может служить основой для создания новых биомедицинских препаратов – мукозальных вакцин, средств для лечения воспалительных заболеваний кишечника и индукции оральной толерантности при аутоиммунных патологиях.

Библиографический список

1. Jamgochian, H.H., Zamakhaev, M.V., Sluchanko, N.N., Goncharenko, A.V., and Shumkov, M.S. *Biochemistry (Moscow)*, 2023, vol. 88, no. 9, pp. 1304-1317. – *Ключевая работа авторов по созданию исходной системы экспрессии CtxB.*

2. Royal, J. and Matoba, N. *Toxins (Basel)*, 2017, vol. 9, no. 12, p. 379. – *Обзор иммуномодулирующих свойств CtxB (адъювант, оральная толерантность, клиническое применение).*

3. Jiang, B., Li, Z., Ou, B., Duan, Q., and Zhu, G. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2019, vol. 103, no. 10, pp. 3941-3953. – *Пробиотики как платформа для доставки терапевтических молекул в кишечник.*

4. Monteagudo-Mera, A., Rastall, R.A., Gibson, G.R., Charalampopoulos, D., and Chatzifragkou, A. *Appl. Microbiol. Biotechnol*., 2019, vol. 103, no. 16, pp. 6463-6472. – *Адгезия и колонизация кишечника пробиотическими штаммами*.

5. Llewellyn, A. and Foeys, A. *Nutrients*, 2017, vol. 9, no. 10, p. 1156. – *Модуляция иммунного ответа пробиотиками (стимуляция IL-10 и IL-12).*

6. Effendi, S.S.W. and Ng, I.S. *Crit. Rev. Microbiol.,* 2023, vol. 49, no. 5, pp. 611-627. – Современный обзор применения штамма *E. coli* Nissle 1917 (предка M17).

7. Belova, I.V., Tochilina, A.G., Soloveva, I.V., et al. *Microbiology*, 2019, vol. 88, no. 3, pp. 309-315. – *Отсутствие генов патогенности и антибиотикорезистентности у E. coli M17, противовоспалительные свойства*.

УДК 576.7

СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛЕТОК ГУАРА (*CYAMOPSIS TETRANGOLOBA* (L.) TAUB.) И IN VITRO КУЛЬТУРЫ БОРОДАТЫХ КОРНЕЙ (HAIRY ROOTS)

Суменков Никита Андреевич, *аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, n.sumenkoff@yandex.ru*

Киракосян Рима Нориковна, *доцент кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, r.kirakosyan@rgau-msha.ru*

Калашникова Елена Анатольевна, *д.б.н. ведущий научный сотрудник Институт физиологии растений им К.А. Тимирязева РАН, kalash0407@mail.ru*

Степанова Анна Юрьевна, *ведущий научный сотрудник лаборатории культивируемых корней и клеточной инженерии ФГБУН ИФР РАН step_ann@mail.ru*

Пухальский Ян Викторович, *научный сотрудник НОЦ инновационного растениеводства Зимний сад при ЛГУ им. А.С. Пушкина, puhalskyyan@gmail.com*

Аннотация: *В данной работе исследовано влияние «бородатых корней» шлемника*

байкальского (Scutellaria baicalensis) и шлемника бокоцветного (Scutellaria lateriflora) на морфометрические показатели растений гуара (Cyamopsis tetrangoloba (L.) Taub.) в культуре *in vitro. Установлено, что различные концентрации бородатых корней непосредственно при совместном культивировании и добавлении культурального фильтрата достоверно оказывают влияние на морфометрические показатели гуара. Полученные данные могут быть использованы для разработки технологий микроразмножения, быстрого наращивания биомассы и получения высокопродуктивных растений.*

Ключевые слова: *гуар, культура бородатых корней, шлемник, in vitro*

Введение. Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) — засухоустойчивое однолетнее субтропическое бобовое растение. Основные площади его возделывания сосредоточены в полузасушливых регионах северо-западной Индии; в меньших объёмах культуру выращивают в Пакистане, Бразилии, Австралии, Южной Африке и США [1, 2].

Галактоманнановая камедь - полисахарид, получаемый из эндосперма семян гуара, используется во многих отраслях промышленности, таких как фармацевтическая, текстильная, пищевая, косметическая, угледобывающая и целлюлозно-бумажная [3].

Использование биотехнологических методов в дополнение к традиционной селекции, включая клеточную селекцию *in vitro*, даёт возможность получать холодоустойчивые формы гуара с повышенным содержанием камеди [4].

Целью данного исследования стало изучение влияния бородатых корней шлемника байкальского (*Scutellaria baicalensis*) и шлемника бокоцветного (*Scutellaria lateriflora*) на морфометрические параметры растений гуара *in vitro* при совместном культивировании и при использовании культурального фильтрата в качестве добавки в состав питательной среды.

Методы. Объектом исследования служили семена гуара (селекции Россия и Португалия).

В работе исследовали биологическую активность «бородатых корней» *S. baicalensis* и *S. lateriflora* путём обработки семян 2 различными способами:

1 – совместное культивирование семян и «бородатых корней» на одной питательной среде. Концентрация корней составила – 50 и 100 мг.

2 – добавление в состав питательной среды культурального фильтрата (КФ) культуры «бородатых корней». Концентрация КФ составила 5, 10, 15 и 25% от конечного объема питательной среды.

Морфометрические показатели (длина корней и гипокотиля) измеряли на 14-е сутки после посева семян.

Опыты проводились в десяти биологических и трех аналитических повторностях. Средние значения всех данных были рассчитаны с использованием Microsoft Excel 2013 (корпорация Microsoft, США). Дисперсионный анализ (ANOVA) проводился с использованием Statistica версии 10.0, а средние значения сравнивались с использованием критерия наименьшей значимой разницы Фишера (LSD) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты. Экспериментально установлено, что разные концентрации корней оказывают существенное влияние на морфометрические показатели проростков.

Для гуара (селекции Португалия) наибольшее стимулирующее действие при совместном культивировании было достигнуто с 50 мг бородатых корней *S. lateriflora* – длина корня и гипокотиля 4,4 см и 2,5 см соответственно, у контрольной группы – 2,6 см и 1,8 см соответственно.

В то время как для гуара (селекции Россия) наибольшее стимулирующее действие на длину корня при совместном культивировании было достигнуто с 100 мг бородатых корней *S. lateriflora* – 4,1 см, наибольшая длина гипокотиля же была в варианте с 100 мг бородатых корней *S. baicalensis;* в контрольном варианте – длина корня и гипокотиля составила 1,1 и 1,4 см соответственно.

При добавлении культурального фильтрата (КФ) непосредственно в среду, наиболее

выраженный стимулирующий эффект на длину корня у гуара (селекции Португалия) наблюдался при использовании 10% КФ *S. baicalensis* — средняя длина 4,6 см (в контрольном варианте 2,5 см). Наибольшая длина гипокотиля была отмечена в варианте с 15% КФ *S. baicalensis* и составила 3,6 см (в контрольном варианте 2,9 см).

У гуара (селекции Россия) наиболее стимулирующий эффект на длину корня оказал вариант с 5% КФ *S. lateriflora* – 4,0 см (контроль 3,4 см), тогда как максимальная длина гипокотиля в вариантах при добавлении 5 и 10% КФ *S. lateriflora* существенно не отличалась от контроля – 2,6 см и 2,5 см (контроль).

Результаты свидетельствуют о синергетическом взаимодействии клеток гуара и культур бородатых корней шлемника байкальского и бокоцветного.

По-видимому, данный эффект обусловлен ростостимулирующим действием метаболитов, содержащихся в клетках бородатых корней шлемников, выделяемых ими как в питательную среду при кокультивировании, так и в культуральную жидкость.

Проведённое исследование показывает, что бородатые корни видов *S. lateriflora* и *S. baicalensis* и их культуральные фильтраты оказывают выраженное стимулирующее влияние на морфометрические показатели проростков гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*), причём эффект этот является генотипспецифичным.

Полученные данные открывают возможности для разработки новых биотехнологических подходов к стимуляции роста гуара в культуре *in vitro* для повышения продуктивности растений.

Библиографический список

1. Ahmed A. K. M. et al. Variation analysis of growth traits of four poplar clones under different water and fertilizer management //Journal of forestry research. – 2020. – Т. 31. – №. 1. – С. 45-55.
2. Meftahizadeh H., Ghorbanpour M., Asareh M. H. Changes in phenological attributes, yield and phytochemical compositions of guar (Cyamopsis tetragonoloba L.) landaraces under various irrigation regimes and planting dates //Scientia Horticulturae. – 2019. – Т. 256. – С. 108577.
3. Rani R. et al. Exploring the deciphering properties of Cyamopsis tetragonoloba: Its food application, feasibility, and future aspects //International Journal of Food Science and Technology. – 2025. – Т. 60. – №. 1. – С. vvae098.
4. Upreti P. et al. Physiological attributes associated with leaf spectral alterations in guar [Cyamopsis tetragonoloba (L.) Taub.] under drought //3 Biotech. – 2021. – Т. 11. – №. 3. – С. 125.

УДК 633.854.54

ПРИМЕНЕНИЕ RAPD МАРКЕРОВ ДЛЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Симагин А.Д., *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexander.d.simagin@yandex.ru*

Вертикова Е.А., *д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vertikova@rgau-msha.ru*

Медведева В.В., *студентка кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vertikova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *в статье представлены результаты по паспортизации сортов льна масличного при помощи разработанных RAPD маркеров. В исследовании применяли 4 маркера с разным уровнем полиморфизма.*

Ключевые слова: *лен масличный, паспортизация, RAPD, ПЦР.*

Лен является важнейшей культурой для получения растительных волокон и масла одновременно [1]. Для получения качественного волокна обычно выращивают лен долгунцовой группы разновидностей. Данная группа разновидностей отличается от других более длинным стеблем, в котором сосредоточено длинное волокно. Для получения растительного масла возделывают лен межеумочной группы разновидностей, который формирует большее количество коробочек по сравнению с долгунцом [6].

Селекция льна достаточно трудоемкий процесс, требующий учета множества факторов [4, 8, 9]. Основными проблемами при возделывании льна являются грибные болезни, соли тяжелых металлов в почве и т.д. На данный момент одним из главных направлений можно считать селекцию льна на устойчивость к фузариозному увяданию и антракнозу [2, 3].

Выведение новых сортов льна осложнено тем, что лен имеет небольшое количество признаков, по которым можно эффективно отметить полиморфизм. Это приводит к тому, что даже на поздних этапах селекции в сортообразцах можно выделить достаточно высокий уровень расщепляющихся образцов. В связи с этим, генетическое маркирование направлено на решение данной проблемы [4].

Существует огромное количество генетических маркеров. Наибольший интерес в плане паспортизации представляют SSR-маркеры, которые показывают достаточно высокий уровень полиморфизма. Однако разработка и использование данных маркеров может быть осложнено ввиду того, что данный метод может быть дороже по сравнению с другими маркерами. Наиболее простым и одновременно информативным методом генетического маркирования можно считать RAPD маркирование. Данный вид маркеров в разы дешевле SSR маркеров, что делает их более доступными для широкого круга исследователей. Однако данный вид маркеров не всегда показывает высокий уровень полиморфизма [7].

С целью оценки возможности использования RAPD маркеров для паспортизации сортов льна масличного были разработаны 3 RAPD маркера имеющие следующую последовательность: RAPD-2 5`-GTCAGTCCAC-3`, RAPD-8 5`-CGTCAGGCAA-3`, RAPD-9 5`-GCTAGTCCGAC-3`. Праймеры разрабатывали, учитывая оптимальный GC состав.

Программа амплификации в целом была схожей, за исключением разной температуры отжигов праймеров: для RAPD-2 и RAPD-8 - 32℃, для RAPD-9 - 36℃. Программа включала в себя предварительную денатурацию при температуре 95℃ на протяжении 5 минут, дальше следовало 40 циклов, в ходе которых предполагалось денатурация при температуре 95℃ на протяжении минуты, отжиг праймеров на протяжении 1 минуты, элонгация при температуре 95℃ на протяжении 2 минут. На заключительном этапе проводили элонгацию на протяжении 5 минут. Полученные продукты амплификации разделяли в 2% агарозном геле.

В результате при проведении паспортизации с использованием данных маркеров получилось, что из 13 сортов льна масличного при маркировании RAPD-2 имели 2 продукта амплификации один размером 200 п.о., второй – 400 п.о. Из 13 сортов 4 не имели четкого изображения данных продуктов. Наибольший полиморфизм показал сорт Нилин, у которого амплифицированные фрагменты составили 100 и 300 п.о. При маркировании праймерами RAPD-8 высокий полиморфизм отмечали на образцах Нилин (один продукт размером 700 п.о.), Амбер (2 продукта: 700 п.о. и 100 п.о.) и Даник, у которого отмечали один продукт длиной 100 п.о. Профили остальных сортов были одинаковыми (один продукт длиной 200 п.о.). Использование маркера RAPD-9 не помогло выявить полиморфизма так как у всех сортов регистрировали 3 продукта амплификации длиной 500, 200 и 100 п.о.

Таким образом разработанные маркеры показывают невысокий полиморфизм и в целом могут служить для определения сорта Нилин, Даник и Амбер, в то время как все остальные образцы не показывают явного полиморфизма по данным маркерам.

Библиографический список

1. Зеленцов С.В. Лен масличный и перспективы его выращивания //Сельскохозяйственный журнал «Аграрный сектор». - № 4 (50), 2022. - С. 70-74.
2. Крылова Т.В., Лошакова Н.И., Кудрявцева Л.П., Александрова Т.А., Павлова Л.Н., Марченков А.Н. Результаты и перспективы селекции льна-долгунца на устойчивость к болезням // Вестник защиты растений. 2003. - №2.
3. Кудрявцева Л.П. «Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней» Аграрный вестник Урала, №11 (214), - 2021. – С. 36-44.
4. Павлова Л.Н., Герасимова Е.Г., Румянцева В.Н. и др. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов научно-практической конференции. Тверь, - 2018. – С. 23-25.
5. Селекция масличного льна на устойчивость ко льноутомлению для короткоротационных севооборотов засушливых регионов юга России / С.В. Зеленцов, Л.Г. Рябенко, Е.В. Мошненко, В.С. Зеленцов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 6. – С. 9-11.
6. Современные представления о филогенезе и таксономии рода Linum L. и льна обыкновенного (Linum usitatissimum L.) / С. В. Зеленцов, В. С. Зеленцов, Е. В. Мошненко, Л. Г. Рябенко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2016. – № 1(165). – С. 106-121.
7. Ущаповский И.В., Лемеш В.А., Богданова М.В., Гузенко Е.В. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (Linum usitatissimum L.) // С.-х. биол., Сельхозбиология, S-h biol, Sel-hoz biol, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, Agricultural Biology. 2016. №5.
8. Симагина, А. С. Оценка коллекционных образцов льна-долгунца зарубежного происхождения в условиях Центрального района нечерноземной зоны России / А. С. Симагина, М. А. Ганичев // Константиновские чтения : СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ, СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ, Кинель, 19 февраля 2025 года. – Кинель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», 2025. – С. 174-178.
9. Симагина, А. С. Изучение хозяйственно полезных признаков у гибридных популяций льна-долгунца в условиях ЦРНЗ / А. С. Симагина, Е. А. Вертикова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 547-550.

УДК 633.63:631.52

РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.): ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ПОДХОДОВ

Симагина Анастасия Сергеевна, *ассистент кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, klepikova.anastasi@yandex.ru*

Бердникова Людмила Анатольевна, *студент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mb20052005@gmail.com*

Аннотация: *сахарная свекла – (Beta vulgaris L.) остается ключевой культурой для*

производства сахара в России. В статье рассмотрены этапы развития селекции культуры от классических методов до современных биотехнологических подходов, включая дигаплоидию, маркер-ассоциированную селекцию (MAS), геномное редактирование CRISPR/Cas9.

Ключевые слова: *сахарная свекла, селекция, гибриды F_1, биотехнология, генетика, CRISPR/Cas9.*

Сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.) – одна из важнейших технических культур в мировом земледелии и главный источник растительного сырья для получения сахара. В России это растение остается единственной культурой, используемой для промышленного производства сахара, чем обусловлена его исключительная роль в обеспечении продовольственной безопасности страны.

В условиях климатических изменений, усиления абиотических стрессов и угроз от фитопатогенов классические методы селекции исчерпывают свой потенциал. Это обусловливает переход к геномным и биотехнологическим подходам, систематизации которых посвящен настоящий обзор.

В 1747 году Андреас Маргграф экспериментально доказал наличие сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы. Это открытие выявило биохимический потенциал культуры и стало началом развития свеклосахарной промышленности в Европе. Франц Карл Ахард в начале XIX века реализовал эти идеи, запустив первое производство свекловичного сахара и выделив перспективные формы, ставшие исходным материалом для сортовой селекции. Значительный прорыв в сахаристости корнеплодов достигнут благодаря вкладу Луи де Вильморена. Он добился кардинального повышения сахаристости корнеплодов сахарной свеклы, применив индивидуальный отбор в комбинации с гибридными скрещиваниями и создав новые ценные сорта с уровнем сахара от 10 до 16%. С этого момента селекция приобрела плановый характер, сосредоточившись на односемянности, морфологической выравненности, устойчивости к стрессорам и улучшении технологических качеств сырья для переработки.

Применение традиционных методов селекции в сочетании с молекулярно-генетическими, биотехнологическими и геномными подходами открывает новые возможности для ускорения селекционного процесса и повышения его эффективности.

Для ускорения селекционного процесса активно разрабатываются биотехнологические методы, например для создания дигаплоидных линий сахарной свеклы. Особое внимание ученые из Воронежского агарного университета уделяют изучению метода двухэтапного культивирования изолированных семязачатков на питательной среде Гамборга (B5), где гормональный состав определяет тип морфогенеза – прямую регенерацию (эмбриоидогенез) или через каллус (гемморизогенез). Технология включает трехлетний цикл: индукцию гаплоидов с отбором по морфологическим и цитогенетическим признакам, диплоидизацию колхицином с цитофотометрическим контролем плоидности и молекулярным генотипированием, а также укоренение микроклонов с последующим получением семян реституционных линий в закрытом грунте. В результате работы создано 4 стабильные реституционные линии и получены семена, рекомендованные для дальнейшего внедрения в селекционный вопрос [1].

Одним из ключевых направлений современной селекции сахарной свеклы является маркер-ассоциированная селекция (MAS). Исследователи Воронежского государственного университета провели молекулярно-генетический анализ селекционных материалов с использованием RAPD- и SSR-маркеров, выявив наиболее информативные праймеры для идентификации сортообразцов и создания генетических паспортов гибридов. Установлена корреляция генетической структуры с продуктивностью: высокопродуктивные гибриды демонстрируют увеличение числа ампликонов определенного праймера и наличие уникальных ДНК-фрагментов, отсутствующих у родительских форм, тогда как низкопродуктивные гибриды характеризуются редукцией ампликонов. Разработаны методы

детекции трансгенных линий с генами mf2 и mf3 устойчивости к фитопатогенам, а также интрогрессивных форм от Beta corolliflora по сателлитной последовательности. Микросателлитные локусы Bvv 17, 30, 32, 43 подтвердили высокую информативность для оценки изменчивости гибридного потомства и передачи генетического материала от родителей, что позволяет эффективно подбирать родительские пары и защищать права селекционеров [2].

В обзоре индийских ученых систематизированы перспективы использования CRISPR/Cas9 для селекции сахарной свеклы. Направленная модификация генов BvWRKY10/16 обеспечивает устойчивость к щелочному стрессу, BvbHLH93 – к засолению, BvIMP, BvRS1 и BvRS2 – к холодовому стрессу, BvHSF – к тепловому шоку, BvAREB1 – к засухе, а также BvHMA3 и NRAMP3 – к аккумуляции тяжелых металлов. Дополнительно описана возможность формирования устойчивости к биотическим стрессорам, включая цистообразующих нематод (Heterodera schachtii), вирусы (BNYVV, BCTV) и чешуекрылых насекомых-фитофагов. [3].

В России данные о применении CRISPR/Cas9 для сахарной свеклы фрагментарны, что определяет высокую актуальность адаптации технологии высокоточного редактирования генома к российским условиям.

Важным направлением отечественной селекции сахарной свеклы является взаимодействие науки и производства, реализуемая на базе предприятий совместно с научными учреждениями. Например, в ходе сотрудничества с АО «Щелково Агрохим» с ФГБНУ «Первомайской селекционно-опытной станцией сахарной свеклы» разработана двухэтапная технология создания биотехнологических гибридов, устойчивых к глифосату (обеспечивается геном EPSPS): на первом этапе в высокотехнологичных лабораториях выделяли целевые клетки-трансформанты с геном устойчивости, на втором проводили классическую селекцию с использованием генноинженерных материалов. В полевых условиях ежегодно проводились отборы растений с целевыми признаками. Получены первые стерильные раздельноплодные линии ТМС 8-93, ТМС 3-127 и сростноплодные фертильные доноры ТОп 3-99, ТОп Кр24, ТОп 2-110 с устойчивостью к глифосату 96-100%, подлежащие регистрации в Госреестре РФ. Биотехнологический гибрид ТГ 1385 в экологических испытаниях показал высокую урожайность, превышающую стандарт почти на 5 т/га. Уничтожение сорняков после обработки глифосатом составило >98% при сохранности культуры на уровне 98%. Выращен семенной и корневой материал для семеноводства [4].

Выводы. Современная селекция сахарной свеклы характеризуется интеграцией классического отбора, молекулярного маркирования и генной инженерии.

Селекция сахарной свеклы прошла путь от эмпирического отбора до планового создания гибридов F_1 с контролируемой комбинационной способностью, что заложило основы современной гетерозисной селекции.

Биотехнологические методы, в частности технология получения удвоенных гаплоидов из изолированных семязачатков, позволяют сократить селекционный цикл и получить стабильные реституционные линии, пригодные для использования в качестве родительских компонентов гибридов

Маркер-ассоциированная селекция (MAS) на основе RAPD- и SSR-маркеров обеспечивает идентификацию перспективных генотипов на ранних этапах, оценку генетического разнообразия и контроль передачи материала от родителей к потомству, что повышает точность отбора и защиту селекционных достижений.

Технология CRISPR/Cas9 открывает возможности для высокоточного редактирования генов, ассоциированных с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам (нематоды, вирусы, насекомые). В России системные исследования в этом направлении фрагментарны, что определяет актуальность адаптации геномного редактирования к отечественным условиям.

Практическим результатом интеграции биотехнологии и классической селекции стало создание отечественных гибридов сахарной свеклы, устойчивых к глифосату (ТГ 1385),

показавших высокую полевую эффективность и превышение урожайности над стандартом почти на 5 т/га.

Дальнейшее развитие селекции сахарной свеклы в России должно быть направлено на расширение применения MAS и геномной селекции для ускорения создания родительских линий; внедрение CRISPR/Cas9 для направленного улучшения стрессоустойчивости; укрепление кооперации между научными учреждениями и агрохолдингами для достижения суверенитета в семеноводстве.

Библиографический список

1. Васильченко Е. Н. и др. Технология создания реституционных линий сахарной свеклы //Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 1. – С. 56-64.

2. Федулова Т. П., Налбандян А. А., Федорин Д. Н. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОЛЕКУЛЯРНОЙ (MAS) СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ (BETA VULGARIS L.) //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – №. 2. – С. 54-65.

3. Misra V. et al. Advancements and prospects of CRISPR/Cas9 technologies for abiotic and biotic stresses in sugar beet //Frontiers in Genetics. – 2023. – Т. 14. – С. 1235855.

4. Логвинов А. В. и др. Первые биотехнологические гибриды сахарной свеклы //Сахарная свекла. – 2024. – №. 2. – С. 9.

УДК 633.34

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН СОИ

***Шилкина Ольга Игоревна**, аспирант первого года обучения кафедры генетики, селекции и биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ol1991.olga@mail.ru*

***Демьяненко Елена Владимировна**, доцент кафедры Агрономии Калужского филиала ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vaselevs61@mail.ru*

***Баженова Светлана Сергеевна**, доцент кафедры генетики, селекции и биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. sbazhenova@rgau-msha.ru*

Аннотация: В Калужском филиале РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева совместно с Дальневосточным государственным аграрным университетом проводились исследования по вопросам адаптации сои. Программа научного исследования включала изучение влияния экологических условий на биохимический состав семян сои. Исследования показали, что условия выращивания влияют на удельную активность таких ферментов семян сои, как пероксидаза, каталаза и эстераза, а также на содержание белка и жира.

Ключевые слова: соя, сорт, каталаза, пероксидаза, эстераза, белок, жир.

За последние 25 лет, отрасль соеводства претерпела колоссальные изменения. Она превратилась из незначительной отрасли в огромный широко развивающийся сектор агропромышленности. За это время площади посева сои увеличились более чем в пять раз - с 0,7 млн. га до 4,5 млн. га [1].

Эта культура одна из самых прибыльных, имеет большое экономическое, экологическое и социальное значение в сельскохозяйственном секторе. Проблема дефицита пищевого и кормового белка все еще является актуальной в мировой экономике. Соя и продукты ее переработки находят все более широкое применение в пищевой промышленности, а также в производстве кормов для животноводства, птицеводства и

рыболовства [2].

Уникальность, многогранность использования сои определяется ее химическим составом: содержанием органических и неорганических веществ в семени и зелёной массе [3].

По сравнению с вопросом селекции сои в мире, Россия показывает очень неплохие результаты в данной сфере. Российские учёные делают акцент на комплексную адаптивность и качество продукции, в то время как в Америке распространены создания ГМО - сортов с устойчивостью к гербицидам и позднеспелых высокопродуктивных форм.

Перспективы селекции выражаются в продолжении исследования молекулярных механизмов, разработкой новых методов ускоренной селекции и создание высокопродуктивных и стрессоустойчивых сортов и создание специализированных сортов для пищевого, кормового и технического направлений [4].

Соя - культура с высокой адаптационной способностью. Уникальная пластичность культуры, отмеченная ещё Вавиловым Н.И., способствовала тому, что соя распространилась по всему земному шару, занимая северные регионы. В России сою возделывают в разных широтных поясах, в том числе и на границе её адаптивных свойств. Многие отечественные сорта этой культуры приспособлены к неблагоприятным условиям погоды, поскольку характеризуются скороспелостью, нейтральностью к долготе дня, пригодностью к механизированной уборке, устойчивостью к заморозкам, активной реакцией на орошение, удобрения [4, 5].

Один из механизмов, обеспечивающих приспособление растений к неблагоприятным условиям среды, функционирует на уровне ферментных систем и проявляется в виде изменений концентрации ферментов и/или активности их множественных молекулярных форм [6].

Для оценки адаптивного потенциала растений первостепенное значение имеют исследования их защитных ферментов, обеспечивающих непосредственную нейтрализацию различных по происхождению неблагоприятных факторов среды и являющихся важнейшими инструментами сохранения гомеостаза обмена веществ, например, таких ферментов, как пероксидаза, каталаза и эстераза.

Пероксидаза относится к ферментам, реагирующим на любые стрессовые воздействия.

В Калужском филиале РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева совместно с Дальневосточным государственным аграрным университетом проводились исследования по вопросам адаптации сои. Особое внимание уделялось вопросам изучения ферментов, которые обеспечивают нейтрализацию неблагоприятных факторов среды. Программа научного исследования включала изучение влияния экологических условий на биохимический состав семян сои.

Схема опыта включала в себя сорта сои Соер-4, Соната и Касатка. Семена сортов сои Соер-4, Соната, вариантов 2 и 4 получены в 2021 году на опытном поле КФ РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева. Семена сортов сои Соер-4, Соната, вариантов 3 и 5 вызревали в условиях Дальнего Востока и были присланы из Благовещенска.

Во время проведения исследований использовали общепринятые методики проведения полевого опыта. Биохимический анализ семян проведён в Дальневосточном Аграрном университете. Определение общего белка в экстрактах проводили методом Лоури; активность каталазы определяли газометрическим методом; активность пероксидазы определяли на фотоэлектроколориметре (КФК-2); активность эстеразы определяли по методу Ван Асперна.

Результаты исследования показали, что удельная активность пероксидазы в семенах сорта Соната (семена из Амурской области) выше, чем в семенах сои других вариантов, а также семян этого же сорта – в варианте Соната (семена из Калуги). В контрольном варианте – сорт Касатка – активность пероксидазы самая низкая – $0{,}02 \pm 0{,}001$. Это говорит о том, что растения сои сорта Касатка меньше реагируют на стресс, чем сорта Соер-4 и Соната.

Удельная активность ферментов в семенах сои представлена в таблице 1.

Таблица 1

Удельная активность ферментов в семенах сои (ед./мг белка х 10^{-3})

№ п/п	Ферменты / Варианты	Каталаза	Пероксидаза	Эстеразы
1.	Касатка – st.	50,9+1,4	0,02+0,001	125+13,6
2.	Соер-4 (КО)	56+4,1	0,18+0,008	152+4,6
3.	Соер-4 (АО)	63+3,6	0,27+0,08	84+3,3
4.	Соната (КО)	106+22	48+1,2	228+33,7
5.	Соната (АО)	87+10,4	59+1,7	159+1,2

Анализируя удельную активность каталазы, было выявлено, что в семенах сорта Соната противоположно изменению пероксидазы она была выше в семенах из Калужской области, что соответствует наличию обратной зависимости между удельной активностью каталазы и пероксидазы (табл.1). Соответственно активность каталазы, в отличие от пероксидазы, в семенах сои сорта Соната, выращенных в Калуге в 1,2 раза выше, чем в семенах из Амурской области.

При сопоставлении удельной активности эстеразы исследуемых сортов сои выращенных в разных агроклиматических условиях, оказалось, что семена, полученные в Калужской области, имели более высокую активность фермента. Наиболее высокая активность эстеразы выявлена у сорта Соната (228 х 10^{-3} ед./мг белка) семена из Калужской области. Самая низкая активность – у сорта Соер-4 (84 х 10^{-3} ед./мг белка) из Амурской области (табл. 1).

Пищевая и кормовая ценность зерна бобовых культур зависит от содержания белка и масла в семенах. Содержание белка и масла в семенах сои, % представлено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание белка и масла в семенах сои, %

№ п/п	Вариант	Белок	Жир
1.	Касатка – st.	39,3	17,7
2.	Соер-4 (КО)	41,2	16,2
3.	Соер-4 (АО)	41,1	18,6
4.	Соната (КО)	41,7	16,9
5.	Соната (АО)	39,8	18,3

Семена сои, выращенные в условиях Калужской области, содержат больше белка и меньше жира.

Наибольшее содержание белка наблюдается в вариантах Соната и Соер-4, семена которых были выращены в условиях Калужской области. Наибольшее содержание жира – в вариантах Соер-4 и Соната - Амурская область. В семенах сои стандарта (Касатка) наблюдалось наименьшее содержание белка - 39,3%.

Библиографический список

1. Влияние бактериальных удобрений на урожайность сортов сои в лесостепи Западной Сибири / Р. Р. Галеев, Е. В. Рядский, Д. Д. Петров [и др.] // Энергосберегающие технологии в растениеводстве : Сборник всероссийской научно-практической конференции посвященной 70-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Галеева Рината Раифовича, Новосибирск, 14 апреля 2023 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2023. – С. 16-19. – EDN XUDWDM.

2. Фитосанитарное состояние посевов сои в Калужской области / Е. В. Демьяненко, З. С. Федорова, С. Д. Малахова, В. В. Трунов // Известия Нижневолжского

агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 4(76). – С. 122-132. – DOI 10.32786/2071-9485-2024-04-13. – EDN SQADKD.

3. Гусеница, Ю. С. Направления повышения эффективности производства и переработки сои / Ю. С. Гусеница, С. С. Вайцеховская // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона: Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов, Новосибирск, 03–05 июня 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ "Золотой колос", 2019. – С. 169-172.

4. Тевченков, А. А. Оценка адаптивности сортов сои разных агроэкотипов / А. А. Тевченков, Е. И. Сеничев, В. В. Трунов // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой дню основания Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, Калуга, 05–15 декабря 2022 года / Калужский филиал РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Том 1. – Калуга: ИП Якунина В.А., 2023. – С. 113-117.

5. Структура, продуктивность и кормовая ценность надземной биомассы сои Северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья / М. Е. Белышкина, Т. П. Кобозева, Н. В. Заренкова [и др.] // Агронаука. – 2024. – Т. 2, № 1. – С. 5-15. – DOI 10.24412/2949-2211-2024-2-1-5-15. – EDN UNLCDN.

6. Демьяненко, Е. В. Устойчивость сои северного экотипа в зависимости от степени повреждения и поражения растений : специальность 06.01.09 "Овощеводство" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Демьяненко Елена Владимировна. – Москва, 2002. – 123 с. – EDN QDNYPD.

УДК 632.93

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛИСТЬЕВ *GINKGO BILOBA* L. НА РОСТ МИЦЕЛИЯ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *IN VITRO*

Ниц Ольга Сергеевна, *инженер группы морфогенеза и биотехнологий растений in vitro ФГБУН ИФР им. К.А. Тимирязева РАН, nitsolga23071998@gmail.ru*

Калашникова Елена Анатольевна, *в.н.с. группы морфогенеза и биотехнологий растений in vitro ФГБУН ИФР им. К.А. Тимирязева РАН, kalash0407@mail.ru*

Аннотация. Исследовано влияние экстрактов листьев *Ginkgo biloba* L. — мужских (♂) и женских (♀) особей в концентрации 100, 150 и 200 мг/л на линейный рост мицелия трёх видов грибов: *Sclerotinia sclerotiorum, Fusarium oxysporum* и *Fusarium culmorum*. Установлено, что экстракты обоих полов оказывают умеренное ингибирующее действие на рост исследуемых патогенов.

Ключевые слова: *Ginkgo biloba,* фунгицидная активность, экстракты листьев.

Ginkgo biloba L. — реликтовое листопадное дерево, листья которого богаты биологически активными веществами: флавоноидными гликозидами, терпенлактонами (гинкголидами и билобалидом), органическими кислотами и полифенолами [2,3]. Известно, что различные растительные экстракты обладают фунгицидным действием [1]. Однако исследований по влиянию экстрактов листьев деревьев гинкго разного пола на рост фитопатогенных грибов остаются немногочисленными. В связи с этим представляет интерес сравнительное изучение фунгицидной активности экстрактов мужских и женских деревьев *G. biloba*.

Объектами исследования служили фитопатогенные грибы - *Sclerotinia sclerotiorum, Fusarium oxysporum* и *Fusarium culmorum*. Растительные экстракты получали из воздушно-сухих листьев мужских (♂) и женских (♀) деревьев *G. biloba* (г. Москва, сбор — сентябрь). В

качестве растворителя сухого остатка экстракта использовали DMSO. Экстракты добавляли в состав питательной среды Мурасига и Скуга (МС) в концентрациях 100, 150 и 200 мг/л после автоклавирования. Контролем служила питательная среда без экстракта и вариант с присутствием растворителя DMSO. Фитопатогенные грибы по вариантам культивировали в чашках Петри в световой комнате, где поддерживалась температура 23°С, 16-ти часовой фотопериод. Диаметр колоний (см) измеряли на 4, 5, 6, 7 и 11-е сутки после посева. Эксперимент проводили в двух аналитических и пяти биологических повторностях.

На основании проведенных исследований установлено, что исследуемые экстракты оказывают не однозначное влияние на рост мицелия исследуемых фитопатогенных грибов. Основные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние различных концентраций экстрактов *G. biloba* на линейный рост мицелия фитопатогенных грибов (см)

Вариант опыта	29.01	02.02	03.02	04.02	05.02	09.02
S. sclerotiorum						
Контроль	0,1	1,88±0,05	2,60±0,08	3,08±0,15	3,72±0,25	7,25±0,31
DMSO	0,1	1,83±0,05	2,78±0,09	3,38±0,12	4,03±0,23	6,53±0,33
Экстракт ♂, 100 мг/л	0,1	1,80±0,05	2,53±0,08	3,15±0,14	3,78±0,21	6,20±0,30
Экстракт ♂, 150 мг/л	0,1	1,80±0,05	2,45±0,08	3,03±0,15	3,58±0,22	6,00±0,25
Экстракт ♂, 200 мг/л	0,1	2,05±0,05	2,55±0,09	3,15±0,16	3,05±0,15	5,80±0,31
Экстракт ♀, 100 мг/л	0,1	1,95±0,05	2,60±0,09	3,25±0,16	3,88±0,19	7,00±0,32
Экстракт ♀, 150 мг/л	0,1	1,90±0,05	2,60±0,09	3,18±0,14	3,75±0,25	5,93±0,31
Экстракт ♀, 200 мг/л	0,1	1,75±0,05	2,60±0,09	2,97±0,11	3,70±0,21	5,83±0,25
F. oxysporum						
Контроль	0,1	1,88±0,05	2,68±0,10	3,18±0,16	3,58±0,20	5,38±0,31
DMSO	0,1	1,70±0,05	2,43±0,08	2,90±0,12	3,30±0,22	4,63±0,21
Экстракт ♂, 100 мг/л	0,1	1,66±0,05	2,34±0,08	2,56±0,11	2,98±0,21	4,63±0,24
Экстракт ♂, 150 мг/л	0,1	1,58±0,04	2,32±0,07	2,57±0,11	3,18±0,23	5,00±0,25
Экстракт ♂, 200 мг/л	0,1	1,60±0,05	2,33±0,08	2,53±0,11	3,15±0,24	4,95±0,22
Экстракт ♀, 100 мг/л	0,1	1,75±0,06	2,28±0,06	2,55±0,14	3,03±0,22	4,40±0,21
Экстракт ♀, 150 мг/л	0,1	1,53±0,05	2,25±0,06	2,55±0,15	3,15±0,22	5,18±0,21
Экстракт ♀, 200 мг/л	0,1	1,58±0,05	2,25±0,06	2,50±0,12	3,03±0,20	5,18±0,26
F. culmorum						
Контроль	0,1	2,15±0,09	3,45±0,18	4,98±0,12	6,98±0,32	9,00±0,41
DMSO	0,1	2,03±0,09	3,30±0,18	4,58±0,18	6,03±0,31	9,00±0,41
Экстракт ♂, 100 мг/л	0,1	1,75±0,05	2,53±0,10	3,20±0,17	4,60±0,31	7,60±0,38
Экстракт ♂, 150 мг/л	0,1	1,78±0,05	2,55±0,11	3,70±0,16	5,40±0,32	9,00±0,42
Экстракт ♂, 200 мг/л	0,1	1,73±0,05	2,50±0,08	3,78±0,16	5,40±0,28	9,00±0,39
Экстракт ♀, 100 мг/л	0,1	1,75±0,05	2,48±0,08	3,45±0,16	4,98±0,25	9,00±0,38
Экстракт ♀, 150 мг/л	0,1	1,86±0,08	2,40±0,07	3,30±0,17	4,65±0,25	9,00±0,39

Экстракт ♀, 200 мг/л	0,1	1,53±0,05	2,33±0,08	3,13±0,15	4,38±0,23	8,80±0,40

Установлено, что все изученные концентрации экстракта *G. biloba* оказывали умеренное ингибирующее воздействие на рост *S. sclerotiorum*. К концу цикла выращивания (11 сутки) диаметр мицелия в вариантах с экстрактами, полученными из мужских и женских листьев при концентрации 200 мг/л составил 5,80 см и 5,83 см соответственно, в то время как в контрольном варианте данный показатель составил 7,25 см, что соответствует снижению скорости роста гриба примерно на 20%. Статистически значимых различий между экстрактами мужских и женских деревьев для данного вида выявлено не было. Это свидетельствует о примерном одинаковом составе веществ в листьях мужских и женских деревья, проявляющих фунгицидное действие.

Для *F. oxysporum* ингибирующий эффект экстрактов особенно заметно проявлялся в первые дни опыта. Наиболее выраженное ингибирование роста зафиксировано в вариантах с экстрактом, полученном из женских листьев в концентрации 100 мг/л (4,40 см на 11-е сутки против 5,38 см в контроле). Следует заметить, что в вариантах с DMSO наблюдается незначительное угнетение роста мицелия *F. oxysporum* по сравнению с абсолютным контролем.

Показано, что применение экстрактов листьев, полученных с женских и мужских деревьев, оказывает существенное влияние на ингибирование роста мицелия *F. culmorum.* Установлено, что с увеличением концентрации экстрактов рост мицелия фитопатогена снижается. Следует отметить, что на протяжении выращивания фитопатогенов в опытных вариантах (4-7 сутки) экстракты достоверно замедляли рост данного патогена. Наибольшее ингибирующее влияние на рост *F. culmorum* оказали экстракты, полученные из женских листьев, в концентрации 200 мг/л. В этом варианте снижение роста гриба составил 29-38% по отношению к абсолютному контролю. Однако при длительном выращивании (11 суток) эти показатели нивелируются по отношению с другими вариантами и контролем.

Таким образом, экстракты листьев *G. biloba* мужских и женских деревьев проявляют не однозначную фунгицидную активность в отношении изучаемых фитопатогенов. Различия между экстрактами мужских и женских деревьев минимальны, что предполагает сходный их качественный состав веществ, проявляющих фунгицидное действие. Полученные данные открывают перспективы для использования экстрактов *G. biloba* в разработке биопрепаратов для защиты растений.

Библиографический список

1. Калашникова, Е.А. Фунгицидная активность клеточных культур растений разных таксономических групп in vitro /Е.А. Калашникова, Р.Н. Киракосян // Фитосанитария. Карантин растений. –2024. – № S4-2 (20). – С. 35.

2. Караева А.М. Фитохимический анализ листьев Ginkgo biloba, интродуцированного в РСО-Алания / А.М. Караева, М.И. Нартикоева, М.З. Каболова // Вестник новых медицинских технологий. – 2020. – № 1. – С. 52–54.

3. Куркин, В.А. Флавоноиды листьев гинкго двулопастного (Ginkgo biloba L.) / В.А. Куркин, Д.Г. Буланкин, Е.Д. Даева, В.И. Каденцев// Химия растительного сырья. – 2012. – № 2. – С. 85-88.

УДК 633.11:631.526.32(470.3)

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

***Оболенская Е.М.**, аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г.Москва, Россия, e-mail: jenia.obolensckaya@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты оценки 49 коллекционных образцов озимой мягкой пшеницы в условиях Орловской области. Выявлены генотипы, превышающие контрольный сорт Московская 39 по урожайности. Установлена отрицательная корреляционная связь между урожайностью и содержанием белка. Лучшие образцы рекомендованы для использования в селекционных программах.

Ключевые слова: озимая пшеница, коллекционные образцы, урожайность, белок зерна, Орловская область.

Озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является ведущей продовольственной культурой в Центральной России, в том числе на территории Орловской области, где почвенно-климатические условия благоприятны для возделывания высококачественного зерна [1, 2]. Одной из главных задач современной селекции является создание сортов, сочетающих высокую продуктивность с отличным качеством зерна. Однако общеизвестна отрицательная связь между этими признаками, что затрудняет их одновременное улучшение [3, 4]. Сорт **Московская 39** является признанным стандартом качества для Центрального региона, отличаясь высоким содержанием белка (16,35%). В связи с этим, целью настоящей работы является предварительная оценка коллекционных образцов озимой пшеницы по урожайности и содержанию белка в условиях Орловской области с выделением перспективных генотипов для дальнейшей селекции.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2024–2025 гг. на базе ООО НПО «Бетагран Семена» (Орловский район, Орловская область). Почва опытного участка – серые лесные, с содержанием гумуса 4,2%, pH солевой вытяжки 5,9. Предшественник – чистый пар. Агротехника возделывания общепринятая для зоны Центральной России.

Объектами исследований являлись 49 сортов и линий озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Контрольный сорт – **Московская 39**. Площадь делянки – 10 м², повторность четырёхкратная, размещение систематическое.

Учёт урожайности проводили сплошным методом с пересчётом на 100% чистоту и стандартную влажность (14%). Исходные данные урожайности представлены в ц/га и пересчитаны в т/га (делением на 10). Содержание сырого белка в зерне определяли на инфракрасном анализаторе «ИнфраЛЮМ ФТ-12». Принцип измерения основан на взаимодействии ИК-излучения с веществом и последующей математической обработке спектральных данных встроенным модулем прибора.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета анализа MS Excel. Рассчитывали среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv, %), коэффициент корреляции Пирсона (r). Оценку достоверности различий между вариантами проводили на основе t-критерия Стьюдента при уровне значимости $p<0,05$.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проведённой оценки установлена значительная изменчивость изученных признаков среди коллекционных образцов. Средняя урожайность по выборке из 49 образцов составила 10,05 т/га, варьируя от 6,84 т/га (сорт Ультра) до 11,97 т/га (сорт Монтекристо). Коэффициент вариации урожайности

(Cv = 11,2%) указывает на умеренную дифференциацию образцов по данному признаку (табл. 1).

Таблица 1

Вариационная статистика признаков коллекционных образцов озимой пшеницы (n=49)

Признак	Среднее значение (M)	Стандартное отклонение (σ)	Минимум (min)	Максимум (max)	Коэффициент вариации (Cv, %)
Урожайность, т/га	10,05	1,13	6,84	11,97	11,2
Содержание белка, %	14,54	0,89	12,39	17,28	6,1

Среднее содержание белка составило 14,54% при варьировании от 12,39% (сорт Элегия) до 17,28% (сорт Ультра). Коэффициент вариации по белку (Cv = 6,1%) существенно ниже, чем по урожайности, что свидетельствует о более стабильном проявлении признака качества в условиях Орловской области. Контрольный сорт **Московская 39** показал урожайность 8,85 т/га и содержание белка 16,35%, что соответствует его характеристикам как стандарта качества.

Анализ распределения образцов показал, что наибольшую урожайность (свыше 11 т/га) имеют следующие сорта: **Монтекристо** (11,97 т/га), **Э1** (11,66 т/га), **Софру** (11,35 т/га), **50А** (11,35 т/га), **Алексеич** (11,15 т/га), **Универ** (11,22 т/га), **Гомер** (11,32 т/га), **Бесяда** (11,25 т/га). При этом содержание белка у этих образцов варьирует от 13,25 до 14,65%, что соответствует требованиям к продовольственному зерну 3-го класса (не менее 14%).

Наибольшим содержанием белка (более 15,5%) характеризуются образцы: **Ультра** (17,28%), **Московская 39** (16,35%), **Магнат** (15,91%), **Зодиак** (15,39%), **Рифей** (15,29%), **Вертикаль** (15,28%), **Вью га** (15,27%). Однако большинство из этих сортов имеют урожайность ниже средней по выборке, что подтверждает наличие отрицательной связи между признаками.

Таблица 2

Лучшие коллекционные образцы по комплексу «урожайность – содержание белка»

№ п/п	Название сорта	Урожайность, т/га	Белок, %	Превышение над Московская 39 по урожайности, %	Отклонение по белку от контроля, п.п.
1	Монтекристо	11,97	14,06	+35,3	–2,29
2	Э1	11,66	13,53	+31,8	–2,82
3	Софру	11,35	13,93	+28,3	–2,42
4	50А	11,35	14,65	+28,3	–1,70
5	Алексеич	11,15	14,38	+26,0	–1,97
6	Универ	11,22	13,25	+26,8	–3,10
7	Гомер	11,32	14,29	+27,9	–2,06
8	Бесяда	11,25	14,09	+27,1	–2,26
9	Московская 39 (контроль)	8,85	16,35	–	–

Примечание: все различия с контрольным сортом по урожайности достоверны при p<0,05.

Наибольший научный и практический интерес представляют образцы, сочетающие высокую урожайность (более 11 т/га) с содержанием белка не ниже 14% (табл. 2). Сорт **50А** выделяется среди них наилучшим балансом признаков: урожайность 11,35 т/га (превышение контроля на 28,3%) при содержании белка 14,65%, что лишь на 1,7 процентных

пункта ниже контрольного уровня. Сорт **Алексеич** также демонстрирует благоприятное сочетание: 11,15 т/га и 14,38% белка соответственно. Сорт **Гомер** при урожайности 11,32 т/га имеет содержание белка 14,29%, что также заслуживает внимания селекционеров.

Коэффициент корреляции Пирсона между урожайностью и содержанием белка по всей выборке составил **r = –0,48** ($p<0,01$), что подтверждает наличие умеренной отрицательной связи между этими признаками. Данный результат согласуется с известными литературными данными о генетическом антагонизме продуктивности и качества зерна пшеницы [5, 6]. Однако наличие образцов (например, **50А**, **Алексеич** и **Гомер**), у которых высокий уровень белка сочетается с высокой продуктивностью, свидетельствует о возможности разрыва этой связи путём целенаправленного подбора родительских пар в гибридизации [7].

Заключение. В результате предварительной оценки 49 коллекционных образцов озимой пшеницы, проведённой в 2024–2025 гг. на базе ООО НПО «Бетагран Семена» в Орловском районе Орловской области, установлено следующее:

1. Выявлена значительная изменчивость по урожайности (6,84–11,97 т/га) и содержанию белка (12,39–17,28%).
2. Подтверждено наличие умеренной отрицательной корреляционной связи между урожайностью и содержанием белка ($r = –0,48$, $p<0,01$).
3. Выделены образцы-доноры высокой урожайности: **Монтекристо**, **Э1**, **Софру**, а также доноры высокого содержания белка: **Ультра**, **Магнат**, **Зодиак**.
4. Наибольшую ценность для дальнейшей селекционной работы представляют образцы, сочетающие урожайность более 11 т/га и содержание белка не менее 14%: **50А**, **Алексеич** и **Гомер**. Рекомендовано включить их в программы гибридизации с сортом Московская 39.

Библиографический список

1. Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И., Казаченко Л.А. Озимая пшеница в Центральном регионе России. – М.: Немчиновка, 2018. – 256 с.
2. Лошаков В.Г., Никитин С.Н. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий вегетации в Орловской области // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 28-32.
3. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений. – М.: РУДН, 2018. – Т. 2. – 780 с.
4. Прянишников А.И., Чернова О.В. Качество зерна современных сортов озимой пшеницы // Агрохимический вестник. – 2022. – № 4. – С. 22-27.
5. Sandhu K.S., Singh R.P., et al. Grain quality in wheat // Cereal Chemistry. – 2022. – Vol. 99. – № 1. – P. 15-27.
6. Козлов А.А., Петрова Н.Ю. Генетические аспекты селекции озимой пшеницы на качество зерна // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 3. – С. 267-274.
7. Simmonds N.W. The relation between yield and protein in cereal grain // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2019. – Vol. 67. – P. 309-315.

УДК 633.11:581.1

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОРТОВ TRITICUM AESTIVUM L. В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Киселева Е. И., *магистр 2 курса факультета агробиотехнологии РУДН, KiselNekta@yandex.ru*

Кезимана П.*, с.н.с. агробиотехнологического департамента РУДН, kezimana-p@rudn.ru*

***Аннотация**: В статье изучено влияние хлоридного засоления на морфометрические параметры проростков двух сортов озимой мягкой пшеницы. Установлено, что солевой стресс подавляет ростовые процессы и выявлены генотипические различия в степени угнетения параметров. Результаты могут быть использованы для ранней диагностики солеустойчивости селекционных образцов.*

***Ключевые слова**: мягкая пшеница, солеустойчивость, морфометрия, хлорид натрия.*

Среди факторов окружающей среды, оказывающих негативное воздействие на растения, особое значение имеет солевой стресс. Высокое содержание солей в корнеобитаемом субстрате вызывает у растений внешний осмотический шок: снижается доступность влаги и ее поглощение, развивается цитотоксический эффект. [6]. В совокупности, ионный и осмотический стресс приводят к возникновению вторичного окислительного стресса. Когда в корнеобитаемом субстрате накапливается более 0,25% солей, замедляется рост и дифференциация тканей, падает интенсивность транспирации, сокращается число и размер листьев, а также снижается содержание хлорофилла и фотосинтетическая активность. Это негативно сказывается на жизнедеятельности растений и ведет к падению урожайности.

В солесодержащих почвах преобладают хлориды натрия, которые при концентрации свыше 0,5% наносят сельскому хозяйству более серьезный ущерб, чем засуха или низкие температуры, поскольку действуют не эпизодически, а непрерывно. В результате ежегодные потери сельскохозяйственной продукции могут составлять миллионы тонн.

Засоленность бывает первичной (возникает из-за природных факторов, таких как океаны, коррозия горных пород и т.д.) и вторичной (вызвана антропогенными факторами, например чрезмерным орошением сельскохозяйственных земель) [5]. По степени накопления водорастворимых солей почвы подразделяются на следующие категории: слабозасоленные (содержание солей 0,25-0,4%); среднезасоленные (0,4-0,7%); сильнозасоленные (0,7-1,0%); солончаки (более 1%) [1]. По данным Россельхознадзора, за 2024 год засоление почв было выявлено на площади 155,611 тыс. га, что составило 2,73% от общей обследованной в 2024 г. площади сельскохозяйственных угодий на территории РФ [1].

Под солеустойчивостью подразумевается способность растений выдерживать воздействие избыточных концентраций солей в почвенном субстрате и проходить полный цикл развития. Чем слабее выражено торможение физиологических процессов, тем выше степень толерантности к солевому стрессу у растений. Степень солеустойчивости растений обусловлена генетически и проявляется лишь в присутствии данного негативного фактора.

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) — полиплоидное сельскохозяйственное растение, которое активно используется в мировой экономике и продовольствии [3]. Данное растение ценится прежде всего за зерно, служащее источником углеводов в рационе человека. В состав зерна также входят белки (глиадины и глютенины) — основные компоненты глютена в пшеничной муке. Белковый состав определяет эластичность и растяжимость теста, что напрямую влияет на качество хлебопекарных изделий. По степени устойчивости к солевому стрессу, мягкая пшеница считается среднеустойчивым растением [4]. Разные сорта могут проявлять разную степень устойчивости.

Снизить негативное воздействие солевого стресса возможно за счет использования сортов, обладающих устойчивостью к избытку солей в почве. Диагностика этой устойчивости проводится с помощью различных методов, однако все они объединены общим принципом — необходимостью моделирования провокационных условий засоления.

Цель данной работы: оценить влияние хлоридного засоления на ростовые и весовые параметры проростков *Triticum aestivum* L.

Объектами послужили два сорта озимой мягкой пшеницы: Московская 42 и Немчиновская 14. Исследование проводилось на базе лаборатории маркерной селекции и

геномики растений агрокомплекса «ГРАНУМ» РУДН по методическим указаниям Удовенко Г. В. [2].

Для каждого эксперимента отбирали 45-60 семян от каждого сорта, без повреждений и других изъянов. Зерна обеззараживали выдерживанием в 70% этиловом спирте, а после — трижды промывали дистиллированной водой (dH_2O). Промытые семена проращивали в чашках Петри на смоченной dH_2O фильтровальной бумаге в термостате при температуре 23 ° С в течение 3 дней.

На третьи сутки среди взошедших семян отбирали 30 образцов, у каждого замеряя длину главного корня и побега. Далее семена помещали на листы прокаленной фильтровальной бумаги, скатывали в рулоны, ставили на опытные и контрольную среды и возвращали в термостат. Опытной средой послужили растворы хлорида натрия в концентрации 0,98% (7 атм) и 1,26% (9 атм). Контрольные образцы выращивали на дистиллированной воде. По истечении семи суток с начала эксперимента проводили повторный замер ростовых параметров, а также взвешивали сырую и сухую биомассу проростков. Для получения данных о сухой биомассе ростки и корни высушивали в сухожаровом шкафу при температуре 120 ° С в течение часа. Всего проведено 6 опытов (по 3 на каждый сорт).

В результате получены данные о влиянии хлоридного засоления на длину побегов и корней, а также на сырую и сухую биомассы частей проростков. Все данные были статистически обработаны и представлены в виде средних значений в таблице 1.

Таблица 1

Влияние растворов NaCl на морфометрические параметры проростков пшеницы

NaCl, атм	Корни			Побеги		
	Длина, см	Сырой вес, мг	Сухой вес, мг	Длина, см	Сырой вес, мг	Сухой вес, мг
Московская 42						
0	7,5±1,6	510±163	58,0±7,9	7,1±1,6	593±97	70,7±10,1
7	1,9±0,5	269±115	36,3±8,5	2,9±1,5	337±65	55,0±8,2
9	0,6±0,4	138±72	26,7±10,5	1,3±0,9	225±46	37,3±9,5
Немчиновская 14						
0	5,2±2,5	290±128	31,1±16,0	3,0±2,0	282±77	31,5±11,0
7	0,7±0,6	96±31	16,5±3,1	1,3±1,1	157±88	26,7±11,7
9	0,5±0,5	75±21	15,0±3,6	1,0±1,2	154±59	26,4±8,2

Полученные данные свидетельствуют об осмотическом и ионном действии хлорида натрия, подавляющем рост корней и побегов. Контрольные и опытные образцы сорта Московская 42 показали лучший рост и большее накопление биомассы, чем сорт Немчиновская 14, что может быть связано с его более высоким ростовым потенциалом. Однако у сорта Немчиновская 14 ростовые и весовые параметры в условиях двух уровней засоления угнетались гораздо слабее (показатели длины корней и побегов, а также сырой и сухой биомассы корней различались примерно на 5-11%; показатели сырой и сухой массы побегов — на 1%). Из этого следует, что сорт Немчиновская 14 может быть более пригодным для выращивания в условиях солевого стресса, а сорт Московская 42 – в условиях слабого засоления.

Выводы. У двух исследованных сортов происходило угнетение ростовых и весовых процессов в условиях засоления. Влияние солевого стресса сильнее проявлялось у корневой системы — с повышением концентрации хлорида натрия тормозился рост корней, они становились более хрупкими и тонкими. Полученные данные следует проверить с применением молекулярно-генетического анализа для выявления маркеров устойчивости у исследованных сортов.

Библиографический список

1. Минсельхоз России. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2024 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2025. – 352 с.
2. Удовенко Г.В. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям: методическое руководство / Под ред. Г. В. Удовенко, – Л.: ВИР, 1988. – 227 с.
3. De Sousa T. et al. The 10,000-year success story of wheat! //Foods. – 2021. – Т. 10. – №. 9. – С. 2124.
4. Traye I. D. et al. Salinity tolerance in wheat: Mechanisms and breeding approaches //Plants. – 2025. – Т. 14. – №. 11. – С. 1641.
5. Yildiz M., Poyraz İ., Çavdar A., Özgen Y., Beyaz R. Plant Responses to Salt Stress // Plant Breeding — Current and Future Views. – 2020. – 350 с.
6. Zhao S., Zhang Q., Liu M., Zhou H., Ma C., Wang P. Regulation of Plant Responses to Salt Stress // International journal of molecular sciences. – 2021. – Т. 22, № 9. – С. 4609.

УДК 581.143.6

СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕРИЛИЗУЮЩИХ АГЕНТОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В КУЛЬТУРУ IN VITRO *EMPETRUM NIGRUM* L.

Цзин Лян, *аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Dreawdas@163.com*

Ильин Максим Денисович, *студент 3 курса бакалавриата института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, maksmilin3327@gmail.com*

Аницой Тимофей Владимирович, *студент 3 курса бакалавриата института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, tvanitsoy2005@yandex.ru*

Васильев Егор Сергеевич, *студент 2 курса бакалавриата института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, mqegor@gmail.com*

Пильщиков Артем Андреевич, *студент 2 курса бакалавриата института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, artempyl258@gmail.com*

Аннотация: *Проведено сравнение двух протоколов введения Empetrum nigrum в культуру in vitro. Наблюдения проводились в течение 2 недель после стерилизации, эффективность оценивалась по количеству контаминаций и количеству образцов с индуцированным ростом.*

Ключевые слова: *водяника черная, Empetrum nigrum* L., *in vitro, нитрат серебра*

Введение. Водяника чёрная (*Empetrum nigrum* L.) — широко распространённое в северном полушарии растение, характеризующееся высоким содержанием вторичных

метаболитов фенольной природы, проявляющих антиоксидантную и противовоспалительную активность [1][2]. Ведение растений в культуру *in vitro* позволяет изучать их морфофизиологические характеристики в контролируемых условиях без постоянного изъятия растений из природной среды. Основополагающим этапом изучения культур *in vitro* является подбор эффективного протокола стерилизации эксплантов, обеспечивающего сохранение жизнеспособности тканей при полном избавлении от инфекции различного происхождения. В настоящее время существует несколько протоколов введения водяники черной в культуру, в связи с чем возникает запрос на выявление оптимального [3][4].

Материалы и методы. Введение в культуру *in vitro* осуществлялось путем ступенчатой поверхностной стерилизации побегов водяники черной. В качестве эксплантов использовали фрагменты побегов, взятых из растений, культивируемых в лаборатории искусственного климата при РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева в количестве 30 экземпляров, разделенные на 2 равные группы. Очищенные от листьев стебли промывали проточной водой для удаления поверхностных загрязнений в течение 20 минут, затем промывали в мыльном растворе в течение 10 минут. Непосредственно перед внесением в ламинарный бокс экспланты выдерживали в 70 % этиловом спирте 30 секунд.

Поверхностную стерилизацию проводили по двум вариантам в равной количественной выборке: 3 % раствором гипохлорита натрия NaOCl, 15 минут, и 0,2 % раствором нитрата серебра ($AgNO_3$), 10 минут. После обработки экспланты помещали на питательную среду по прописи Андерсона с добавлением 6-бензиламинопурина (0,25 мг/л) и культивировали в условиях световой комнаты, фоторежим 16 часов и температуре +23°С.

Результаты и обсуждение. Наблюдения проводились на протяжении всего эксперимента (14 дней), данные представлены в таблице 1. В нашем случае наилучшие результаты достигнуты по стерилизации при применении NaOCl 3%, в течение 15 минут, однако в данном случае наблюдается значительное угнетение ростовых процессов, а именно активация пазушных и верхушечных почек. В тоже время применение ($AgNO_3$) в течение 10 минут было недостаточно для подавления патогенной микрофлоры, но при этом доля активированных пазушных и верхушечных почек была в четыре раза выше чем при работе с гипохлоритом натрия.

При обоих режимах стерилизации рост наблюдался из верхушечных почек, но отмечались и случаи роста из пазушных почек.

Таблица 1

Сравнение режимов стерилизации

Тип экспланта и режим стерилизации	NaOCl 3%, 15 минут	AgNO3 0,2%, 10 минут
Доля контаминированных образцов, %	20	13,3
Доля образцов с индуцированным ростом	6,7	26,6

Вывод. По результатам наблюдений, стерилизация AgNO3 показала меньший процент контаминированных образцов, при этом показав большую долю индукции ростовых процессов. В дальнейшей работе следует обратить особое внимание на время нахождения эксплантов в стерилизующем агенте с целью определения оптимальной экспозиции.

Библиографический список

1. Пономарчук С. Г., Саликова А. А., Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Григорчук В. П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ АНТОЦИАНОВ И ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИХ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ИЗ ПЛОДОВ ШИКШИ ЧЕРНОЙ EMPETRUM NIGRUM // ТМЖ. 2022. №3 (89).

2. Wang, X., Zhou, X., Zhang, L., Zhang, X., Yang, C., Piao, Y., Zhao, J., Jin, L., Jin, G., An, R., & Ren, X. (2022). Crowberry inhibits cell proliferation and migration through a molecular mechanism that includes inhibition of DEK and Akt signaling in cholangiocarcinoma. Chinese medicine, 17(1), 69. doi: 10.1186/s13020-022-00623-6.

3. Makarov S. S. и др. Clonal micropropagation of cranberry (Oxycoccus palustris Pers.) // Food Processing: Techniques and Technology. Kemerovo State University, 2021. Т. 51, № 1. С. 67–76.

4. Nechiporenko I., Kazakov P., Palamarchuk D. Prospects for obtaining planting material of a less widespread berry crop – black crowberry (*Empetrum nigrum* L.) *in vitro* conditions. BIO Web of Conferences 139, 01008 (2024). doi: 10.1051/bioconf/202413901008.

УДК 633.11:631.527:575.222.7

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКОРОСПЕЛОСТЬ

***Володькина Мария Борисовна**, аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, gorbunova.orel@gmail.com*

***Аннотация.** В условиях ЦЧР Орловской области одними из лимитирующих факторов влияющими на продуктивность озимой пшеницы в Весенне-летний период вегетации являются различные виды засухи, а также проявление грибковых болезней (септориоз, виды ржавчины, фузариозы).*

Ключевые слова: Озимая пшеница, скороспелость, гибридизация, гены *Ppd-D1a* / *Ppd-B1a*, селекция, исходный материал, засухоустойчивость.

Введение. Орловская область расположена в ЦЧР с черноземными почвами. Здесь озимая пшеница занимает около 30% посевных площадей зерновых. Однако за последние лет 20 в условиях ЦЧР отмечается изменение погодно-климатических условий (аридизация), участились засухи в мае–июне, совпадающие с фазами выхода в трубку – колошения, что резко снижает урожайность (до 30–40% потерь). Кроме того, патогены видов ржавчины в фазу молочной спелости сильнее поражают средне и позднеспелые сорта. Поэтому создание сортов с укороченным вегетационным периодом (на 7–10 дней короче среднеспелых районированных) является приоритетом [2]. Наиболее эффективный путь – пирамидирование фотопериодических генов *Ppd-D1a* и *Ppd-B1a* в генетической основе местных адаптированных форм [1].

Цель работы. Целью настоящей работы является создание методом гибридизации и направленного отбора ценного исходного селекционного материала озимой мягкой пшеницы, адаптированного к условиям Центрально-Чернозёмного района Орловской области. Ключевым требованием к создаваемому материалу служит сочетание раннеспелости — сокращения продолжительности вегетационного периода на 7–10 дней по сравнению со среднеспелыми стандартами и коммерческими сортами — с высокой продуктивностью, надёжной зимостойкостью и устойчивостью к бурой ржавчине.

Для достижения поставленной цели в скрещиваниях использовались районированные сорта, а также доноры генов Ppd-D1a и Ppd-B1a, определяющих нечувствительность к фотопериоду и ускорение наступления фазы колошения. Работа была направлена на сокращение прежде всего межфазного периода «всходы–колошение» как ключевого элемента общей скороспелости. В результате проведённой гибридизации и многоступенчатого направленного отбора в поколениях F_3 –F_4 выделено 9 перспективных линий, превышающих стандарт по скороспелости на 7–8 дней при сохранении хозяйственно ценных признаков — урожайности и зимостойкости на уровне, отвечающем требованиям производства. Все 9 линий переданы в селекционный питомник для дальнейшей оценки и

конкурсного испытания.

Материалы. Работа выполнена в ООО НПО «Бетагран семена» научном центре (зона: лесостепь, чернозем типичный).

Исходный материал:

- Районированные сорта-стандарты: *Московская 56, Орловская 167, Чернозёмка 115.*
- Доноры раннеспелости: линии с генами *Ppd-D1a* (Казахстанская 10), *Ppd-B1a* (Поволжская 77),

Методы.

1. Ступенчатая гибридизация с 2–3 возвратными скрещиваниями на сорта Орловской селекции.

2. Полевой питомник (повторность 3-кратная, делянки 2 м²). Учитывали: даты всходов, колошения, восковой спелости; перезимовка (%); высота; масса 1000 зерен; урожайность; поражение болезнями (ржавчиной, септориозом, фузариозом (балл)).

3. Статистическая обработка – ANOVA, $НСР_{0,5}$.

Результаты и обсуждение. В результате скрещиваний по схеме (донор × стандарт) × стандарт получено 36 гибридных комбинаций F_2 . В поле F_3 оценено 126 линий, из них 9 показали устойчивое сокращение вегетации на 7–10 дней относительно стандартов (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика отобранных линий F_4 (среднее за 2024–2025 г)

Линия	Период всходы-колошение, дней	Перези-мовка,%	Высота, см	Масс 1000 зерен, г	Урожайн., т/га	Болезни, балл
Л-17/21	255	82	92	39,2	5,4	2
Л-22/23	258	78	88	37,5	5,1	3
Л-25/23	254	84	95	40,1	5,5	1
Л-28/24	260	76	86	36,8	4,9	2
Л-30/24	257	80	90	38,4	5,2	2
Московская 56 (ст.)	268	80	100	38,0	5,0	4
Орлов-ская 167 (ст.)	272	78	95	37,5	4,8	4
$НСР_{0,5}$	3,2	4,1	4,5	2,1	0,4	-

Все отобранные линии превосходят стандарты по скорости развития на 8–14 дней, при этом урожайность линий Л-17/21 и Л-25/23 достоверно выше стандарта. Зимостойкость (перезимовка) у большинства линий на уровне или выше стандартов. Поражение бурой ржавчиной у линий значительно ниже (1–3 балла против 4 у стандартов), что связано с ранним уходом от заражения.

Л-25/23 и стандарта Московская 56. Ускоренное колошение позволяет линии завершить налив зерна до наступления июльской засухи.

Пять лучших линий (Л-17/21, Л-22/23, Л-25/23, Л-28/24, Л-30/24) переданы в селекционный питомник для дальнейшего испытания. Линии Л-17/21 и Л-25/23 рекомендованы для использования в гибридизации как источники раннеспелости.

Заключение. Впервые нами для ЦЧР Орловской области создан исходный материал озимой мягкой пшеницы с накоплением генов *Ppd-D1a* и *Ppd-B1a* на основе местных адаптированных сортов. Выделены линии, сочетающие сокращение вегетационного периода на 7–10 дней с урожайностью 5,4–5,5 т/га и зимостойкостью 82–84%. Полученный материал рекомендован для селекции раннеспелых, засухоустойчивых сортов.

Библиографический список

1. Беспалова Л.А., Колесников Ф.А., Аблова А.Р. и др. Генетические ресурсы озимой пшеницы для селекции на скороспелость // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 6. С. 612–619.
2. Литвиненко Н.А., Рыбалка А.И., Волощук Н.И. Фотопериодическая чувствительность и продуктивность озимой пшеницы в условиях изменения климата // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 703–712.
3. Крупнов В.А., Крупнова О.В. Роль генов Ppd в адаптации пшеницы к разным условиям возделывания // Генетика. 2022. Т. 58. № 2. С. 145–157.
4. Гончаренко А.А., Ермакова А.Г. Скороспелость и зимостойкость озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3. С. 32–36.
5. Долженко Т.В., Зуев Е.В., Мелихова Н.С. Использование генов Ppd-D1a в селекции озимой мягкой пшеницы для юга России // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 1. С. 12–17.
6. Трубченко О.В., Шишкин Н.В. Оценка исходного материала озимой пшеницы на скороспелость в условиях Центрально-Черноземного региона // Вестник Воронежского ГАУ. 2021. № 4. С. 54–60.
7. Кузнецова Т.Е., Баженов М.С. Влияние весенних засух на формирование урожая озимой пшеницы в Орловской области // Метеорология и гидрология. 2024. № 2. С. 45–53.

УДК 633.11:575.17:575.18

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ И ФЕНОТИПИРОВАНИЕ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ТЕМПАМ РАЗВИТИЯ ДЛЯ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Войнов Тимофей Олегович*, аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, scitimeg@gmail.com*

Аннотация. *Рассмотрены возможности генотипирования и фенотипирования сортов озимой пшеницы по темпам развития для ускоренной селекции. Показана роль маркеров генов Rht и Ppd, а также NDVI-оценки в выявлении различий по динамике вегетации и продуктивности. Установлено, что сорта Орловского биотипа отличаются быстрым накоплением биомассы и высокой урожайностью.*

Ключевые слова: *озимая пшеница, генотипирование, фенотипирование, темпы развития, маркерная селекция.*

Введение. Ускорение селекции озимой пшеницы требует раннего и точного выявления генотипов, сочетающих высокую продуктивность, адаптивность и оптимальные темпы развития. В условиях климатической нестабильности особое значение приобретают признаки, определяющие скорость прохождения фенологических фаз, характер накопления биомассы, сроки колошения и способность сорта эффективно использовать агрофон [1, 2].

Традиционная полевая оценка таких признаков зависит от условий среды и требует многолетних наблюдений. Поэтому в селекции всё шире применяются молекулярные маркеры, позволяющие идентифицировать аллели, связанные с высотой растений,

фотопериодической реакцией, яровизацией и качеством зерна [1]. Вместе с тем только сочетание генотипирования и фенотипирования позволяет объективно оценить селекционную ценность сорта, поскольку темпы развития определяются взаимодействием генотипа и среды.

У коллекционных образцов озимой пшеницы выявлено значительное разнообразие по генам низкорослости Rht, чувствительности к фотопериоду Ppd и ряду систем, связанных с качеством зерна [1]. На основе полногеномного SNP-типирования выделены биотипы сортов, различающиеся по продуктивности и характеру реализации хозяйственно ценных признаков [1, 3]. Особый интерес представляет Орловский биотип, для которого установлены специфические особенности динамики NDVI и структуры урожая [3].

Цель работы — обобщить данные о применении генотипирования и фенотипирования сортов озимой пшеницы по темпам развития для ускоренной селекции.

Генотипическая характеристика сортов. Важным компонентом селекции по темпам развития является учет генов низкорослости, влияющих не только на высоту растений, но и на архитектонику посева, устойчивость к полеганию и особенности формирования урожая [2]. У большинства исследованных образцов преобладали аллели дикого типа Rht-B1a и Rht-D1a, однако часть сортов несла мутантные варианты, представляющие селекционный интерес.

Маркер Rht-B1e, соответствующий гену Rht11, выявлен у сорта Гомер и линии Лютесценс 216/17; аллель Rht-D1b (Rht2) — у сортов Интеза и Сократ; Rht-B1b (Rht1) — у сортов Изумруд Дубовицкого, Система, Володя, Косар 17, Зюгановка, Лютесценс 214/17, Московская 27 и ряда других образцов. В популяции сорта Щелково 5 отмечена гетерогенность по локусу Rht-D1, у Эритроспермум 218/10 — по Rht-B1.

В таблице 1 представлено распределение сортов по основным маркерам низкорослости.

Таблица 1

Распределение исследованных сортов озимой пшеницы по маркерам генов низкорослости Rht

Маркер	Сорта и линии	Селекционное значение
Rht11 (Rht-B1e)	Гомер, Лютесценс 216/17	Повышенная продуктивность, интерес для интенсивной селекции
Rht2 (Rht-D1b)	Интеза, Сократ, часть растений Щелково 5	Снижение высоты, повышение устойчивости к полеганию
Rht1 (Rht-B1b)	Изумруд Дубовицкого, Система, Володя, Косар 17, Зюгановка, Лютесценс 214/17, Московская 27 и др.	Связь с более высоким содержанием белка и клейковины
Дикий тип	Синева, Ермоловка, ДФ 2020, Тургеневская 200, Эритроспермум 216/17, Эритроспермум 708/12 и др.	Базовый фон для сравнения по темпам развития

По данным технологических опытов генотипы с Rht11 отличались наиболее высокой урожайностью — 79,9; 78,8 и 86,3 ц/га в различных вариантах технологии. Сорта с Rht1 уступали им по урожайности, но характеризовались более высоким содержанием белка и клейковины — до 16,4 и 34,6 % соответственно [1]. Это позволяет рассматривать гены Rht как маркеры не только короткостебельности, но и комплексного адаптивно-продукционного типа.

Существенное значение для оценки темпов развития имеют и локусы фотопериодической чувствительности. Маркер PpdD1, ассоциированный с нечувствительностью к длине дня, выявлен у сортов Изумруд Дубовицкого, ДФ 2020, Володя, Система, Гомер, Зорро и Щелково 5. Ранние сроки колошения этих образцов подтвердили результаты молекулярного анализа [1]. Следовательно, PpdD1 может рассматриваться как

индикатор ускоренного развития в весенне-летний период, особенно ценный для зон с риском поздневесенней и летней засухи.

Фенотипирование и роль NDVI. Наиболее информативным фенотипическим показателем темпов развития в представленных материалах является индекс NDVI, позволяющий отслеживать динамику нарастания биомассы и особенности прохождения репродуктивной фазы [3]. На его основе выделены четыре типа сортов. Для Орловского биотипа характерны следующие параметры: индекс вегетации — 72,56; индекс нарастания биомассы — 44,96; индекс репродуктивного периода — 27,60; максимальное значение NDVI — 0,89; индекс созревания — 1,65 [3-7].

Эти данные свидетельствуют, что сорта Орловского биотипа отличаются быстрым развитием в первой половине вегетации, высоким накоплением биомассы и более сбалансированным созреванием. Такое сочетание особенно ценно для селекции, поскольку способствует эффективной реутилизации пластических веществ и высокой реализации урожайного потенциала.

В таблице 2 приведены основные фенотипические показатели сортов Орловского биотипа.

Таблица 2

Фенотипические признаки, характеризующие темпы развития сортов Орловского биотипа

Показатель	Значение	Интерпретация для селекции
Индекс вегетации (S)	72,56	Высокая суммарная активность вегетации
Индекс нарастания биомассы (S+)	44,96	Быстрое развитие в первой половине вегетации
Индекс репродуктивного периода (S-)	27,60	Умеренный темп репродуктивной фазы
NDVI max	0,89	Высокий уровень накопления биомассы
Индекс созревания	1,65	Более сбалансированное созревание по сравнению с другими типами
Средняя урожайность в технологических опытах	97,45 ц/га	Высокая реализация продукционного потенциала

Высокая информативность NDVI подтверждается результатами испытаний 2022 г. В конкурсном сортоиспытании Щелково 1 сформировал 152,8 ц/га, Ермоловка — 144,9 ц/га; в экологическом испытании Ермоловка достигла 165,7 ц/га, Щелково 1 — 163,0 ц/га, Щелково 2 — 154,9 ц/га [3]. Эти данные подтверждают тесную связь показателей динамики вегетации с уровнем продуктивности.

Орловский биотип в ускоренной селекции. По данным SNP-типирования выделено не менее четырех биотипов сортов озимой пшеницы, различающихся по реализации хозяйственно ценных признаков [1]. Орловский биотип включает Ермоловку, Синеву, Щелково 1, Щелково 2 и Тургеневскую 200 [3]. Он характеризуется наиболее высокой урожайностью при достаточно стабильной реакции на технологический фон [1].

Сорта этого биотипа сочетают преимущественно северный тип по системам яровизации и фотопериодизма с отдельными маркерами, связанными с качеством зерна и низкорослостью [3]. У Щелково 1 выявлен Rht1, у Щелково 2 — Rht2; у Тургеневской 200, Щелково 1 и Щелково 2 обнаружен маркер Glu-A1, а у Щелково 2 дополнительно — Glu-B1. Для всех сортов биотипа характерен аллельный вариант 2+12 гена Glu-D1 [3].

С практической точки зрения Орловский биотип ценен как источник сочетания высокой урожайности и оптимальной динамики развития. У Щелково 1 число зерен в колосе составило 45,5, масса зерна с колоса — 2,40 г; у Синевы длина колоса достигала 10,7 см, число

колосков — 22,9, масса 1000 зерен — 51,5 г [3]. Следовательно, фенотипирование по темпам развития целесообразно дополнять анализом структуры урожая.

Сочетание генотипирования и фенотипирования. Представленные данные показывают, что эффективность ускоренной селекции возрастает при интеграции молекулярного и полевого анализа. Генотипирование позволяет уже на ранних этапах выделять формы с Rht11 как потенциально высокопродуктивные, с Rht1 — как перспективные по качеству зерна, с PpdD1 — как скороспелые и менее чувствительные к фотопериоду, а также сорта Орловского биотипа как носители интенсивного типа накопления биомассы и высокой урожайности.

Фенотипирование должно включать не только учет сроков колошения и созревания, но и динамическую оценку вегетации по NDVI, позволяющую дифференцировать сорта по типу реализации биомассы и продуктивности в течение сезона [3].

Заключение. Генотипирование и фенотипирование сортов озимой пшеницы по темпам развития являются взаимодополняющими инструментами ускоренной селекции. Анализ маркеров Rht и Ppd позволяет выявлять генотипы с различным типом развития, адаптивности и продуктивности уже на ранних этапах отбора. Маркер Rht11 ассоциирован с повышенной урожайностью, Rht1 — с лучшими показателями белка и клейковины, PpdD1 — с более ранним колошением и сниженной фотопериодической чувствительностью [1].

Фенотипирование с использованием NDVI показало, что сорта Орловского биотипа отличаются быстрым накоплением биомассы в первой половине вегетации, высоким значением NDVI и умеренным темпом репродуктивной фазы, что обеспечивает высокую реализацию урожайного потенциала [3]. Интеграция молекулярного маркирования, SNP-типирования и динамического фенотипирования позволяет повысить точность отбора и сократить длительность селекционного цикла.

Библиографический список

1. Каракотов С.Д., Карлов Г.И., Прянишников А.И. и др. К использованию алгоритмов маркерной селекции для улучшения сортов озимой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2022. № 3(96). С. 8–17.

2. Сухих И.С., Вавилов В.Ю. и др. Разнообразие и фенотипический эффект аллельных вариантов генов короткостебельности RHT у пшениц // Генетика. 2021. Т. 57. № 2. С. 127–139.

3. Каракотов С.Д., Прянишников А.И., Хверенец С.Е. и др. К характеристике сортов озимой пшеницы Орловского биотипа // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 3(47). С. 48–53. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-3-48-53.

4. Чуманова Е.В., Ефремова Т.Т., Кручинина Ю.В. Влияние различных доминантных аллелей локусов VRN и их комбинаций на продолжительность фаз развития и продуктивность у линий мягкой пшеницы // Генетика. 2020. Т. 56. № 7. С. 805–818.

5. Диващук М.Г., Васильев А.В., Беспалова Л.А., Карлов Г.И. Идентичность генов короткостебельности Rht-11 и Rht-b1e // Генетика. 2012. Т. 48. № 7. С. 897.

6. Беспалова Л.А. Вклад генетики в «зеленые прорывы» в селекции // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров. 2019. С. 423.

7. Семенов О.Г., Диващук М.Г., Хайтембу Г.Ш. и др. Специфика сочетаний качественных и количественных характеристик клейковины у генотипов аллоцитоплазматической яровой пшеницы // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Т. 13. № 1. С. 14–25.

УДК 631.363

КАЧЕСТВЕННЫЕ И ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *SEQUOIA SEMPERVIRENS* И *SEQUOIADENDRN GIGANTEUM*

***Болотина Елизавета Алексеевна**, аспирант кафедры Биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, LizavetaRodBol@yandex.ru*

***Зайцева Светлана Михайловна**, научный руководитель, доцент кафедры Биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, smzaytseva@yandex.ru*

***Голиванов Ярослав Юрьевич**, н.с. лаборатории клеточной и репродуктивной биологии ВНИИ СБ, gelagen@yandex.ru*

***Мартынюк Полина Андреевна**, бакалавр кафедры Биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, polly_martinuk@mail.ru*

***Аннотация:** изучалось влияние света на морфо-физиологическое состояние каллусных культур Sequoia sempervirens и Sequoiadendron giganteum. Определены плотность и цвет каллуса, морфология и лигнификация каллусных клеток, культивируемых для усиленного производства коммерчески важных противораковых вторичных метаболитов.*

***Ключевые слова:** Sequoia sempervirens, Sequoiadendron giganteum, каллусные клетки, вторичные метаболиты*

***Введение**. Sequoia sempervirens* (Lamb. ex D. Don) Endl. и *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz – два палеоэндемичных вида хвойных деревьев, хорошо известных своими впечатляющими размерами [1, 2]. Экстракты из растений секвойи вечнозеленой привлекают внимание фармакологов благодаря антиоксидантным свойствам и широкому спектру биологической активности [3]. В смолах *S. giganteum* содержание монотерпенов и дитерпенов практически сбалансировано, присутствием монотерпена α-пинена в очень большом количестве. У *S. giganteum*, произрастающих на Корсике, в Хорватии и Чехии, содержались различные терпены, такие как элемицин, сафрол и 14-изопропилподокарпа-8,11,13-триен-13-ол, каждый из которых был обнаружен только в одном исследовании [4].

Низкое содержание фитохимических веществ, крайняя изменчивость и отсутствие особых условий при сборе дикорастущих растений являются основными препятствиями для разработки фитохимически стабильных продуктов из интактных растений. Эти проблемы можно обойти с помощью применения клеточных культур. Преимущество каллусных культур заключается в непрерывном, равномерном и усиленном производстве важных фитохимических веществ с последующим упрощением методов экстракции, независимо от географии произрастания и периода вегетации [5].

Экстрактивные вещества, полученные из каллусных тканей *Sequoia sempervirens*, обладают высокой биологической активностью и цитотоксичностью, малотоксичны для нормальных стволовых клеток, но ингибировали рост клеток рака HeLa шейки матки и глиобластомы человека [3].

Каллусные культуры *S. sempervirens* инициированные при 16-часовом фотопериоде характеризовались очень низким каллусогенезом и слабой жизнеспособностью, однако отмечались повышенной биоситетической активностью [6].

Настоящее исследование было направлено на определение качественных показателей и цитологической характеристики каллусных культур *Sequoia sempervirens* и *Sequoiadendron giganteum* при культивировании на свету или в темноте.

Материалы и методы. В качестве эксплантов для получения каллусной культуры использовали культуры микроклонов *S. sempervirens* и *S. giganteum*. Микроклоны *S. sempervirens* были получены в 2022 году из почек одного взрослого дерева, произрастающего в оранжерее на территории Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН в Москве, Россия. Асептическая культура микроклонов *S. giganteum* была получена в 2025 году путём стерилизации и проращивания семян из шишки дерева, именуемого «Генералом Шерманом» и находящегося в «Гигантском лесу» национального парка «Секвойя» в Калифорнии, США. Экспланты обоих видов разрезали на сегменты 5-10 мм и помещали в чашки Петри на питательную среду MS, содержащую тиамин в концентрации 0,1 мг/л, сахарозу 2%, ПВП (поливинилпирролидон) 1 мг/л, согласно методике [6], и гормоны, 6-бензиламинопурин (БАП) и 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислот (2,4-Д) в концентрациях 2 мг/л каждый [5, 6].

В данном эксперименте 5 чашек Петри каждого исследуемого вида культивировали в

темноте, и 5 чашек Петри – на свету при фотопериоде 16/8. Культивирование всех вариантов осуществлялось при температуре 21°С. Через 4 недели первичный каллус отделяли от остатков растительных эксплантов и переносили на свежую питательную среду идентичного состава. Второй пассаж составлял 4 недели, после которых был проведён цитологический анализ полученных каллусных культур.

Для цитологического анализа каллусную ткань *S. sempervirens* и *S. giganteum* помещали в дистиллированную воду ~ 10 г / 200 мкл, переносили на предметное стекло и выдерживали в реагенте 1–2 мин. Использовали ацеткармин для визуализации ядер и толуидиновый синий 0,02% водный раствор для изучения морфологии, определения лигнификации клеток и для окрашивания ядерных структур. Препараты исследовали под инвертированным микроскопом «БиОптик» CI-300 при увеличении ×100 (объектив ×10, окуляр ×10).

Результаты и обсуждение. Полученные каллусные культуры *S. sempervirens* и *S. giganteum* были рыхлого типа (рис. 1а, 1б, 1в, 1г). Каллусы, выращенные при свете, имели зелёную окраску, что обусловлено наличием хлорофилла и может означать начало дифференцировки клеток. Каллусные культуры, выращенные в темноте, были жёлтого цвета, что указывает на повышенные окислительные процессы или накопление каротиноидов.

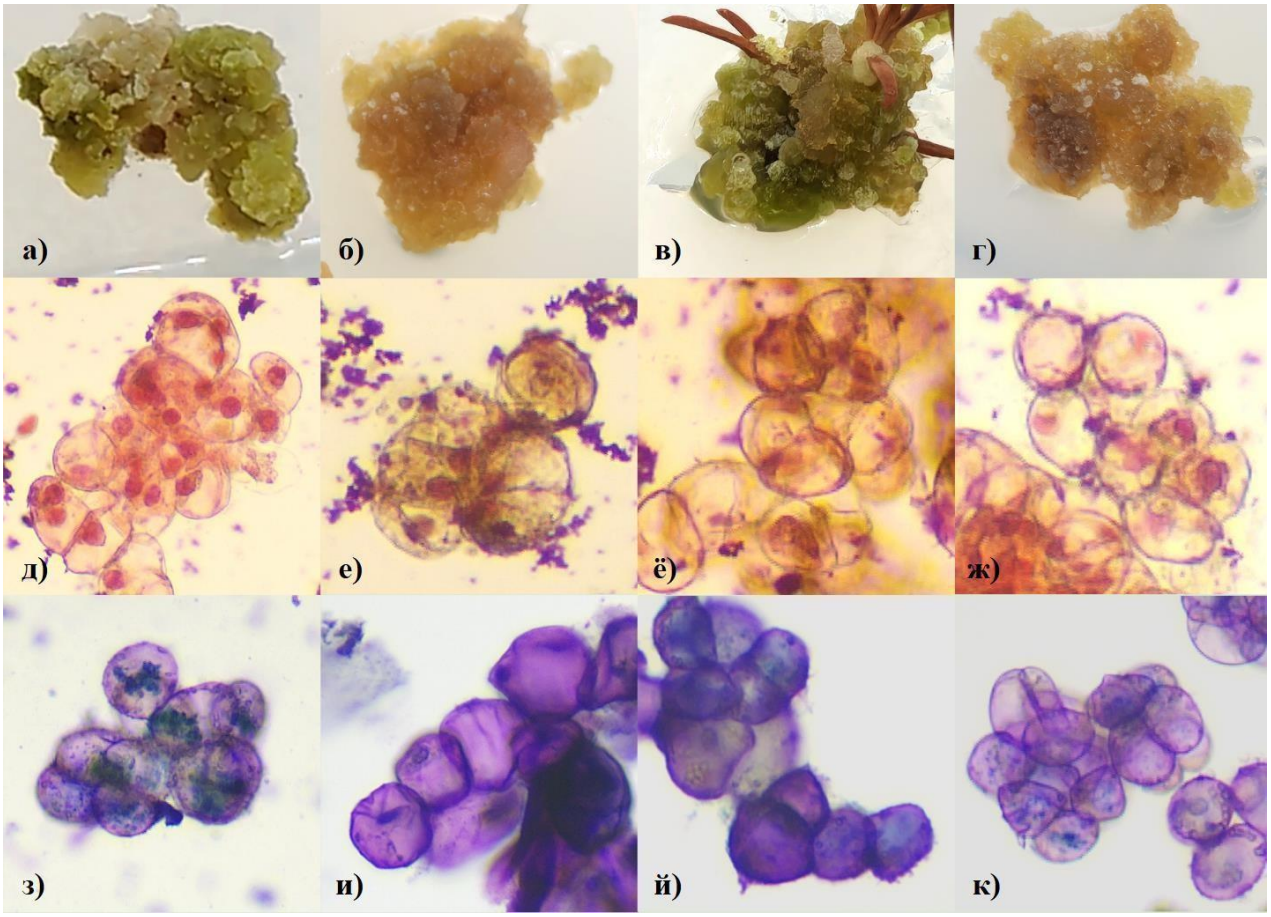


Рис. 1 Каллусные клетки *S. sempervirens*, культивируемые на свету (а, д, з) и в темноте (б, е, и) и *S. giganteum*, культивируемые на свету (в, ё, й) и в темноте (г, ж, к)
Каллусные ткани (а, б, в, г); каллусные клетки окрашенные ацетокармином (д, е, ё, ж). Увеличение ×100; каллусные клетки окрашенные толуидиновым синим (з, и, й, к). Увеличение ×100

Каллусные клетки *S. sempervirens* окрашенные ацетокармином имели чёткие границы ядер (рис. 1д, 1е), в отличие от клеток *S. giganteum* (рис. 1ё, 1ж), в каждом варианте ядра одноразмерные. Окрашивание толуидиновым синим показало наличие однородных в основном округлых клеток у всех вариантов, и также не наблюдается зелёной клеточной

стенки, что говорит об отсутствии лигнифицированных клеток даже у световых каллусов (рис. 1з, 1и, 1й, 1к).

Получение рыхлого и жизнеспособного каллуса является шагом к его клеточной суспензионной культуре и, в конечном итоге, к масштабированию для массового производства коммерчески важных вторичных метаболитов. Присутствие света могло вызывать стресс у клеток каллуса, что, вероятно, способствовало бы повышенному синтезу фенольных соединений. Культивирование клеточных линий *S. sempervirens* при 16-часовом фотопериоде оказывало отрицательное влияние на рост каллусных культур, но стимулировало образование полифенолов [3]. Тем не менее, судя по качественному анализу, каллусные клетки *Sequoia sempervirens* и *Sequoiadendron giganteum*, культивируемые в темноте, были подвержены большему окислительному стрессу и образованию полифенолов, чем растущие на свету. Однако, это необходимо подтвердить количественными анализами на содержание фенольных соединений и терпенов.

Заключение. Из наших данных следует, что клеточные культуры, полученные из микроклонов *S. sempervirens* и *S. giganteum*, после второго пассажа характеризовались рыхлой структурой и были светлых оттенков: зелёного – световые, и жёлтого – темновые. В результате цитологического исследования было установлено, что каллусы состояли из клеток однородных формы и размера. Таким образом, свет не был угнетающим фактором при культивировании каллусных тканей и *Sequoia sempervirens*, и *Sequoiadendron giganteum*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 24-76-00070 "ПОЛУЧЕНИЕ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР IN VITRO РЕЛИКТОВЫХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ГОЛОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ РОДА Sequoia И ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЕЕ МЕТАБОЛИТОВ" (ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева»).

Библиографический список

1. Halmagyi A., Surducan E., Surducan V. The effect of low-and high-power microwave irradiation on in vitro grown Sequoia plants and their recovery after cryostorage // Journal of biological physics. – 2017. – Т. 43. – №. 3. – С. 367-379.
2. Carroll A. L., Sillett S. C. Updated dendrochronology and axial variation of climatic sensitivity in Sequoiadendron giganteum // Trees. – 2024. – Т. 38. – №. 4. – С. 863-877.
3. Kirakosyan R.N., Kalasnikova E.A., Bolotina E.A., Saleh A., Balakina A.A., & Zaytseva S.M. Localization of Secondary Metabolites in Relict Gymnosperms of the Genus *Sequoia In Vivo* and in Cell Cultures *In Vitro*, and the Biological Activity of Their Extracts // Reproductive and Developmental Biology. – 2024. – Т. 14. – №. 12. – С. 1694.
4. Malhocka A., Svabova M. A chemotaxonomic analysis of terpenes variation in Metasequoia glyptostroboides and Sequoiadendron giganteum resins // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2023. – Т. 26. – №. 5. – С. 1245-1255.
5. Khan T., Abbasi B.H., Khan M.A. & Shinwari Z.K. Differential effects of thidiazuron on production of anticancer phenolic compounds in callus cultures of Fagonia indica // Applied biochemistry and biotechnology. – 2016. – Т. 179. – №. 1. – С. 46-58.
6. Zaitseva S.M., Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N. The influence of endogenous polyphenols, photoperiod and mineral composition of the nutrient medium on the formation of callus tissue of relic gymnosperms Sequoia sempervirens (D. Don) Endl // Problems of Biological Medical and Pharmaceutical Chemistry. – 2023. – Т. 26. – №. 3. – С. 46-57.

УДК 576.316

ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ НА РОСТ СУСПЕНЗИОННЫХ КЛЕТОК СЕКВОЙИ И НАКОПЛЕНИЕ ОБЩЕГО ФЕНОЛА В СРЕДЕ МС

***Цзин Лян**, аспирант, кафедра биотехнологии, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Dreawdas@163.com*

*Научный руководитель: **Зайцева Светлана Михайловна**, к.б.н, доцент, кафедра биотехнологии, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, smzaytseva@yandex.ru*

***Аннотация** В исследовании изучено влияние низкомолекулярного хитозана и сукцинилхитозана на рост и накопление фенолов в суспензионных клетках Sequoia sempervirens L. в среде МС. Низкомолекулярный хитозан достоверно стимулировал накопление биомассы и синтез фенольных соединений. Сукцинилхитозан проявлял активность только на ранних стадиях, а в конце культивирования угнетал рост и метаболизм. Полученные данные служат основой для оптимизации культуры клеток секвойи с использованием производных хитозана.*

***Ключевые слова:** Sequoia sempervirens L., суспензионные клетки, хитозан, среда MS, биомасса.*

Введение. Секвойя (*Sequoia sempervirens* L.) — ценный реликтовый хвойный вид, а суспензионные клетки являются перспективной системой для получения вторичных метаболитов [1, 2] и сохранения генетических ресурсов. Ключевыми факторами эффективности культуры клеток служат накопление биомассы и интенсивность вторичного метаболизма, которые регулируются экзогенными элиситорами [3].

Хитозан и его производные являются нетоксичными регуляторами роста и метаболизма растительных клеток [4,5]. Их активность зависит от молекулярной массы и растворимости: низкомолекулярный хитозан лучше усваивается клетками, а сукцинилирование повышает водорастворимость. Среда МС широко применяется для древесных культур и влияет на действие элиситоров [6].

Информация о влиянии низкомолекулярного и сукцинилхитозана на рост и накопление полифенолов в клетках секвойи в среде МС отсутствует. В настоящем исследовании изучена динамика свежего и сухого веса, а также накопление общего фенола при добавлении двух производных хитозана. Цель работы — выбрать эффективный элиситор и обосновать оптимизацию системы культивирования суспензионных клеток секвойи.

Материалы и методы. Экспериментальный материал: в качестве материала использовали суспензионную культуру клеток секвойи (*Sequoia sempervirens* L.), поддерживаемую путем многократного пассирования [1]. В качестве основной среды использовали по прописи МС, дополненную 2 мг/л 2,4-ДХК (2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты), 2 мг/л 6-БАП (6-бензиламинопурина) и 30 г/л сахарозы. pH среды доводили до 5,8, затем стерилизовали автоклавированием при 121 °C в течение 20 мин.[2].

Схема эксперимента:

Контроль (МС-КТ): основная среда МС без добавления хитозана и его производных;

Низкомолекулярный хитозан (МС-НМ): основная среда МС + 1 г/л низкомолекулярного хитозана;

Водорастворимый сукцинилхитозан (МС-СУ): основная среда МС + 1 г/л водорастворимого сукцинилхитозана.

Культивирование и отбор проб клеток: 10 мл суспензии клеток секвойи в логарифмической фазе роста внесли в колбу Эрленмейера объемом 250 мл, содержащую 50 мл свежей среды. Условия культивирования: температура (25 ± 1) °C, темнота, скорость вращения качалки 110 об/мин. Каждый вариант выполняли в 5 биологических повторениях.

Пробы для определения свежего и сухого веса отбирали на 1, 4, 8, 11, 15 и 18 сутки культивирования; клетки для анализа общего фенола собирали на 18 сутки.

Определение общего фенола: Содержание фенольных соединений определяли спектрофотометрически. Для построения калибровочной кривой использовали стандартный образец галловой кислоты; в качестве контроля – 96%-ный этиловый спирт. Стандартный образец разводили до концентраций 1,5; 3; 4,7; 7; 10,3; 15,5; 20; 31; 41; 62; 83; 125; 250 мкг/мл и измеряли оптическую плотность А при характерной длине волны поглощения.

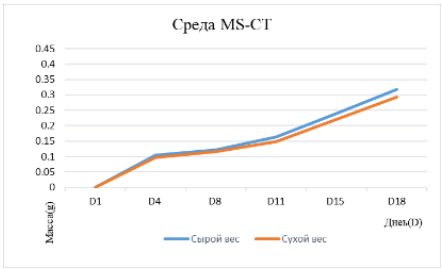
Калибровочную кривую строили в координатах: по оси Y – оптическая плотность, по оси X – концентрация стандартного образца. Получено уравнение регрессии: $y = 0{,}0033x + 0{,}00058$, $R^2 = 0{,}9982$, что свидетельствует о высокой линейной корреляции. Пробы клеток экстрагировали 96%-ным спиртом, измеряли оптическую плотность, содержания суммы растворимых фенольных соединений, которую рассчитывали по уравнению регрессии.

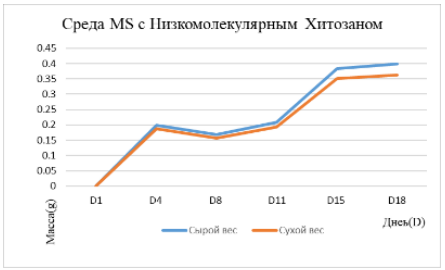
Результаты и обсуждение. На фоне контрольной группы (МС-КТ) без добавок изучали влияние низкомолекулярного хитозана и водорастворимого сукцинилхитозана на динамику роста и накопление суммы растворимых фенольных соединений в суспензионных клетках секвойи. В течение всего культивирования свежий и сухой вес клеток во всех трех вариантах постепенно увеличивались со временем (Рис. 1).

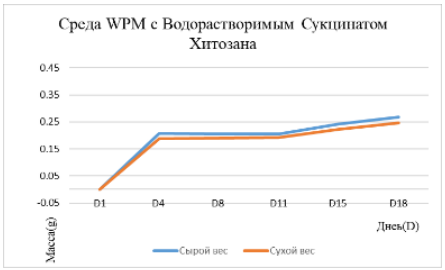
На ранней стадии (4 сутки) свежий вес в контроле составлял всего 0,044 г, сухой – 0,09709 г; в группе с низкомолекулярным хитозаном – 0,19971 г и 0,18662 г; в группе с сукцинилхитозаном – 0,20866 г и 0,18919 г. Биомасса в обеих опытных группах была достоверно выше контрольной, причем в варианте с сукцинилхитозаном начальный рост был несколько интенсивнее.

К средней стадии (11 сутки) свежий и сухой вес в контроле достигали 0,16331 г и 0,14861 г; в группе с низкомолекулярным хитозаном – 0,20836 г и 0,19375 г; в группе с сукцинилхитозаном – 0,20724 г и 0,19463 г. Рост в обеих опытных группах замедлялся, тогда как в контроле сохранялся стабильный прирост.

К поздней стадии (18 сутки) различия между вариантами стали максимально выраженными. В контроле свежий вес составлял 0,31719 г, сухой – 0,29340 г; в группе с сукцинилхитозаном наблюдалось заметное замедление роста – 0,28300 г и 0,24574 г, то есть ниже контроля; в группе с низкомолекулярным хитозаном биомасса накапливалась интенсивно: свежий вес достиг 0,39811 г, сухой – 0,36348 г, что было достоверно выше двух других вариантов.







А Б В

Рис. 1 Изменение сырого и сухого веса суспензионных клеток *Sequoia sempervirens* L. при обработке разными производными хитозана в среде МС в течении культивирования

А – Динамика изменения сырого и сухого веса клеток *Sequoia sempervirens* L. в контрольной среде МС-КТ

Б – Динамика изменения сырого и сухого веса клеток Sequoia sempervirens L. в среде с низкомолекулярным хитозаном (МС-НМ)

В – Динамика изменения сырого и сухого веса клеток Sequoia sempervirens L. в среде с сукцинилхитозаном (МС-СУ)

Данные по определению общего фенола в конце культивирования показали: в контрольной группе масса клеток – 0,87444 г, оптическая плотность – 0,131; в группе с низкомолекулярным хитозаном – 1,25228 г и 0,278 (биомасса и содержание фенола достоверно повышены); в группе с сукцинилхитозаном – 1,03984 г и всего 0,045 (ниже контроля), что указывает на ингибирующий эффект в отношении синтеза растворимых фенольных соединений.

В целом, низкомолекулярный хитозан одновременно и достоверно стимулирует рост суспензионных клеток секвойи и накопление фенольных соединений, проявляя сильный и длительный эффект. Водорастворимый сукцинилхитозан оказывает некоторое стимулирующее действие только на ранних стадиях, в поздний период эффект исчезает, а стимуляции вторичного метаболизма фенолов не наблюдается.

Заключение. Результаты настоящего исследования подтверждают, что низкомолекулярный хитозан и водорастворимый сукцинилхитозан в среде МС оказывают существенно различающееся регулирующее действие на рост и вторичный метаболизм суспензионных клеток секвойи. Низкомолекулярный хитозан, благодаря малой молекулярной массе, высокой проницаемости через клеточную стенку и эффективному усвоению, активирует сигнальные пути, связанные с клеточным делением и пролиферацией, ускоряет накопление биомассы и одновременно индуцирует активность ключевых ферментов пути синтеза фенольных соединений. В результате сырой вес, сухой вес и содержание суммы растворимых фенольных соединений достоверно превышают контрольные значения, что проявляет двойное преимущество – стимуляцию роста и вторичного метаболизма. Это делает его ценным элиситором для культивирования суспензионных клеток секвойи.

Водорастворимый сукцинилхитозан, несмотря на хорошую растворимость и быстрое начало действия на ранних стадиях, обладает низкой стабильностью при длительном жидком культивировании. Его биологическая активность постепенно снижается со временем, что не обеспечивает постоянной поддержки пролиферации и приводит к замедлению накопления биомассы в поздний период – в итоге ниже контрольного уровня. Одновременно значительно снижается оптическая плотность по полифенолам, что свидетельствует об отсутствии стимуляции и возможном ингибирующем влиянии на вторичный метаболизм. Поэтому сукцинилхитозан не подходит как долговременный элиситор для суспензионных клеток секвойи.

В контрольной группе без добавок клетки росли более медленно за счет базового питания, биомасса и содержание полифенолов находились на среднем уровне. Это дополнительно доказывает, что экзогенный хитозан существенно изменяет характер роста и метаболизма суспензионных клеток секвойи. Настоящее исследование установило, что низкомолекулярный хитозан в среде МС эффективно стимулирует пролиферацию клеток и накопление растворимых фенольных соединений, что обеспечивает экспериментальную основу для оптимизации системы культивирования и эффективного получения вторичных метаболитов секвойи. В перспективе целесообразно провести оптимизацию концентрационного градиента, условий культивирования и анализ метаболических путей для разработки более совершенной технологии промышленного использования ресурсов секвойи.

Библиографический список

1. Kirakosyan R.N., Kalasnikova E.A., Bolotina E.A., Saleh A., Balakina A.A., Zaytseva S.M. Localization of secondary metabolites in relict gymnosperms of the genus Sequoia in vivo and in cell cultures in vitro, and the biological activity of their extracts // Life. 2024. Vol.14(12). Art.1694. 21 p. https://doi.org/10.3390/life14121694

2. Зайцева С.М., Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н. Влияние эндогенных полифенолов, фотопериода и минерального состава питательной среды на формирование каллусной ткани реликтовых голосеменных растений Sequoia sempervirens (D.Don) Endl. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2023. Т.26. №3. С.46–57.

3. Зайцева С.М., Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н., Болотина Е.А., Дубовой С.А., Дидманидзе С.О., Лян Ц. Особенности получения культур in vitro реликтовых лекарственных растений с высоким содержанием биологически активных веществ (Taxus canadensis Marsh., Ginkgo biloba, Sequoia sempervirens L., Dioscorea caucasia Lypsky) // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2023. №5. С.68–77.
4. Зайцева С.М. Содержание вторичных метаболитов в ариллусе растений Taxus canadensis Marsh, определяющих его биологическую активность // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2025. Т.28. №3. С.3–9.
5. Ван Ли, Чэнь Лун, Ли Янь. Создание и оптимизация системы быстрого микроразмножения секвойи гигантской // Лесные технические сообщения. 2025. №9. С.45–49.
6. Farjaminezhad R., Garoosi G.A. Прогнозирование влияния хитозана на суспензионные культуры клеток Azadirachta indica методом поверхности ответа // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2021. Vol.146. №2. С.247–258.

УДК 633.161. 633.162

ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ СОРТООБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА

Выборных Ирина Евгеньевна, *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, i.vybornyh@rgau-msha.ru*
Вертикова Елена Александровна, *заведующая кафедрой генетики, селекции и семеноводства, профессорРГАУ-МСХА им.К.А. Тимирязева, vertikova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Проведена оценка 13 сортообразцов ячменя ярового по массе 1000 зерен и крупности зерен в рамках проведения исследвоания пивоваренных качеств. По результатам исследования сортообразцы Дина, Бином, Омский 91, Биом, Поволжский 49, Лекарь, Одесский 22 выделены по признаку «высокая масса 1000 зерен» и «крупность зерна».*

Ключевые слова: *ячмень яровой, масса 1000 зерен, крупность.*

Масса 1000 зёрен и крупность являются важными характеристиками качества ячменя. Согласно различным данным масса 1000 зерен практически не влияет на крупность зерен [2, 6], но является одним из элементов структуры урожайности. Крупность зерна обеспечивает энергию прорастания, так как более крупные зерна содержат больше эндосперма и, как следствие, обладают более высокой экстрактивностью при солодоращении [1]. Согласно ГОСТ 5060-2021 [5] крупность пивоваренного зерна должна составлять не менее 65 %.

Проведено исследование по массе 1000 зерен и крупности зерна 13 сортообразцов ячменя ярового (табл. 1). Исследуемые сортообразцы различного эколого-географического происхождения и направления использования.

Таблица 1

Исследуемые сортообразцы и их оригинаторы

Сорт	Направление использования	Год регистрации	Оригинатор
1601410	Нет регистрации		
Ача	пщ	1997	

Биом		2006	ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр институт цитологии и генетики Сибирского отделени Российской академии наук"
Дина		1990	ФГБНУ "Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого"
Одесский 22		2005	ФГБНУ "Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр"
Батик		2014	ФГБУН Самарский Федеральный исследовательский центр РАН
Поволжский 49		2022	ФГБУН Самарский Федеральный исследовательский центр РАН
Бином		2006	ФГБНУ "Уральский Федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук"
Ергенинский голозерный		2020	ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный аграрный университет"
Краснояружский 6		2016	ЗАО "Краснояружская зерновая компания"
Лекарь		2022	ФГБНУ "Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук"
Надежный	п	2017	ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"
Омский 91	пщ	2004	ФГБНУ "Омский аграрный научный центр"

Исследование проведено в 2025 г., на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Посев проведен вручную, в трехкратной повторности. Площадь делянки – 0,45 м^2.

Оценку массу 1000 зерен проводили согласно ГОСТ 12042-80 [3], крупность зерна по ГОСТ 30483-97 [4]. Оценка корреляции проводили по Пирсону (рис. 1).

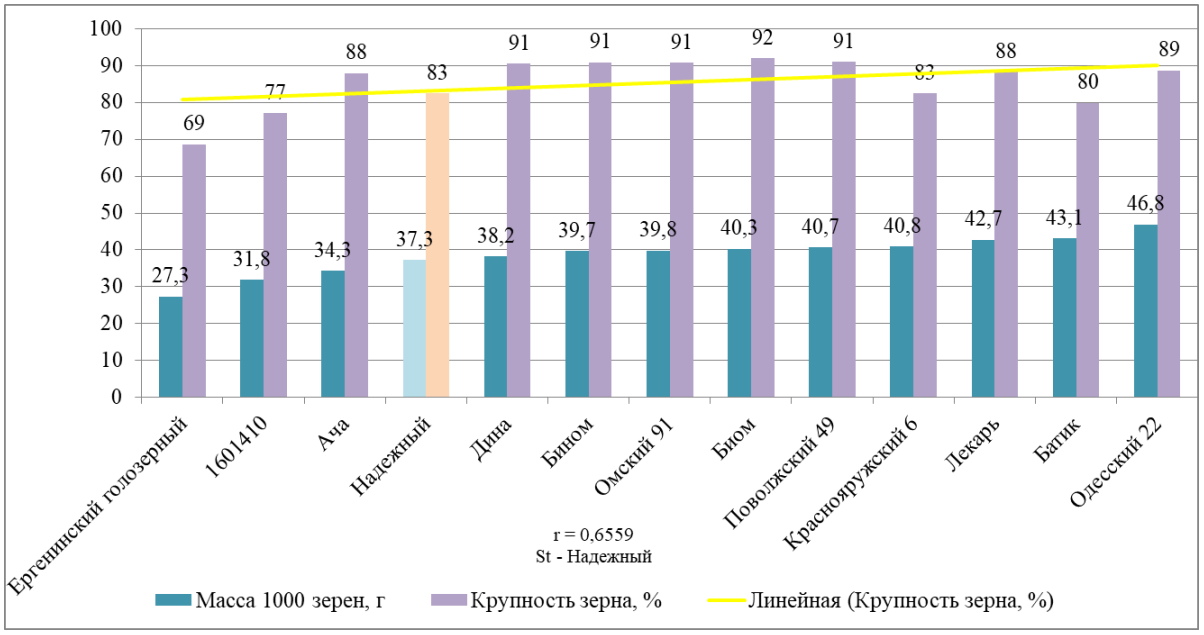


Рис. 1 Масса 1000 зерен и крупность зерен исследуемых сортообразцов ячменя ярового

В условиях Нечерноземной зоны Центрального региона массу 1000 зерен выше стандарта показали сортообразцы Дина, Бином, Омский 91, Биом, Поволжский 49, Краснояружский 6, Лекарь, Батик, Одесский 22.

Для пивоваренного ячменя 1-го класса крупность зерна должна составлять не менее 85 %. Поэтому к первому классу пивоваренного зерна можно отнести сорта Дина, Бином, Омский 91, Биом, Поволжский 49, Лекарь, Одесский 22.

Оценка корреляции между исследуемыми признаками говорит о средней положительной связи. В связи с этим отбор по массе 1000 зерен и крупности зерна может быть целесообразным.

Выводы. Сортообразцы Дина, Бином, Омский 91, Биом, Поволжский 49, Лекарь, Одесский 22 рекомендуются в качестве родительских форм как источники крупного зерна с высокой массой 1000 зерен.

Библиографический список

1. Park, J. Pilot-Scale Malting and Malt Quality of "Hopum" for Barley Brewing Classified by the Size of the Sorting Body / J. Park, H. Park, H. Kim [et al.] // Food Engineering Progress. – 2022. – Vol. 26, No. 4. – P. 311-316. – DOI 10.13050/foodengprog.2022.26.4.311.

2. Бейтуганов, И. Р. Влияние величины семян ячменя на пивоваренное качество зерна и солода / И. Р. Бейтуганов, Д. Х. Нартокова, М. Б. Хоконова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2019. – № 3(25). – С. 13-18. – EDN PCEZWH.

3. ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения массы 1000 семян. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1981-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 4 с.

4. ГОСТ 30483-97 Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1997-04-25. . – Минск: Стандартинформ, 2009. – 21 с.

5. ГОСТ 5060-2021 Ячмень пивоваренный. Технические условия. Межгосударственный стандарт. – Введ. 2021-07-14. – Москва: российский институт стандартизации, 2021. – 14 с.

6. Полонский, В. И. Повышенная стабильность образцов овса, ячменя и пшеницы по массе 1000 зерен не связана с меньшей крупностью зерна / В. И. Полонский, А. В. Сумина, С. А. Герасимов, А. А. Количенко // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2023. – Т. 184, № 2. – С. 52-65. – DOI 10.30901/2227-8834-2023-2-52-65.

УДК 57.085.23

РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ КИСЛОТНОСТИ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ MSM ДЛЯ ВТОРИЧНОГО ЭМБРИОГЕНЕЗА МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР *IN VITRO*: НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВЛИЯНИИ

Кулаков Юрий Владимирович, *младший научный сотрудник лаборатории репродуктивной биотехнологии в селекции сельскохозяйственных растений ФГБНУ ФНЦО, ФГБНУ «Федеральный Научный Центр Овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ykulakov12@yandex.ru*

Аннотация: *Отмечено, что при разных уровнях кислотности питательной среды MSm, используемой для моркови столовой, отзывчивость ко вторичному эмбриогенезу в культуре изолированных микроспор in vitro у разных сортообразцов данного вида может различаться.*

Ключевые слова: *морковь столовая, вторичные эмбриоиды.*

Технология получения удвоенных гаплоидов (или DH-линий) позволяет получить полностью гомозиготную линию гибридов F_1 или новых сортов за одно поколение в течении 2 лет для растений моркови столовой (Daucus carota L.). При этом культура изолированных микроспор *in vitro* является наиболее эффективным способом получения удвоенных гаплоидов у моркови столовой (Daucus carota L.) [1], поскольку использование таких технологий, как культура пыльников или неопыленных семяпочек в культуре in vitro требует проведение дополнительного генетического ДНК- или ИФ-анализа на гаметофитное происхождение будущих регенерантов, а также вызывает сложности при отборе бутонов, связанные с малым размером цветка у растений [2]; а культура изолированных микроспор решает эту проблему.

В процессе эмбриогенеза при культивировании очень часто на поверхности первичного эмбриоида могут образовываться вторичные, начиная с ранней глобулярной и продолжая до семядольной стадии развития [3]. При продолжительном культивировании это может негативно сказаться на генетической стабильности и на результатах при подсчете образовавшихся эмбриоидов, несмотря на увеличенный коэффициент размножения. Вторичный эмбриогенез у моркови столовой может происходить в течении 30 суток культивирования на индукционной питательной среде, в том числе и под воздействием стрессовых факторов. Из одного первичного эмбриоида за этот период культивирования может образовываться до 3000 вторичных, генетически идентичных первичному.

При этом главной проблемой у этой культуры является низкая фертильность и завязываемость семян у полученных DH-растений, в результате чего может происходить потеря ценных генотипов. Процесс получения вторичных эмбриоидов был описан ранее Shmykova et al. [4].

Кислотность регенерационной питательной среды определяет то, в какой форме находятся в среде питательные элементы. Повышенный или пониженный фон pH может спровоцировать выпадение в осадок солей некоторых макро- и микроэлементов в питательной среде, понижая таким образом доступность таких клеток к регенерации и дальнейшему делению. Также кислотность питательной среды влияет на ферментативную активность внутри растительных клеток, замедляя или ускоряя эти процессы, поскольку каждый фермент способен проявлять свою активность только при определенном уровне pH. Этот фактор влияет и на мембранный транспорт, поскольку разность электрических потенциалов за счет определенных значений pH облегчает или наоборот затрудняет проникновение питательных веществ внутрь клетки.

В более ранних исследованиях, проведенных нами, было изучено влияние кислотности регенерационной питательной среды MSm, используемой для моркови (с 2% сахарозой и 0,2 мг/л кинетина) между двумя сортообразцами (Lobbericher и №72) на выход и развитие вторичных эмбриоидов. Тогда было выявлено, что повышенная относительно контрольного значения кислотность среды (pH=6,3 по сравнению с pH=5,8) оказывает положительное влияние на регенеративные способности у правильно сформировавшихся эмбриоидов и выход вторичных эмбриоидов у сортообразца №72, тогда как фактор кислотности среды не оказал значительного влияния на процесс вторичного эмбриогенеза моркови столовой при использовании пониженной относительно контроля кислотности среды и при использовании контрольного значения в том числе. Кроме того, фактор кислотности среды не оказал влияния и на процесс вторичного эмбриогенеза моркови столовой у сортообразца Lobbericher, поскольку несмотря на большой выход вторичных эмбриоидов, они оставалиись витрифицированными и не могли в дальнейшем развиваться по стандартному пути прямого эмбриогенеза и использоваться для будущих селекционных задач.

Таблица 1

Выход вторичных эмбриоидов *Daucus carota* L. у сортообразцов Lobbericher и №72 (в шт.)

Сортообразцы	Уровень pH среды для сортообразцов Lobbericher и №72

	5,3	5,8 (контроль)	6,3
Lobbericher	138±45,1[a]	204,17±63,19[a]	293,83±171,22[a]
№72	2,17±1,92[bc]	2,0 ±1,34[b]	27,17±18,34[a]

В 2025 году было решено повторить данный эксперимент с использованием большего числа сортообразцов для данного эксперимента и изменить диапазон используемых питательных сред в сторону более повышенного относительно контроля значения pH, поскольку предыдущие результаты показали успешность использования этой технологии. Также исследования по другим с/х культурам показали, что повышение pH относительно контрольных значений из ранее опубликованных протоколов благоприятно сказывалось на выход эмбриоидов. Эти данные характерны, например, для индукции эмбриогенеза на капустных культурах [5], однако регенерационная способность при повышенных значениях pH ранее не тестировалась. Для проведения этого эксперимента были использованы первичные эмбриоиды сортообразца 386-2, которые на тот момент находились на необходимой для нас глобулярной стадии развития. Они помещались на питательные среды MSm с 4 значениями кислотности среды: 5,5; 5,8; 6,1; 6,4 и культивировались в течение 28 суток – срока снижения регенерационной способности питательной среды (Рис. 1.). Каждый из эмбриоидов представляет собой индивидуальный генотип.

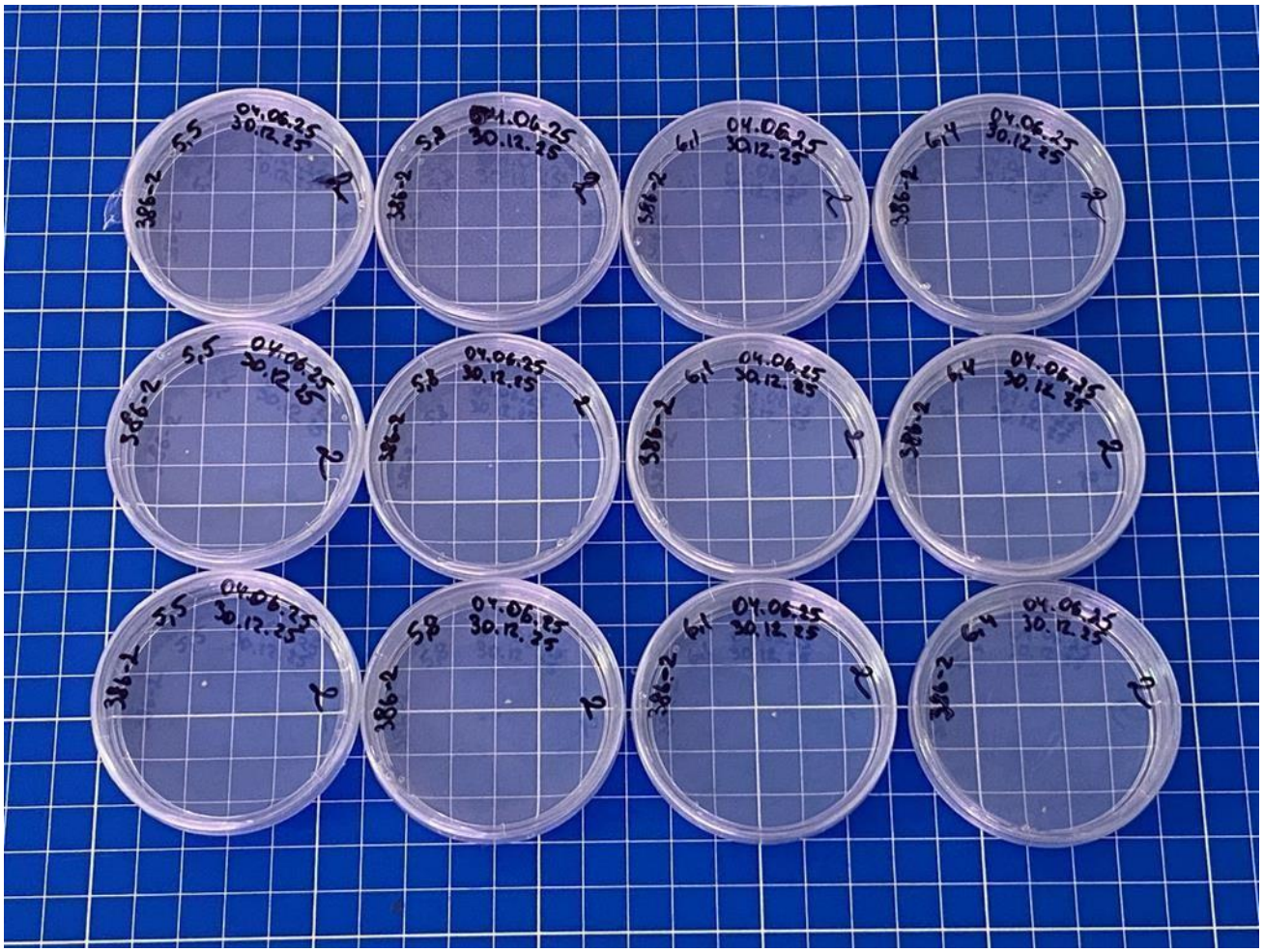


Рис. 1. Схема эксперимента

Точное число вторичных эмбриоидов определяли при помощи программы ScopePhoto, позволяющая визуально с помощью увеличения отмечать эмбриоиды, полученные при

культивировании в чашках Петри. Эксперимент проводили в трехкратной повторности с использованием однофакторного дисперсионного анализа.

По результатам этих исследований нами было отмечено, что выход вторичных эмбриоидов значительно увеличивался при использовании контрольного значения кислотности питательной среды (pH=5,8) у испытываемого сортообразца (таблица 2), тогда как число вторичных эмбриоидов, полученных на питательных средах с другими значениями кислотности, не было существенно значимым.

Таблица 2

Выход вторичных эмбриоидов *Daucus carota* L. у сортообразца №386-2 (в шт.) спустя 28 суток с момента начала культивирования

Уровень pH среды для сортообразца 386-2			
5,5	5,8 (контроль)	6,1	6,4
$19,78 \pm 16,5^{b}$	$93,33 \pm 37,7^{a}$	$6,11 \pm 3,85^{b}$	$4,44 \pm 4,03^{b}$

Однако это означает, что на таких питательных средах данный процесс легче контролировать, поскольку при большом количестве вторичных эмбриоидов они гораздо сильнее могут витрифицироваться и образовывать аномальные структуры, не способные к дальнейшему процессу эмбриогенеза. Из таких эмбриоидов в дальнейшем будет невозможно получить DH-линии, необходимые для дальнейшего селекционного процесса, что может накладывать определенные ограничения, преодоление которых в дальнейшем поможет повысить эффективность использования технологии получения удвоенных гаплоидов.

Библиографический список

1. Seguí-Simarro J.M. et al. Species with haploid or doubled haploid protocols / General Topics, Alliaceae, Cereals. — Methods in Molecular Biology. — 2021. — Vol. 2287 (1), pp. 41–103.

2. Домблидес Е.А., Белов С.Н., Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф. Получение удвоенных гаплоидов огурца (Cucumis sativus L.) / Овощи России. — 2019. — №5, с. 3–14.

3. Кулаков, Ю. В. Влияние кислотности среды MSM на процесс вторичного эмбриогенеза моркови столовой в культуре изолированных микроспор in vitro / Ю. В. Кулаков // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2025. – С. 511–514.

4. Shmykova N. et al. Haploid embryogenesis in isolated microspore culture of carrots (Daucus carota L.) / Life. — 2021. — Vol. 11, No. 1, p. 20.

5. Минейкина, А. И. Создание исходного материала капусты белокочанной с использованием современных методов селекции: специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Минейкина Анна Игоревна; Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства». – Москва, 2018. – 118 с. – Библиогр.: с. 88–105. – Текст: непосредственный.

УДК 631.527

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ ЗЕРНОВОГО СОРГО *(SORGHUM BICOLOR)*

Иброгимов Рустам Фирдавсович, *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева,* bacchus_geschenke@mail.ru

Аннотация: В данной статье представлен обзор трех классических методов выделения ДНК из растительной ткани: SDS-метод, CTAB-метод и фенол-хлороформная экстракция, с акцентом на их применение для сорго.

Ключевые слова: Сорго, выделение ДНК, CTAB-метод, SDS-метод, фенол-хлороформный метод, полисахариды, полифенолы, молекулярно-генетический анализ

Сорго *(Sorghum bicolor (L.) Moench)* — ценное сельскохозяйственное растение, возделываемое более чем в 85 странах мира в качестве кормовой, пищевой и технической культуры. Сорго обладает рядом ценных биологических свойств: высокой фотосинтетической активностью, устойчивостью к засухе и выносливостью к засолению почв, хорошей экологической пластичностью. В Российской Федерации сорго возделывается на кормовые цели, а также для пищевого (получение муки, крупы, крахмала) и технического (биоэтанол и возобновляемые источники энергии) использования [1]. Высокое качество выделенной ДНК является критическим фактором успеха в молекулярной биологии, генетике и биотехнологии растений. Для сорго задача получения чистого препарата ДНК сопряжена со специфическими трудностями. Клетки этой культуры накапливают значительные количества полисахаридов и полифенолов, которые осаждаются с ДНК, образуют гелеобразные экстракты и ингибируют ПЦР [2].

Успех любого молекулярно-генетического анализа на 90% зависит от качества исходного материала — выделенной ДНК. Для сорго задача получения чистой ДНК нетривиальна. Клетки этой культуры запасают большое количество углеводов и фенольных соединений. Полисахариды делают раствор вязким и ингибируют активность ферментов рестриктаз и полимераз, а полифенолы окисляются, приводя к деградации нуклеиновых кислот и неспецифическому связыванию. Таким образом, протокол выделения должен решать две главные задачи: эффективно лизировать прочные клеточные стенки и качественно удалять примеси вторичных метаболитов [3].

Додецилсульфат натрия (SDS) — один из наиболее распространенных детергентов, используемых в молекулярной биологии для выделения нуклеиновых кислот. SDS-метод относится к классическим подходам экстракции ДНК из растительных тканей и характеризуется простотой, быстротой и экономичностью [3].

SDS-метод выделения ДНК основан на использовании додецилсульфата натрия — сильного анионного детергента, который эффективно разрушает клеточные и ядерные мембраны, денатурирует белки и связывается с ними. Процедура начинается с инкубации измельченной растительной ткани в горячем буфере, содержащем SDS, при температуре 55–65 °C. На этом этапе происходит лизис клеток и высвобождение нуклеиновых кислот. Затем к лизату добавляют соль, чаще всего ацетат калия, и охлаждают смесь, в результате чего комплексы SDS-белок вместе с другими нерастворимыми компонентами выпадают в осадок. После центрифугирования ДНК остается в надосадочной жидкости. Для дальнейшей очистки от остаточных белков нередко применяют экстракцию смесью фенола и хлороформа, а финальное осаждение ДНК проводят изопропанолом или этанолом [3].

Среди основных преимуществ SDS-метода можно выделить высокий выход ДНК, особенно из растительных тканей, богатых ингибирующими веществами, а также способность обеспечивать доступ к большему биоразнообразию микробных сообществ. Метод отличается низкой стоимостью реагентов и относительно простой процедурой, что делает его доступным для многих лабораторий. Кроме того, он давно используется как стандартизированный классический протокол, что облегчает сопоставление результатов между разными исследованиями. Однако у метода есть и недостатки. Качество получаемой ДНК по чистоте часто уступает коммерческим наборам, что иногда требует дополнительных этапов очистки, а результаты и качество выделенной ДНК могут варьироваться от эксперимента к эксперименту, указывая на худшую воспроизводимость. Конечный продукт может содержать примеси полисахаридов, а необходимость использования токсичных органических растворителей, таких как фенол и хлороформ, требует особой осторожности при работе [5].

Фенол-хлороформный метод, также известный как метод органической экстракции, является классическим способом выделения ДНК, основанным на разделении макромолекул в двухфазной системе растворителей. На первом этапе проводится лизис клеток с помощью SDS или протеиназы K, которые разрушают клеточные и ядерные мембраны и высвобождают ДНК вместе с белками и липидами в раствор. Затем добавляется смесь фенола, хлороформа и изоамилового спирта. Фенол денатурирует белки, заставляя их сворачиваться и терять растворимость, хлороформ усиливает разделение фаз благодаря своей высокой плотности. После центрифугирования смесь разделяется на три слоя: верхнюю водную фазу, содержащую ДНК, нижнюю органическую фазу с липидами и прослойку из денатурированных белков на границе разделения фаз. ДНК из водной фазы затем осаждают холодным этанолом [2].

Главным преимуществом метода является исключительно высокая чистота получаемой ДНК, полностью свободной от белков, что делает ее пригодной для самых чувствительных применений, включая ПЦР, Саузерн-блоттинг и секвенирование. Метод имеет низкую стоимость реагентов и очень широкую применимость к разным типам образцов. Однако недостатки весьма существенны. Процедура довольно трудоемкая, требует аккуратности при отборе водной фазы и плохо поддается автоматизации. Главный минус — высокая токсичность фенола и хлороформа, которые являются едкими и канцерогенными веществами, что требует обязательной работы в вытяжном шкафу и строгого соблюдения мер безопасности [3].

CTAB-метод (цетилтриметиламмоний бромид) — это классический и наиболее широко используемый метод для выделения геномной ДНК из растений, особенно тех, которые богаты полифенолами и полисахаридами, как сорго. Принцип метода основан на уникальных свойствах катионного детергента CTAB. На первом этапе растительную ткань измельчают и инкубируют в горячем (60–65 °C) экстракционном буфере, содержащем CTAB, высокую концентрацию соли (NaCl), Tris, EDTA и восстановители, такие как *β*-меркаптоэтанол. CTAB разрушает клеточные мембраны и образует комплексы с нуклеиновыми кислотами. При высокой ионной силе раствора эти комплексы CTAB-ДНК остаются растворимыми, в то время как большую часть полисахаридов удается отделить. После экстракции хлороформом для удаления белков к водной фазе добавляют буфер с низкой концентрацией соли, что приводит к избирательному осаждению комплекса CTAB-ДНК, оставляя оставшиеся полисахариды и другие примеси в растворе. Осадок затем промывают и растворяют в высокосолевом буфере, после чего ДНК очищают либо дополнительной органической экстракцией, либо с помощью магнитных частиц и осаждают спиртом [4].

Главными преимуществами CTAB-метода являются его способность давать ДНК очень высокой чистоты, эффективно удаляя мешающие соединения, а также гибкость протокола, который может быть адаптирован как для низкой, так и для высокой производительности [5]. В таблице 1 наглядно показаны различия между методами.

Таблица 1

Сравнительная таблица методов выделения ДНК

Характеристика	**Метод SDS**	**Фенол-хлороформный**	**CTAB-метод (для сравнения)**
Чистота ДНК	Низкая	Высокая (по белкам)	Высокая (по фенолам и полисахаридам)
Токсичность	Низкая	Высокая	Умеренная (используется хлороформ)
Сложность и время	Низкая	Высокая	Средняя/Высокая

Проведённый сравнительный анализ показал, что SDS-метод обеспечивает высокий выход ДНК и сохранность бактериального разнообразия при метагеномных исследованиях, отличается простотой и скоростью, но уступает по чистоте препарата. CTAB-метод является стандартным методом для сорго, благодаря эффективному удалению полисахаридов и полифенолов, что делает его оптимальным для маркер-ориентированной селекции и генотипирования. Фенол-хлороформный метод даёт наиболее чистую ДНК, пригодную для высокочувствительных анализов (секвенирование, Саузерн-блоттинг), однако характеризуется высокой токсичностью, трудоёмкостью и риском фрагментации ДНК.

Таким образом, выбор метода выделения ДНК из сорго определяется конкретной задачей: для рутинной ПЦР и селекции предпочтителен CTAB-метод, для экспресс-скрининга и метагеномики — SDS-метод, для высокочувствительных исследований — фенол-хлороформный метод.

Библиографический список

1. Вертикова Е. А., Жужукин В. И., Куколева С. С. Изучение исходного материала для селекции суданской травы в условиях Нижнего Поволжья //Аграрный научный журнал. – 2017. – №. 12. – С. 10-13.
2. Вертикова Е. А., Морозов Е. В., Ермолаева Г. И. Селекция зернового сорго на скороспелость и урожайность биомассы в условиях Нижнего Поволжья //Вавиловские чтения. – 2015. – С. 101-103.
3. Вертикова Е. А., Морозов Е. В., Ермолаева Г. И. Оценка исходного материала для создания высокопродуктивных сортов зернового сорго //Аграрный научный журнал. – 2016. – №. 11. – С. 12-17.
4. Цветова М. И., Эльконин Л. А., Фадеева И. Ю. ПОЛУЧЕНИЕ АПОМИКТИЧНЫХ И ГИБРИДНЫХ РАСТЕНИЙ В ДИПЛОИДНО-ТЕТРАПЛОИДНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ У СОРГО //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №. 12-1. – С. 128-131.
5. Эльконин Л. А. и др. Трансгенное сорго с улучшенной перевариваемостью запасных белков, полученное путем агробактериальной трансформации //Физиология растений. – 2016. – Т. 63. – №. 5. – С. 721-734.
6. Ahmed R. I. et al. Progress in optimization of Agrobacterium-mediated transformation in sorghum (Sorghum bicolor) //International journal of molecular sciences. – 2018. – Т. 19. – №. 10. – С. 2983.
7. Maropola M. K. A., Ramond J. B., Trindade M. Impact of metagenomic DNA extraction procedures on the identifiable endophytic bacterial diversity in Sorghum bicolor (L. Moench) //Journal of Microbiological Methods. – 2015. – Т. 112. – С. 104-117.

УДК 633.31

СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В КОЛЛЕКЦИОННОМ ПИТОМНИКЕ

Овсянников Вячеслав Владиславович, *аспирант, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, v.ovsiannikov@rgau-msha.ru*

Вертикова Елена Александровна, *д.с.-х.н., профессор кафедры генетики, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vertikova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Представлены результаты оценки урожайности и пораженности мучнистой росой и бурой ржавчиной сортообразцов яровой пшеницы в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны России за вегетационный период 2025 года. Установили классификацию изучаемого материала по степени выраженности антоциановой окраски ушек. Максимальная урожайность в 2025 году выявлена у сорта КВС Аквилон (3,37 т/га).*

Ключевые слова: *сортообразцы, яровая пшеница, урожайность, плотность колоса, пораженность, мучнистая роса, бурая ржавчина, отличимость, однородность.*

Введение. Урожайность яровой пшеницы снижается из-за поражения мучнистой росой и бурой ржавчиной**.** Эти болезни влияют на структуру урожая: уменьшают количество зёрен в колосе, их массу, снижают натура и хлебопекарные свойства зерна [2].

Для селекции яровой мягкой пшеницы важно использовать исходный материал, который характеризуется сочетанием важных хозяйственно-ценных признаков. Изучение сортов и рекомендации по их использованию в селекционных программах представляется весьма актуальным.

Мучнистая роса пшеницы – грибковое заболевание, вызываемое патогенном Blumeria graminis. Гриб – облигатный паразит, то есть может развиваться только на живых тканях растений. Распространена во всех районах возделывания пшеницы, но наиболее вредоносна на Северном Кавказе, в Центральном Черноземном и Волго-Вятском регионах. Особенно опасна в условиях умеренного климата с высокой влажностью и температурой в диапазоне 15-22°С [3]. Листья желтеют и преждевременно отмирают, что снижает количество питательных веществ, поступающих в колосья. Это приводит к уменьшению массы зерна и его качества (снижение содержания белка).

Бурая ржавчина пшеницы (бурая листовая ржавчина) – грибное заболевание, характерное для злаковых растений, в частности пшеницы. Возбудитель – двудомный гриб Puccinia recondita. Уменьшается урожайность зерна, ухудшается его качество, снижается всхожесть семян. При сильном развитии болезни потери урожая могут достигать 25-30%.

Цель: провести сравнительную оценку сортообразцов яровой мягкой пшеницы по комплексу признаков.

Материалы и методы: Полевые исследования проведены в 2025 году на Полевой станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Общее число образцов в опыте 13: Челяба ранняя, Гранни, Тризо, Marquillo, Laval 19, Ясмунд, Бисерть, Гаренда, КВС Широкко, КВС Аквилон, Корнетто, Пексесо, Ликамеро. В качестве стандарта использовали сорт Челяба ранняя. Сорт получен в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» путём индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания Челяба 2 х АНК-104. Данный сорт обладает устойчивостью к полеганию, устойчивостью к засухе. Также можно отметить хорошую вымолачиваемость зерна. Следует отметить высокую степень устойчивости к бурой, стеблевой, желтой ржавчине; пыльной, твердой головне, мучнистой росе [1].

Сравнительную оценку сортообразцов мягкой яровой пшеницы проводили по методике Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений. Учет урожая осуществляли после его подсушки на напольной сушилке путем взвешивания зерна с каждой делянки. Влажность зерна измеряли влагомером Wile 65.

Определение пораженности проводилось методом визуального осмотра растений на делянках и определения процента пораженности в зависимости от количества пораженных растений.

Антоциановую окраска ушек флагового листа, проводили визуальным осмотром растений на делянке с последующим присваиванием индекса, соответствующего проявлению признака. Периоды оценки приведены в соответствии с десятичным кодом Zadoks для стадий развития зерновых культур [4].

Результаты и их обсуждение: Важным этапом при анализе сортообразцов является анализ пораженности растений основными листовыми болезнями.

По результатам оценки на пораженность было установлено, что у сортов яровой мягкой пшеницы Marquillo, Laval 19, Бисерть, КВС Широкко, КВС Аквилон и Пексесо отмечена слабая поражаемость мучнистой росой, которая составила 25% (таблица 1).

Таблица 1

Оценка пораженности сортообразцов яровой пшеницы мучнистой росой и бурой ржавчиной, 2025 г.

№ п/п	Название образца	Пораженность мучнистой росой, %	Пораженность бурой ржавчиной, %
1	Челяба рання, **st.**	0	25
2	Гранни	0	75
3	Тризо	0	50
4	Marquillo	25	50
5	Laval 19	25	75
6	Ясмунд	0	50
7	Бисерть	25	50
8	Гаренда	0	25
9	КВС Широкко	25	100
10	КВС Аквилон	25	100
11	Корнетто	0	75
12	Пексесо	25	0
13	Ликамеро	0	100

Остальные образцы мучнистой росой не поразились. Пораженность сортообразца Пексесо бурой ржавчиной отсутствовала, очень сильная пораженность была отмечена у сортов КВС Широкко, КВС Аквилон и Лакемро, сильное поражение было отмечено у сортов Гранни, Laval 19 и Корнетто на уровне 75%, у остальных образцов средняя пораженность бурой ржавчиной изменялась в пределах 25-50%.

По степени выраженности антоциановой окраски ушек за два года выявили образцы со стабильным проявлением данного признака (рисунок 1).

1 3 5 7 9

Рисунок 1 - Градации признака «антоциановая окраска ушек флагового листа»: 1 – отсутствует или очень слабая, индекс 1 (Гречанка), 2 – слабая, индекс 3 (Ирень 2), 3 – средняя, индекс 5 (Бисерть), 4 – сильная, индекс 7 (Сударыня), 5 – очень сильная, индекс 9 (Злата)

Установили, что наиболее сильно выраженной антоциановой окраской ушек флагового листа характеризовался сорт Злата, значение признака у которого соответствовало индексу 9.

Урожайность сорта Челяба ранняя составила 1,41 т/га. Сорта яровой мягкой пшеницы Гранни, Тризо, Laval 19, Ясмунд и КВС Широкко имели значение признака статистически достоверно на уровне сорта-стандарта Челяба ранняя (таблица 2).

Таблица 2

Урожайность зерна сортов яровой мягкой пшеницы, 2025 г., т/га ($НСР_{05}$=1,103)

№ п/п	Сортообразец	Урожайность, т/га
1	Челяба рання, **st.**	1,41
2	Гранни	1,98
3	Тризо	1,90
4	Marquillo	1,19
5	Laval 19	2,21
6	Ясмунд	1,45
7	Бисерть	2,70
8	Гаренда	3,24
9	КВС Широкко	1,86
10	КВС Аквилон	3,37
11	Корнетто	3,25
12	Пексесо	3,28
13	Ликамеро	2,94

Остальные сортообразцы статистически значимо превысили сорт-стандарт в среднем на 21,9 %, за исключением сорта Marquilo, который был ниже стандарта.

***Заключение*:** в результате научных исследований выявили перспективные сортообразцы, которые возможно использовать в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к мучнистой росе и бурой ржавчине. Для создания высокоурожайных сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации рекомендовано использовать сорта: Гаренда, КВС Аквилон, Корнетто и Пексесо.

Сорта яровой пшеницы Челяба ранняя, Баженка, Гречанка и КВС Торридон рекомендованы как сорта-кандидаты в эталоны по признакам «антоциановая окраска ушек флагового листа» на отличимость, однородность, стабильность (ООС).

Работа выполнена в рамках Государственного задания по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (№125082209757-4).

Библиографический список

1. Госсорткомиссия (описание сорта яровой пшеницы Челяба ранняя): сайт URL: https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/chelyaba-rannyaya-pshenitsa-myagkaya-yarovaya/?ysclid=mi22qp5y6o212192107

2. Колесникова, Ю.Р. Влияние агроэкологических факторов на продуктивность яровой мягкой пшеницы и развитие возбудителей болезней в условиях Северо-Запада РФ, автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Колесникова Юлия Рудольфовна. – СПб., 2012 – 189 с.

3. Мучнистая роса зерновых культур: сайт URL: https://zhoozhavil.ru/enciklopediya/obzornye-stati/bolezni/muchnistaya-rosa/muchnistaya-rosa-zernovyh-kultur/].

4. Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, C. F., 1974: A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14: pp. 415 to 421

УДК 631.523.11

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЦР-МАРКЕРОВ ГЕНОВ-КАНДИДАТОВ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM L.*) К ПАСМО (*SEPTORIA LINICOLA*)

Симагина Анастасия Сергеевна, *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, klepikova.anastasi@yandex.ru*
Вертикова Елена Александровна*, заведующая кафедрой генетики, селекции и семеноводства, профессор РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, vertikovaea@yandex.ru*

Аннотация: Пасмо льна, вызываемое грибом *Septoria linicola*, является одним из наиболее вредоносных заболеваний в регионах льноводства. Создание устойчивых сортов требует эффективных молекулярных маркеров для ускоренной селекции. В работе представлена характеристика ПЦР-маркеров, разработанных на основе генов-кандидатов устойчивости льна: *Lus10021999, Lus10031043, Lus10020016, Lus10039958, Lus10029802*. Для каждого маркера приведены нуклеотидные последовательности праймеров, предсказанные размеры ампликонов, оптимальные температуры отжига, а также предполагаемая функциональная принадлежность соответствующих генов (NBS-LRR, рецептор-подобные киназы, PR-белки и др.). Маркеры могут быть использованы для генотипирования сортов льна, идентификации аллелей устойчивости и отбора перспективных генотипов в селекционных программах.

Ключевые слова: лен, *Linum usitatissimum*, пасмо, септориоз, *Septoria linicola*, гены устойчивости, селекция, гены-кандидаты, MAS-селекция, ПЦР анализ

Введение. Пасмо льна (*Septoria linicola* (Speg.) Garassini) - опасное грибное заболевание, поражающее все надземные органы растения. Потери урожая волокна и семян в годы эпифитотий могут достигать 30–50% [1, 2]. Основной мерой борьбы является возделывание устойчивых сортов, однако традиционная селекция на устойчивость затруднена полигенным контролем признака, трудоёмкостью полевых инфекционных фонов и высокой изменчивостью патогена.

Молекулярные маркеры позволяют проводить генотипирование селекционного материала на ранних этапах, независимо от погодных условий и наличия инфекционного фона [3]. Для льна разработаны маркеры на устойчивость к ржавчине (*Melampsora lini*), фузариозу (*Fusarium oxysporum*) [4, 5], однако маркеры устойчивости к пасмо практически отсутствуют.

Геном льна (*Linum usitatissimum*, 2n=30, геном ~370 Мб) секвенирован и аннотирован [6]. В нём идентифицированы многочисленные гены-кандидаты устойчивости, включая NBS-LRR резистенсы, рецептор-подобные киназы (RLK), патогенез-связанные белки (PR), транскрипционные факторы WRKY [7]. Однако их связь с устойчивостью к *Septoria linicola* остаётся малоизученной.

Цель настоящей работы - разработка и характеристика панели ПЦР-маркеров на основе генов-кандидатов устойчивости льна к пасмо для последующего использования в селекции.

Материалы и методы. Отбор генов-кандидатов осуществляли на основе:

Литературных данных о генах устойчивости льна к биотическим стрессам.

Сравнительного анализа транскриптомов льна в ответ на грибную инфекцию (доступные базы данных).

Аннотации генома льна.

Для дальнейшего анализа были отобраны 5 генов-кандидатов, предположительно вовлечённых в защитные реакции против *Septoria linicola*.

Результаты. В результате работы разработана панель из 5 ПЦР-маркеров, фланкирующих участки генов-кандидатов устойчивости льна к пасмо. Полные последовательности праймеров, их характеристики и предполагаемые функции соответствующих генов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика разработанных ПЦР-маркеров генов устойчивости льна

№	Маркер	Направление	Последовательность праймера (5'→3')	Предсказанный размер, п.н.	Предполагаемая функция гена
1	Lus10021999	F	TGT CAC CCA ATA GAA GAC CA	~280	NBS-LRR белок (резистенс-подобный)
		R	GCC AGT ATT GCT CAA GAG AG		
2	Lus10031043	F	TTT TGT TTA TTC AAA GAT GG	~320	Сигнальный белок/кинуказа
		R	CAT TTC ACT TTT GAT ACA CG		
3	Lus10020016	F	GGC GTT TAT GAG TCG GTC GG	~250	Трансмембранный белок-рецептор
		R	CAC TAC CGT GTT AGT CTT CT		
4	Lus10039958	F	AGG GAT CCT GTC AAG AAT TT	~200	Транскрипционный фактор (WRKY/ERF)
		R	AAA TGA CAC GGC GAC GAT CC		
5	Lus10029802	F	GTA ACG AGC GTT AGC GAG GC	~400	Оксидоредуктаза / пероксидаза
		R	TCC AGC TCC AGC TCC TTC TC		

Lus10021999 принадлежит к суперсемейству NBS-LRR - классических генов устойчивости R-типа. Гомологичные гены у льна (*L6, M, P*) обеспечивают вертикальную устойчивость к ржавчине [8]. Предположительно, *Lus10021999* может участвовать в распознавании эффекторов *Septoria linicola*.

Lus10029802 кодирует пероксидазу - фермент, участвующий в сшивке лигнина и нейтрализации активных форм кислорода. При пасмо наблюдается локальное отмирание тканей, и эффективная антиоксидантная защита может способствовать ограничению патогена.

Остальные маркеры (*Lus10031043, Lus10020016, Lus10039958*) представляют интерес как потенциальные компоненты регуляторных сетей иммунитета (сигнальные белки, транскрипционные факторы, стресс-шапероны).

На основе теоретического анализа для каждого маркера разработан протокол амплификации (таблица 2).

Таблица 2

Рекомендованный протокол ПЦР для всех маркеров

Маркер	Этап	Температура	Время	Количество циклов
Lus10021999	Начальная денатурация	95°C	7 мин	1
	Денатурация	95°C	15 с	40
	Отжиг праймеров	58 - 60°C	30 с	40
	Элонгация	72°C	1 мин	40
	Финальная элонгация	72°C	10 мин	-
	Хранение	4°C	∞	-
Lus10031043	Начальная денатурация	95°C	7 мин	1
	Денатурация	95°C	15 с	40
	Отжиг праймеров	54 - 60°C	30 с	40
	Элонгация	72°C	1 мин	40
	Финальная элонгация	72°C	10 мин	-
	Хранение	4°C	∞	-
Lus10020016	Начальная денатурация	95°C	7 мин	1
	Денатурация	95°C	15 с	40
	Отжиг праймеров	58 - 64°C	30 с	40
	Элонгация	72°C	1 мин	40
	Финальная элонгация	72°C	10 мин	-
	Хранение	4°C	∞	-
Lus10039958	Начальная денатурация	95°C	7 мин	1
	Денатурация	95°C	15 с	40
	Отжиг праймеров	56 - 62°C	30 с	40
	Элонгация	72°C	1 мин	40
	Финальная элонгация	72°C	10 мин	-
	Хранение	4°C	∞	-
Lus10029802	Начальная денатурация	95°C	7 мин	1
	Денатурация	95°C	15 с	40
	Отжиг праймеров	64°C	30 с	40
	Элонгация	72°C	1 мин	40
	Финальная элонгация	72°C	10 мин	-
	Хранение	4°C	∞	-

Разработанная панель из 5 маркеров покрывает различные уровни защитного ответа растений: распознавание патогена RLK (*Lus10021999*, Lus10020016), передача сигнала (*Lus10031043, Lus10039958*), эффекторные механизмы (Lus10029802). Такой комплексный подход повышает вероятность обнаружения маркеров, ассоциированных с устойчивостью, особенно если признак контролируется несколькими генами.

Планируется провести ПЦР-генотипирование биоресурсной коллекции сортов льна кафедры генетики, селекции и семеноводства для установления корреляции между наличием или отсутствием ампликонов и полевой устойчивостью.

Выводы.

1. Разработана и охарактеризована панель из 5 ПЦР-маркеров на основе генов-кандидатов устойчивости льна к пасмо.
2. Для каждого маркера определены нуклеотидные последовательности праймеров, рассчитаны температуры отжига и предсказаны размеры ампликонов.

Библиографический список

1. Дунченко И. П., Щуковская А. Г., Дунченко Г. Н. Заболевание пасмо льна: Биологический метод идентификации Septoria linicola // Фитосанитария. Карантин растений. 2022. № 2 (10). С. 25–38.
2. Кудрявцева Л. П., Рожмина Т. А. Генотипы льна с горизонтальной устойчивостью к пасмо (Septoria linicola) // Аграрная наука. 2023. Т. 370, № 5. С. 79–80.
3. Симагина А. С., Вертикова Е. А., Симагин А. Д., Барнашова Е. К. Гены, ассоциированные с устойчивостью льна к грибным болезням // Тимирязевский биологический журнал. 2025. № 2. С. 202532301. doi: 10.26897/2949-4710-2025-3-2-3-01. EDN: BQAXBD.
4. Chen S., Yuan H., Yang X., Chen L., Chen J., Liu Y., Wu L., Hu Y., Huang W., Yao Y., Wu J., Kang Q., Song X., Jiang W., Sheng W., Wu G. Identification and Analysis of Flax Resistance Genes to Septoria linicola (Speg.) Garassini // Journal of Natural Fibers. 2023. Vol. 20, No. 1. P. 2163331. doi: 10.1080/15440478.2022.2163331.
5. Ущаповский И. В., Лемеш В. А., Богданова М. В., Гузенко Е. В. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (Linum usitatissimum L.) (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 602–616. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.602rus.
6. He L., Xiao J., Rashid K. Y., Yao Z., Li P., Jia G., Wang X., Cloutier S., You F. M. Genome-Wide Association Studies for Pasmo Resistance in Flax (Linum usitatissimum L.) // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 9. P. 1982. doi: 10.3389/fpls.2018.01982.
7. Chen S., Yuan H., Wu G., Yang X., Liu D., Chen L., Chen J., Liu Y., Yin W., Li C., et al. Cloning and Functional Validation of the Candidate Gene LuWRKY39 Conferring Resistance to *Septoria linicola* (Speg.) Garassini from Flax // Agriculture. 2025. Vol. 15, No. 14. P. 1561. doi: 10.3390/agriculture15141561.
8. Симагин А. Д. Оценка устойчивости сортообразцов и сортов льна-долгунца к комплексу болезней для целей селекции // Аграрная наука - 2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 555.

УДК 631.52:633.11(71)

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР КЛАССИФИКАЦИИ ЯРОВЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ КАНАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Вильховой Ян Евгеньевич, *аспирант кафедры генетики, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yanvilkhovoy@yandex.ru*

Вертикова Елена Александровна, *заведующий кафедрой генетики, селекции и семеноводства, профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vertikova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Классификация канадской пшеницы прошла длительную эволюцию от основанных на сорте Red Fife классов «Manitoba Hard» и «Manitoba Northern» до современных классов CWRS, CWAD, CPS, CWES и CWHW, которые формировались в ответ на требования рынка, внедрение устойчивых к болезням и высокоурожайных полукарликовых сортов. Благодаря строгой системе градации по качеству зерна канадская пшеница сохраняет*

конкурентоспособность на мировом рынке, а возделываемые классы продолжают диверсифицироваться под влиянием новых экономических и технологических вызовов.

Ключевые слова: *Канада, сорта пшеницы, селекция, урожайность, качество зерна.*

Биоресурсная коллекция кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева включает в себя коллекцию канадских сортов пшеницы в количестве более 30 сортов [1, 2]. Данные сорта относятся к различным группам по канадской классификации сортов пшеницы, что было связано с различными направлениями селекции.

Производство пшеницы в начале XX в. уже играло основную роль в финансовом и культурном развитии Западной Канады. Практически вся канадская пшеница производится в провинциях прерий: Манитобе, Саскачеване и Альберте, с относительно небольшой долей в Британской Колумбии и Восточной Канаде. За 1908–2007 гг. на прерии приходилось от 85,1 до 98,3% (в среднем 96,0%) общей площади пшеницы. В среднем Саскачеван занимал 5,9 млн. га, Альберта – 2,3 млн. га, Манитоба – 1,3 млн. га. [3]

В Западной Канаде выращивают три основных типа пшеницы: яровая гексаплоидная пшеница (*Triticum aestivum* L.), озимая гексаплоидная пшеница (*Triticum aestivum* L.) и твердая пшеница (*Triticum durum*). Из них преобладающим типом является яровая гексаплоидная пшеница. В период с 1941 по 2007 год площадь, засеваемая яровой гексаплоидной пшеницей в степных провинциях, колебалась от 3,6 до 12,4 млн га при среднем значении 9,1 млн га, твердой пшеницей – от 0,1 до 2,9 млн га при среднем 1,2 млн га, а озимой гексаплоидной пшеницей – от 19,4 тыс. га до 574,6 тыс. га при среднем 22,4 тыс. га. Доля твердой пшеницы в общей посевной площади пшеницы в Западной Канаде со временем неуклонно росла. Хотя озимая пшеница традиционно занимала небольшую часть общей площади под пшеницей, она обладает потенциалом урожайности и агрономическими преимуществами перед яровой. Производство озимой пшеницы сдерживалось суровой прерийной зимой, ограниченным снежным покровом в некоторых районах, теплыми зимними ветрами (чинуками) и другими факторами, способствующими зимней гибели.

Яровая гексаплоидная пшеница в Западной Канаде эволюционировала с течением времени, отражая изменения в требованиях к качеству конечного использования как на внутреннем, так и на экспортном рынках (рис. 2 и 3). Сорта яровой пшеницы Red Fife, Marquis и сорта на основе Marquis продавались по классам, специально разработанным для яровой пшеницы, выращенной в Западной Канаде. Классы «Manitoba Hard» и «Northern» («Северный») (позже известный как «Manitoba Northern») были приняты в 1885 году. Изначально внутри каждого из этих классов было по три сорта. Классы и входящие в них сорта различались по требуемой натуре зерна и доле сорта Red Fife (на тот момент – сорта с премиальным качеством конечного использования). В 1885 году для классов «Manitoba Hard» – Экстра, № 1 и № 2 – требовалось, чтобы они на 100% состояли из Red Fife (Экстра) или содержали не менее 85% Red Fife (№ 1 и № 2). Классы «Northern» № 1, 2 и 3 должны были содержать не менее 50% Red Fife. Данные классы были включены в Закон Канады о зерне 1912 года. Последующие пересмотры классов исключили некоторые внутренние классы, сорт Marquis, а позже и сорта равноценные ему, заменили Red Fife в качестве стандарта сортовой чистоты (используемой как гарант качества партии), также было добавлено требование по твердозерности (стекловидности). Требуемая доля твердых стекловидных зерновок варьировалась в зависимости от класса и сорта, равно как и требуемые уровни сортовой чистоты и натуры зерна. [3]

С начала XIX века и до 1930-х годов выращивались различные по качеству конечного использования типы яровой гексаплоидной пшеницы. В то время не существовало строгого регуляторного контроля за выпуском новых сортов или за тем, какие сорта можно было импортировать для продажи в Канаде. Выращивались сорта, проявлявшие устойчивость к стеблевой ржавчине, но не обладавшие качеством конечного использования,

соответствующим манитобским классам, например сорт Kota из Северной Дакоты. В систему классификации были внесены поправки, чтобы продукцию этих сортов можно было продавать отдельно, исходя из различных параметров конечного качества. Например, в 1925 году для сорта Kota были созданы отдельные классы, чтобы отделить его от манитобских классов. В 1925 году Закон Канады о зерне также был пересмотрен с целью создания классов «Канадская западная янтарная дурум» (CWAD) и «Альбертская озимая» (впоследствии переименованная в «Канадскую западную краснозерную озимую» (CWRW) в 1977 году).

В 1930 г. яровая гексаплоидная пшеница была разделена на три основных класса яровой пшеницы с введением классов «Канадской западной мягкой белозерной яровой» пшеницы (CWSWS) и сохранением классов «Манитоба Хард» и «Манитоба Северный».

В 1971 г. Закон Канады о зерне был существенно пересмотрен, что включало исторические изменения в обозначении твердой краснозерной яровой пшеницы с «Манитоба Хард» и «Манитоба Северный» на «Канадскую западную краснозерную яровую» (CWRS). Поправки уже учитывали содержание белка как фактор классификации. Сорта класса CWRS обладают широкой адаптацией, очень привлекательными мукомольными характеристиками и пригодностью для изготовления разнообразных хлебобулочных изделий в самых разных условиях производства. Поэтому пшеницы CWRS продаются с ценовой премией в мировой торговле, а производство в трех степных провинциях основывается прежде всего на сортах CWRS.

В 1935 г. был учрежден Канадский комитет пшеницы (CWB), который занимался вопросом сбытом пшеницы. Члены Канадского комитета по селекции зерновых обсуждали альтернативные классы пшеницы на своих ежегодных совещаниях в конце 1960-х – начале 1970-х годов. Производители требовали разрешить выращивание высокоурожайных полукарликовых сортов яровой пшеницы, которые были внедрены во многих других странах в конце 1960-х годов в рамках программы Международного центра улучшения кукурузы и пшеницы (CIMMYT), базирующегося в Мексике. В 1950-х и 1960-х годах большинство сортов CWRS были генетически близкородственными и обладали хлебопекарными качествами, сходными с Marquis и Thatcher. Полукарликовые сорта из CIMMYT были завезены в Канаду в конце 1960-х годов, однако их хлебопекарные свойства отличались от сортов CWRS на основе Marquis. Первым из них стал высокоурожайный полукарликовый сорт Pitic 62, зарегистрированный в Канаде в 1969 году, но первоначально выпущенный в 1962 г. в Мексике (INIA и CIMMYT, 1972). При орошении Pitic 62 давал на 30% более высокий урожай, чем сорт CWRS Manitou, но содержание белка было на 20% ниже (Dubetz, 1972). В длительных богарных испытаниях Pitic 62 также превышал по урожайности сорт Neepawa более чем на 10% (DePauw et al., 1986). Поскольку Pitic 62 имел низкую концентрацию белка и средне-слабую клейковину, он мог претендовать лишь на классы не выше № 6 CWRS.

Чтобы отделить Pitic 62 и последующие зарегистрированные высокоурожайные, но с более низким качеством сорта, выпущенные в 1960–1970-х годах, от высококачественной пшеницы CWRS на основе Marquis, в 1972 г. был введен новый рыночный класс – Canada Utility (CU), зерно которого продавалось дешевле сортов CWRS. Сорт Glenlea, выпущенный в 1972 г., был противоположностью Pitic 62 – с очень высокой силой клейковины и твердозерностью (Evans et al., 1972). В 1974 г. был выпущен Norquay – белозерная яровая пшеница (Evans et al., 1974). Все три сорта допускались к классам CU, несмотря на совершенно разные конечные свойства. В 1993 г. класс Canada Utility был переименован в «Канадская западная экстра-сильная» (Canada Western Extra Strong, CWES), чтобы стимулировать производство Glenlea и точнее отразить свойства этого сорта. Площадь под Glenlea и последующими сортами CWES в прериях в среднем составляла 97,1 тыс. га в год в период с 1974 по 2007 гг., достигнув пика 549,4 тыс. га в 1978 г. Сорт Glenlea и другие сорта CWES пользовались популярностью в ржавчиноопасных районах Манитобы и восточного Саскачевана благодаря хорошей устойчивости к ржавчине и высокой урожайности. Возможности сбыта пшеницы CWES сократились по мере того, как селекционеры в других странах создавали или выявляли адаптированные сорта с сильной клейковиной.

С 1970-х по 1990-е гг. в Канаде выращивались незарегистрированные американские полукарликовые сорта, которые классифицировались исключительно как «Sample Account Variety» внутри класса Canada Western Feed Wheat (CWFW), получая сравнительно низкую цену, что сдерживало их производство. Класс CWFW обычно формируется из зерна, сильно пониженного в сортности из других классов и не достигающего самого низкого сорта соответствующего класса. Однако сохранялась потребность в выращивании в Канаде высокоурожайных полукарликовых сортов с приемлемым качеством, пригодным для мукомольной пшеницы. В то время как CWRS продавался на «премиальном» рынке хлебопечения, существовал дополнительный рыночный потенциал для других типов мукомольной пшеницы, особенно в Юго-Восточной Азии, Южной Америке и на Ближнем Востоке. Чтобы решить эти вопросы, в 1978 г. в Свифт-Карренте (Саскачеван) состоялось совещание, на котором были определены параметры конечного качества для нового класса яровой хлебопекарной пшеницы (Hetland, 1978). Целевые ориентиры селекции этих новых сортов обозначались как пшеницы «3M» – со средним (medium) содержанием белка, средней силой муки и средней твердозерностью (Hetland, 1978). Долгосрочной целью были белозерные сорта «3M», а в краткосрочной перспективе допускались и краснозерные. Новый класс пшеницы «3M», названный Canada Prairie Spring (CPS), был создан в 1985 г. с регистрацией сорта HY320 (DePauw et al., 1987). Сорта CPS должны были визуально отличаться от сортов CWRS по размеру и форме зерновки, чтобы их можно было легко идентифицировать и отделять на первичном элеваторе. В 1988 г. класс CPS был разделен на CPS-red и CPS-white по цвету зерновки; с временной регистрацией белозерного сорта CPS HY355 (DePauw et al., 1989), который впоследствии получил полную регистрацию под названием Genesis в 1990 г. Площадь под сортами CPS в прериях достигла максимума в 1997 г. (940,9 тыс. га) и в среднем составляла 176,9 тыс. га в период с 1985 по 2007 г. Рыночный класс CPS-red расширился и стал третьим по величине, прежде всего благодаря высокому потенциалу урожайности зерна и возможности поставки как на продовольственный, так и на фуражный рынки. Спрос на фуражную пшеницу в Саскачеване относительно низок по сравнению с Манитобой и Альбертой, поэтому площади под CWES и CPS в Саскачеване оставались довольно небольшими по сравнению с CWRS и CWAD. Сорта CPS пользовались наибольшей популярностью по сравнению с другими классами пшеницы в Альберте благодаря высокому спросу на фуражную пшеницу, составляя в среднем 66,9 тыс. га в период с 1985 по 2007 гг., против 76,5 тыс. га в Саскачеване и 32,8 тыс. га в Манитобе соответственно.

Канадская западная мягкая белозёрная яровая пшеница (CWSWS) традиционно выращивалась на орошаемых землях в южной Альберте. В последние годы посевные площади под мягкой белозёрной яровой пшеницей в западной Канаде сократились – со средних 107,3 тыс. га в год в 1979–1999 гг. до 21,2 тыс. га в 2000–2007 гг. Эта тенденция усугубилась созданием более низкорослых и устойчивых к полеганию сортов CWRS и особенно CWAD, которые обладают достаточной прочностью соломины для выращивания на орошении, а оба эти класса продаются по более высокой цене. Производители кондитерских изделий и крекеров из мягкой белозёрной яровой пшеницы предпочитают низкое содержание белка и слабую клейковину. Эти требования легче обеспечить в контролируемых условиях орошения.

Класс Канадская западная твердая белозерная (CWHW) был введён в 2001 г. для освоения рыночных возможностей белозёрной пшеницы с качеством, близким к CWRS, и дебютировал сортами Snowbird (Humphreys et al., 2007b) и Kanata (Humphreys et al., 2007a).

Таким образом, история возделывания пшеницы в Канаде демонстрирует последовательную адаптацию сортового состава и системы классификации к меняющимся требованиям рынка, климатическим вызовам и фитосанитарной обстановке. От изначальной ориентации на сорт Red Fife и жёстких стандартов «Manitoba Hard» канадская система эволюционировала в разветвлённую сеть целевых классов — CWRS, CWAD, CPS, CWES, CWSWS и CWHW, — каждый из которых отвечает определённым конечным свойствам зерна и агроэкологическим нишам. Благодаря постоянной селекционной работе канадская пшеница

сохраняет уверенное положение на мировом рынке, сочетая высокую урожайность с качеством, востребованным в хлебопекарной, макаронной и кондитерской промышленности.

Библиографический список

1. Оценка высоты растений сортообразцов коллекции яровой мягкой пшеницы / Е. А. Вертикова, Я. Е. Вильховой, В. Ю. Газиев [и др.] // Селекция и генетика культурных растений – 2023 : Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, 18 октября 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 77-80.

2. Оценка высоты растений и длины колоса сортообразцов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья / Я. Е. Вильховой, Е. А. Вертикова, В. Ю. Газиев [и др.] // Вавиловские чтения - 2023 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 136-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 23–25 ноября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 147-154.

3. McCallum, B. D. A review of wheat cultivars grown in the Canadian prairies / B. D. McCallum, R. M. DePauw // Canadian Journal of Plant Science. – 2008. – Vol. 88. – P. 649–677.

4. Gerard, G. S. Competitive ability of western Canadian spring wheat cultivars in a model weed system / G. S. Gerard, P. Hucl, F. A. Holm, K. J. Kirkland *et.al.* // Canadian Journal of Plant Science. – 2022. – Vol. 102, № 6. – DOI: 10.1139/cjps-2021-0257.

5. L. E. Evans, L. H. Shebeski, R. C. McGinnis, K. G. Briggs, and D. Zuzens. 1972. Glenlea red spring wheat. Canadian Journal of Plant Science. 52(6): 1081-1082. https://doi.org/10.4141/cjps72-184.

СЕКЦИЯ «МЕТЕОРОЛОГИЯ, КЛИМАТОЛОГИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ»

УДК 551.513:551.577.13

ОЦЕНКА ТРАНСГРАНИЧНОГО ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ТЕРРИТОРИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАТНОГО ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА

***Волков Александр Юрьевич**, аспирант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexuvolkov@yandex.ru*

***Громов Сергей Аркадьевич**, кандидат географических наук, заместитель директора ФГБУ «ИГКЭ», ФГБУН «Институт географии РАН», Sergey.Gromov@igce.ru*

***Аннотация:** В работе рассматривается корректность использования метода моделирования обратных траекторий движения воздушных масс для идентификации районов-источников возможного загрязнения воздуха и осадков на четырех станциях фонового мониторинга в европейской части России.*

***Ключевые слова:** загрязнение атмосферы, фоновый мониторинг, трансграничный перенос, HYSPLIT.*

Загрязнение внегородских территорий формируется, главным образом, за счет переноса антропогенных и природных выбросов, поступающих в атмосферу на больших расстояниях от районов измерений. Этим оно сильно отличается от условий формирования городского уровня и локального загрязнения вокруг промышленных источников. Несмотря на то, что в процессе дальнего переноса происходит рассеивание и разбавление концентраций

загрязняющих веществ, образовавшихся в воздухе в районе выбросов, чередование направлений поступления приходящего воздуха вызывает существенное изменение содержания примесей в атмосфере и осадках, которое проявляется в результатах наблюдений и в изменчивости потоков выпадений приносимых веществ. Определение районов, из которых возможно поступление антропогенных выбросов, и использование этой информации для статистического анализа, моделирования и вероятностного прогнозирования антропогенного влияния на экосистемы и сельскохозяйственные территории является важной задачей для выработки мер по адаптации к изменениям загрязнения окружающей среды.

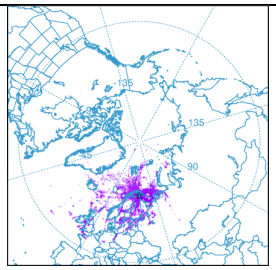
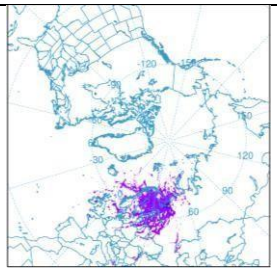
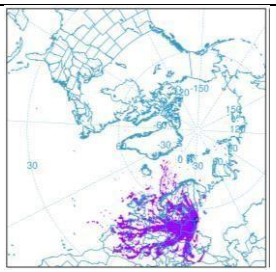
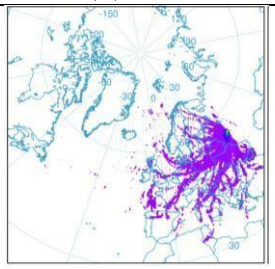
Для анализа обратных траекторий был использован метод расчета перемещения воздушной частицы в атмосфере по архивным полям скоростей ветра и вертикальных движений, реализованный в открытом сервисе HYSPLIT (https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php) [1]. Для четырех действующих станций фонового мониторинга на Европейской территории РФ (Рис. 1) проведены расчеты обратных траекторий приходящих воздушных масс. Станции, работающие более 15-20 лет в системе Росгидромета, имеют длинные ряды наблюдений за содержанием в воздухе и осадках соединений серы и азота, тяжелых металлов и некоторых других веществ, включенных в их программу наблюдений [2].

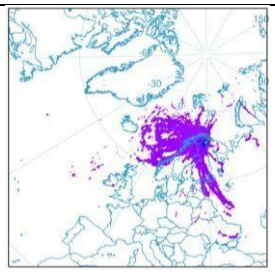
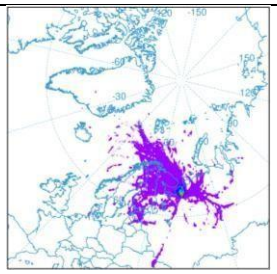
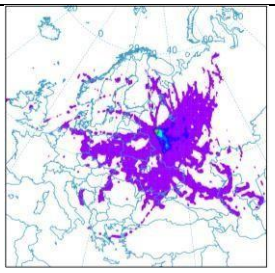
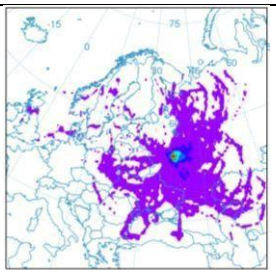
Рис. 1 Станции фонового мониторинга

Траектории за определенные периоды, соответствующие сезонам, были сгруппированы, чтобы провести анализ локализации территорий воздушных бассейнов, внутри которых происходит перемещение приходящих воздушных масс для каждой из станций. Для европейского сегмента расчёты массивов обратных траекторий показали преобладание западных переносов в зимний период (таблица 1), из стран с более высокими сезонными объемами выбросов загрязняющих веществ (в основном, оксидов серы и азота), что позволяет оценивать антропогенную нагрузку в этот период как возрастающую.

Таблица 1

Частотное распределение траекторий для станций фонового мониторинга на европейской территории России для теплого и холодного периода для переноса на высоте 1,5 км.

	Янискоски	Пинега	Лесной заповедник	Данки
Январь				

Июль				

Для летних периодов приходящие траектории на станции, расположенные вне Арктической зоны (Лесной заповедник, Данки), образуют более широкий размер границ охвата регионов. При этом надо учесть, что выбросы массовых загрязнителей (оксидов серы и азота) в этот сезон могут быть меньше.

Исследование показало, что использование обратных траекторий и их аккумуляция корректно воспроизводит сезонную смену направлений переноса, обеспечивающих поступление атмосферных загрязнителей в район станций наблюдений. Это подтверждает репрезентативность существующей сети наблюдений и возможность её использования в качестве основы для продолжающихся исследований кислотных выпадений и их изменений, а также веществ, относящихся к антропогенным короткоживущим климатическим веществам (например, «черный углерод»).

В заключение авторы благодарят Лабораторию воздушных ресурсов NOAA (ARL) за предоставление модели переноса и рассеивания HYSPLIT и веб-сайт READY (https://www.ready.noaa.gov), использованных для работы.

Библиографический список

1. Stein, A.F. NOAA’s HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system / A. F. Stein, R. R. Draxler, G. D. Rolph, B. J. B. Stunder, M. D. Cohen, F. Ngan // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2015. – Vol. 96. – P. 2059–2077. – DOI: 10.1175/BAMS-D-14-00110.1. – Текст : электронный.

2. Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2022 г. / под ред. Г. М. Черногаевой; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Москва: Росгидромет, 2023. – 122 с. - ISBN 978-5-9631-1097-3. - Текст: непосредственный.

УДК 623.51

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

***Баадже Яна Валерьевна**, ассистент кафедры земледелия и методики опытного дела ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, baadzhe@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В статье проводилось исследование влияния климатических условий на засоренность посевов льна-долгунца в 2024 году. Рассматриваются погодные условия за вегетационный период культуры и делается вывод о том, какие климатические факторы оказали наиболее существенное влияние на засоренность посевов льна-долгунца.*

***Ключевые слова:** лен-долгунец, климатические условия, сорные растения.*

Лен-долгунец является одной из основных стратегически важных сельскохозяйственных культур в нашей стране. Производимое сырье льна-долгунца (волокно, семена и солома) используется для различных целей многих отраслей народного хозяйства,

включая текстильную промышленность, фармацевтику, строительство и военно-промышленный комплекс [1].

В агробиоценозах, связанных с выращиванием льна, присутствуют сорняки, фитопатогены и фитофаги, традиционно определяемые как “вредные организмы”, но они имеют сложные, многозначные взаимоотношения. Сорняки, помимо конкуренции с культурными растениями за элементы плодородия, влагу и свет, также наносят косвенный вред, поскольку являются переносчиками вредных объектов [2]. Для повышения эффективности отрасли в Нечерноземье необходимо сосредоточить усилия на совершенствовании агротехники, в первую очередь – на разработке мер по борьбе с сорняками и оптимизации управления посевами с учетом специфики местного климата, чтобы минимизировать негативное влияние как сорной растительности, так и неблагоприятных погодных условий [3].

Длительные агрономические опыты имеют большое фундаментальное значение, поскольку позволяют изучить и проанализировать качество окружающей среды и адаптацию сельскохозяйственных культур к изменяющимся условиям выращивания [4].

Наши исследования проводились в Длительном опыте кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева в 2024 году.

Объектом исследования является лен-долгунец сорта Тверской.

Для анализа использованы данные по средней температуре воздуха и почвы, а также количеству осадков по декадам месяцев вегетационного периода льна-долгунца за 2024 год и среднемноголетние данные за 1991-2020 гг. (табл. 1), предоставленные Метеорологической обсерваторией им. В.А. Михельсона. Оценка динамики ресурсов какой-либо территории возможна только при наличии длительного и достоверного ряда метеорологических наблюдений [5].

Таблица 1

Показатели температуры воздуха и почвы, количества осадков за декады месяцев вегетационного периода льна-долгунца за 2024 год и среднемноголетние показатели за 1991-2020 года.

Средняя температура воздуха и почвы, количество осадков по декадам месяцев за вегетационный период льна-долгунца на 2024 год				
Месяц	Декады	Температура, °С		Осадки,мм
		Воздух	Почва	
Май	I	7,1	10,2	22,4
	II	11,6	14,1	4,3
	III	19,3	24,2	9,3
Июнь	I	20,1	22,9	51,1
	II	20,1	22,0	107,1
	III	20,0	23,0	8,1
Июль	I	24,2	28,5	28,6
	II	23,4	26,7	28,9
	III	19,8	22,2	34,7
Август	I	18,5	20,8	23,7
	II	18,3	20,3	10,1
	III	20,6	22,0	0,6
Среднемноголетние данные температуры воздуха и почвы, количество осадков по декадам месяцам вегетационного периода льна-долгунца за 1991-2020 года.				
Месяц	Декады	Температура, °С		Осадки,мм

Средняя температура воздуха и почвы, количество осадков по декадам месяцев за вегетационный период льна-долгунца на 2024 год				
		Воздух	Почва	
Май	I	12,4	13,5	15
	II	13,4	15,0	18
	III	15,3	17,4	26
Июнь	I	16,2	18,6	23
	II	17,7	20,0	25
	III	18,4	20,8	30
Июль	I	19,1	21,6	24
	II	20,2	22,6	32
	III	20,2	22,5	27
Август	I	19,3	21,6	18
	II	18,0	19,4	30
	III	16,3	17,2	29

В 2024 году в первой декаде мая мы видим пониженную температуру воздуха и почвы по сравнению со среднемноголетними данными. Повышенные значения температуры с третьей декады мая, в июне и ходе июля-августа в сравнении с многолетними данными могут свидетельствовать о смене климатических условий. Изменения в температурных режимах подчеркивают важность регулярного мониторинга климатических данных для успешного ведения сельского хозяйства и адаптации к возможным климатическим изменениям.

Во второй и третьей декадах мая мы наблюдаем пониженное количество осадков. В первой и второй декадах июня 2024 года отмечается аномально большое количество осадков, что резко превышает среднемноголетние данные. Осадки в июле остаются выше средних значений в первой и третьей декадах, но уже не так резко, как в июне. Осадки в августе ниже среднемноголетних данных, хотя в первой декаде показатели находятся на уровне средней нормы.

Распределение осадков неравномерное по месяцам и декадам, что может создать риски для возделывания культуры. Избыток влаги в июне и нехватка в других периодах может способствовать ухудшению качества волокна.

Исследование видового состава сорного компонента проводилось при уборке растений вручную в фазу зеленой спелости. Учет сорняков проводился в снопах основной культуры, собранных с 0,25 м^2. Обработка гербицидами проводилась в фазу быстрого роста культуры. Данные учета представлены на рисунке 1.

Средняя численность малолетних сорных растений на 1м^2 на бессменном возделывании составляет от 219 до 1400 шт/м^2, многолетних сорных растений – от 3 до 148 шт/м^2. На севооборотном участке средняя численность малолетних сорных растений составляет от 252 до 501 шт/м^2, многолетних – от 0 до 5 шт/м^2.

Видовой состав сорняков в посевах льна на делянках опыта был представлен преимущественно двудольными и злаковыми растениями, типичными для полей Тверской области и многих других регионов России [6].

Высокое количество осадков в первой и второй декадах июня 2024 года, значительно превышающее среднемноголетние показатели, создало благоприятные условия для прорастания и роста многих видов сорных растений, особенно однолетних.

Дефицит осадков во второй и третьей декадах мая, а также в августе, мог замедлить развитие льна, снизить его конкурентоспособность по отношению к сорным растениям, которые могли лучше адаптироваться к таким условиям. Это могло привести к тому, что

сорняки, имея преимущество в росте, быстрее занимали доступные ресурсы (свет, питательные вещества, влагу).

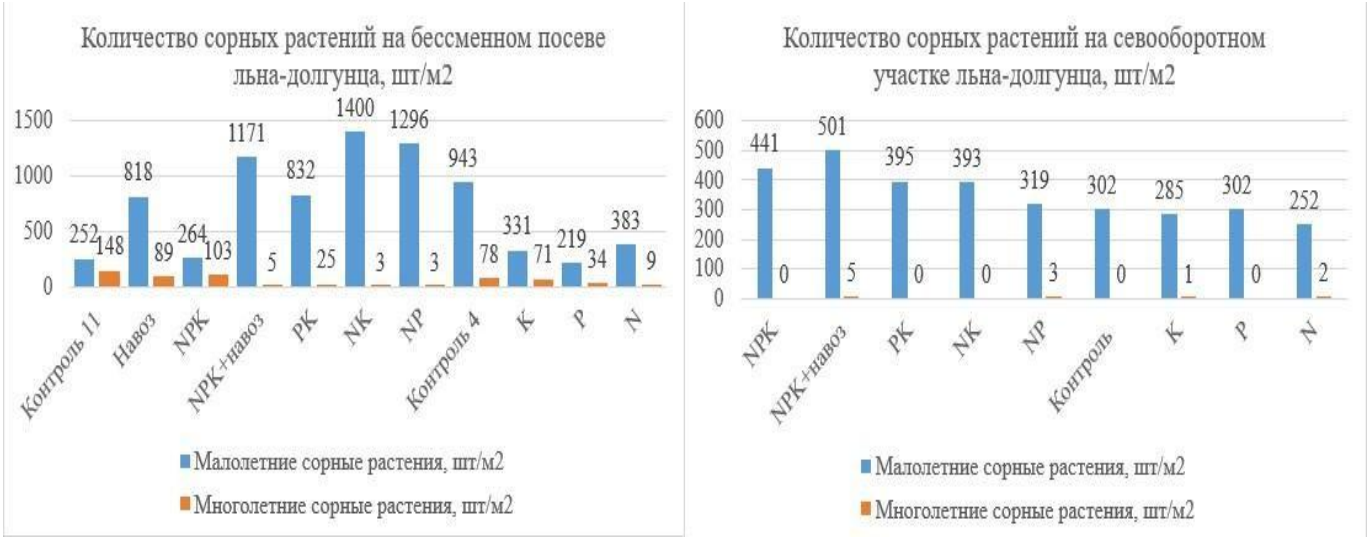


Рис. 1. Количество сорных растений в посевах льна-долгунца

Повышенные температуры с третьей декады мая, в июне и июле-августе 2024 года по сравнению со среднемноголетними данными, могли ускорить вегетацию как льна, так и сорняков. Однако, резкие перепады температур, особенно в начале вегетации, могли оказать негативное воздействие на молодые всходы льна, делая их более чувствительными к конкуренции.

Таким образом, метеорологические условия 2024 года, характеризующиеся как периодами аномальной влажности, так и более засушливыми периодами, а также повышенными температурами, создали сложную фитосанитарную обстановку, способствующую распространению сорной растительности в посевах льна-долгунца. Важно стараться заблаговременно и более точно анализировать состояние атмосферы, погоды и т. д., чтобы оценить их потенциальное воздействие на продуктивность сельскохозяйственных посевов и по возможности принять профилактические или защитные меры [7].

Дальнейшие исследования и разработка адаптивных агротехнических приемов, учитывающих специфику изменяющегося климата Нечерноземной зоны, являются ключевыми для стабилизации урожайности данной культуры.

Библиографический список

1. Давыдова С.А. Техническая оснащенность селекции и семеноводства при возделывании льна-долгунца и конопли посевной / С.А. Давыдова, М.Е. Чаплыгин, Р.А. Попов. – Аграрный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 72 – 78.

2. The manifestation of diseases and phytophages of weeds associated with the cultivation of flax, the possibility of their use as biological plant protection agents / O.A. Savoskina, S.I. Chebanenko, I.A. Zavertkin [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Modern Trends of Science, Innovative Technologies in Viticulture and Winemaking” (MTSITVW2023), Yalta, 04–08 сентября 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 04001.

3. Савоськина, О.А. Рентабельность производства льняной соломы при различных уровнях интенсивности / О.А. Савоскина, С.И. Чебаненко, Р.И. Тараканов // Научно-практическое наследие А.И. Пупонина - основа разработки и совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия: Коллективная монография. К 85-летию со дня рождения академика РАСХН Анатолия Ивановича Пупонина. – Суздаль-Иваново: ООО "ПресСто", 2025. – С. 73-78.

4. Тимофеев, О.В. Влияние применения удобрений и известкования на продуктивность ячменя бессменно и в севообороте / О.В. Тимофеев // "Научное наследие А.Г. Дояренко - основа в разработке систем земледелия будущего" к 150-летию со дня рождения профессора Алексея Григорьевича Дояренко: Коллективная монография. – Суздаль-Москва: Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, 2024. – С. 337-340.

5. Осин, Д. Ю. Оценка динамики ресурсов тепла и влаги по данным метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона / Д. Ю. Осин // Сборник трудов, приуроченных к 77-й всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Алексея Григорьевича Дояренко, Москва, 12–14 марта 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 47-49.

6. Кудрявцев, Н.А. Обеспечение чистоты и здоровья посевов льна при обработке новыми пестицидами / Н.А. Кудрявцев, Л.А. Зайцева, З.К. Курбанова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 2(59). – С. 43-52.

7. Смирнов, И.А. Возникновение опасных агрометеорологических явлений в годы со снижением урожайности озимой пшеницы на примере Белгородской области / И.А. Смирнов, Е.А. Дронова // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева: Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 379-384.

УДК 633.511

AGROMETEOROLOGICAL ASSESSMENT OF THE CENTRAL REGION OF RUSSIA NONCHERNOZEM ZONE FOR THE CULTIVATION COTTON (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.)

***Simagin Alexander Dmitrievich**, Postgraduate Student, Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, alexander.d.simagin@yandex.ru*

***Simagina Anastasia Sergeevna**, Postgraduate Student, Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, klepikova.anastasi@yandex.ru*

***Vertikova Elena Alexandrovna**, Head of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, vertikovaea@yandex.ru*

Abstract The analysis of the suitability of the climate of the central region of the non-chernozem zone of the Russian Federation for the cultivation of cotton is carried out. The main limiting factor of cotton cultivation in this region remains climatic conditions. In the central region of the Russian Federation, the sum of active temperatures is at the level of 2400-2500℃, with 3000℃ required for cotton. However, researchers note a tendency to increase the established temperature regime, which may favor the introduction of cotton in this region.

***Keywords**:* assessment of land suitability, cotton, climate, Central nonchernozem of Russia, cotton cultivation.

Introduction. Cultivated plants, unlike wild plants, are more or less provided with constant care and care by humans throughout their lives. An infinite number of generations of people have invested a lot of work before they achieved success in domesticating wild plants that are useful for their nutritional and other properties. The vast majority of currently cultivated crops are the result of the most active, purposeful human activity that arose at the dawn of agriculture. When studying the

history of cultivated plants, numerous questions arise relating to the origin, distribution, and evolution of each cultivated species. The main of these issues remain: the location of the first cultivated areas, the ways of settlement of cultivated plants and their evolutionary development. However, it is safe to say that the plants first introduced into culture did not stay in one place, but moved from one place to another for hundreds, and sometimes thousands of kilometers. In the production activity, cotton occupies a leading position among industrial crops. Cotton is a plant that provides raw materials for the production of fabrics and other materials that meet the diverse needs of industry and human household needs. The main purpose of cotton cultivation is its seeds covered with long fibers. These fibers are the main product of cotton culture. Seeds peeled from hairs are used in the future not only as seed material, but also as a source of oil, which is contained in them in an amount from 17 to 27%. Cottonseed oil is widely used in the food and technical industries.

Relevance. Cotton production, as well as its processing and sale, are among the most important components of the world economy. The world's acreage and total cotton production have been rapidly increasing in recent years, which indicates a high demand for cotton raw materials. In Russia, cotton imports have stabilized at the level of 250-300 thousand tons in recent years. The main suppliers of cotton fiber are the CIS countries - Tajikistan (34%), Kazakhstan (29%), Kyrgyzstan (24%) and Uzbekistan (11%). According to the calculations of the Ministry of Agriculture, the maximum area of cotton cultivation in Russia is 220 thousand hectares, subject to land reclamation. This potential should be realized through the effective use of the existing diversity of climate types in Russia. The solution of the priority tasks of the domestic industry and agricultural production in the cotton industry has an important innovative value. The assessment of the influence of soil and climatic conditions of the central region of the non-chernozem zone of the Russian Federation on the yield of cotton and the formation of physical and mechanical properties of cotton fiber is strategically important, relevant and timely.

All species and forms of cotton make up one genus - Gossypium, which is part of the Malvaceae family. The center of origin of the culture is Central America, where the air temperature of the coolest month of the year is at least 18 °C.

Cotton is a perennial woody plant. In its homeland, it grows not only in conditions of culture, but also in a wild state, representing bushes and trees of different sizes up to 6-7 m high, less often up to 10-12 m.

The durability of different forms of cotton varies. Usually tall forms are more durable. There are frosts in cotton growing areas in winter, so cotton can grow only as an annual crop. If it is placed in a greenhouse during the frost period, it will live for several years.

As a result of geological processes and climate change, three large geographically isolated groups of cotton species and forms have been created - Asian-African (paleotropic - eugossipium), American (neotropical - carpas), Australian (sturtia). Each of these groups was differentiated to some extent into smaller units in accordance with the conditions of existence and hereditary characteristics of the original forms of cotton.

As a result, varieties of low-growing cotton (much more precocious than tropical tree-like) with white fiber were gradually created, suitable for one-year culture in the subtropics and in the warm part of the temperate climate zone. Such varieties give mature boxes for 4 months of life and even earlier, whereas in tree-like tropical forms they begin to mature only at the 8-9 month of life. Currently, the creation of even more precocious forms of cotton with desirable properties is facilitated by modern breeding methods.

As a result of the natural shaping process, and especially artificial, carried out by man for thousands of years, a huge number of different forms and varieties of cotton were created. According to the currently accepted classification of the genus *Gossypium* by F. M. Mauer, all these various forms and varieties make up 35 species. Of these, five are used in culture - *Gossypium hirsutum* (*Gossypium hirsutum*), *Gossypium barbadense* (Gossypium barbadense), *gossypium tricuspidatum* (Gossypium tricuspidatum), *Gossypium herbaceum* (*Gossypium herbaceumj* and *Gossypium arboreum (Gossypium arboreum*). In culture, the first type is most common [2].

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is most important technical culture in the world. This culture need too many sum of active temperature (3000℃) [4]. Average sum of active temperatures in the Central region of Russia nonchernozem zone is about 2400-2500℃, but recently climate on the Earth has changed and in this region average temperature in the vegetation period is 0,7℃ higher than in the XX century [5]. Based on this autors held agrometeorological assessment for the cultivating cotton.

***Materials and methods*.** The object of the study was a variety of ordinary Cotton - Goliot. The experiment was carried out at the Field Experimental Station of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev in 2023.

The soil of the stations is composed of quaternary deposits, under the layer of which Jurassic clays with a thickness of 20-25 m lie. The upper layers (3-5 cm) are leached. The upper horizons with a thickness of 40-50 cm are represented by sandy-coarse-powdered loam. Boulders are found throughout the thickness.

Agrochemical characteristics of the soil of the arable horizon (0-22 cm), average values for 2018-2020: humus content (according to Tyurin) 2.3-2.4%, pHsol. – 5.5...5.7 (Grade 6), easily hydrolyzable nitrogen (according to Tyurin and Kononova) [6].

The growing season in 2023 was characterized by temperatures close to the average annual values. Precipitation was uneven.

The first and second decade of May is characterized by low precipitation, which could have an impact on the energy of germination and the uniformity of seedlings. Flax has the greatest need for moisture during the intensive growth of the stem and flowering. The data indicate sufficient precipitation during the passage of these phases.

If we consider the temperature regime during the growing season, the indicators are close to optimal for the culture, which had a beneficial effect on the development of plants.

Results. Sowing in the greenhouse was done 18 march. Seedlings appeared 26 of march. Picking was done 7 of April. Planting cotton on the field was done 5 of June. The harvest was 12 of September. Period of vegetation was 179 days.

In the table 1presented results of the most developed plants

Table 1

Characteristic of the most development plants of cotton

Characteristics	1	2	3	4
Root system length, cm	16	15	26	27
Plant length,cm	117	70	110	102
Number of nodes, pcs	17	26	19	17
Number of leaves, pcs	98	91	122	117
Number of generative formations, pcs	9	5	9	14
The first generative shoot length from the root neck, cm	22	32	32	42
Growth over the last week,cm	8	5,5	6,5	3
Number of red leaves, pcs	5	2	7	8

The red leaves were provided by deficient sun light. In the leaves starting produce of the anthocyanins. On the picture 4 presented the most development plant. This plant rich 71% on the BBCH scale of international development scale.

Fig. 1 The most development plant

On this plant formed 10% green immature crops. On the picture 1 presented immature crops from this plant and immature seed extracted from crop.

Conclusion. After conducting a field experience, it became clear that conditions in the Central region of Russia nonchernozem zone is still don`t fit to cultivating cotton despite the rising temperatures. Besides cotton was damage by many species of insects and judging by the red colors in some places of leafs and stems it was also not enough sun lights.

References

1. Podolnaya, L. Cotton in Russia. Relevance and prospects / L. P. Podolnaya, S. V. Grigoriev, K. V. Illarionova [et al.] // Achievements of science and technology of the Agroindustrial complex. – 2015. – Vol. 29, No. 7. – pp. 56-58.
2. Shavkiev Ja. Sh. U., Nabiev S., Azimov A. Economic and physiological traits of Pima cotton lines in Uzbekistan and their correlation / Ja. Sh. U. Shavkiev, S. Nabiev, A. Azimov [et al.] // Universum: chemistry and biology. – 2021. – No. 7-2(85). – P. 14-21. – DOI 10.32743/UniChem.2021.85.7.
3. Khodiakov E.,Borovoy E., Kuznetsova N. Water-saving technologies for drip irrigation of cotton in the south of Russia / E. A. Khodiakov, E. P. Borovoy, N. V. Kuznetsova [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. – 2022. – No. 4(24). – DOI 10.23649/jae.2022.4.24.01.
4. Kuliev T., Ergashev M., Madrakhimov M. The degree and structure of the correlation between the biometric indicators of cotton on a cotton bolls / T. Kuliev, M. Ergashev, M. Madrakhimov [et al.] // Universum: chemistry and biology. – 2023. – No. 3-2(105). – P. 31-36. – DOI 10.32743/UniChem.2023.105.3.15072.
5. Sukhoveeva, O. Changes in climatic conditions and agro-climatic resources in the Central region of the Non-Chernozem zone / O. E. Sukhoveeva // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. - 2016. – No. 4. – pp. 41-49.
6. Zharkikh, O. The influence of new chelated preparations on the yield and quality of flax products in the conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of Russia: specialty 06.01.04 "Agrochemistry" : abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / Zharkikh Olga Andreevna. – Moscow, 2022. – 21 p.

УДК 633.192

ФИТОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КИНОА НА ПОЛЯХ РГАУ-МСХА

Осин Дмитрий Юрьевич, *аспирант 2 г.о. кафедры метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, d.osin@rgau-msha.ru*

Ватутин Дмитрий Сергеевич*, студент 4 курса бакалавриата института Агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, vatutin04.dima23@mail.ru*

Научный руководитель: ***Дронова Елена Александровна****, доцент кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, edronova@rgau-msha.ru*

Аннотация*. В статье приведен анализ изменчивости метеорологических параметров (температура воздуха, сумма осадков) в условиях фитоклимата в растительном покрове новой сельскохозяйственной культуры — киноа. Собственные экспериментальные данные приведены для условий Московского региона в современных условиях изменяющегося климата.*

Ключевые слова: *агрометеорология, киноа, температура воздуха, микроклимат.*

Введение. Сельскохозяйственная культура киноа является перспективной для возделывания в умеренных широтах России. На данным момент не существует конкретных требований культуры к агрометеорологическим условиям территории [1]. Изучая морфологические особенности культуры и анализируя условия произрастания культуры, можно оценивать потенциальные условия возделывания с учетом микроклиматических различий в условиях растительного покрова культуры. С учетом отсутствия фактических агрометеорологических условий произрастания культуры, была предпринята попытка анализа различий температурного фона и его вариабельности с учетом выпадающих осадков.

Методы исследования. В исследовании использовался скороспелый сорта киноа Cherry Vanilla (США), а также датчики фиксации температуры воздуха модели UNI-T330. Датчики устанавливаются при помощи мачты на нескольких высотах: 0 см (поверхность почвы), 50 см и 100 см. Также в исследовании использовались данные стандартных метеорологических наблюдений в психрометрической будке (200 см). Наблюдения за температурой воздуха проводились в течение всего вегетационного периода развития культуры киноа.

Результаты исследования. Благодаря своим морфологическим особенностям культура киноа проходит через несколько фаз развития [4], в ходе которых высота растений увеличивается неравномерно (Рис. 1). Высота растений значительно резко увеличивается только к фазе «выметывание» (2). В период полной спелости высота растений выходит на плато (3) и изменения в микроклимате практически не меняются со временем.

По наблюдению за температурой воздуха и количеством выпавших осадков было определено, что в период «всходы — 6 настоящих листьев» изменений в микроклимате культуры не наблюдаются. Существенные изменения в фитоклимате фиксируются только в межфазном периоде «выметывание – цветение» (Рис. 2). По этим же наблюдениям заметно, что температурный градиент практически отсутствует в периоды выпадения осадков, больше 5 мм. Примечательно, что градиент температуры еще зависит от начальных условий: если среднесуточная температура воздуха низкая, то при любых осадках (<5 мм), то градиент отсутствует.

Исследования ученых [2] предполагают, метеорологические условия, в которых развиваются сельскохозяйственные культуры не всегда совпадают с условиями стандартных наблюдений в психрометрической будке. На растения в условиях поля постоянно

воздействуют прочие факторы: солнечная радиация, микрорельеф и прочее. Поэтому при расчетах суммы активных температур в некоторых случаях нерепрезентативно рассматривать условия «в будке». Согласно нашим результатам, сумма активных температур за вегетационный период на высоте 0 см выше чем на высоте 200 см на 115,4 °С, на высоте 50 см - на 88,43 °С, а на высоте 100 см - на 109,62 °С. Полученные результаты подтверждают значительное влияние травостоя на перераспределение тепла в приземном слое.

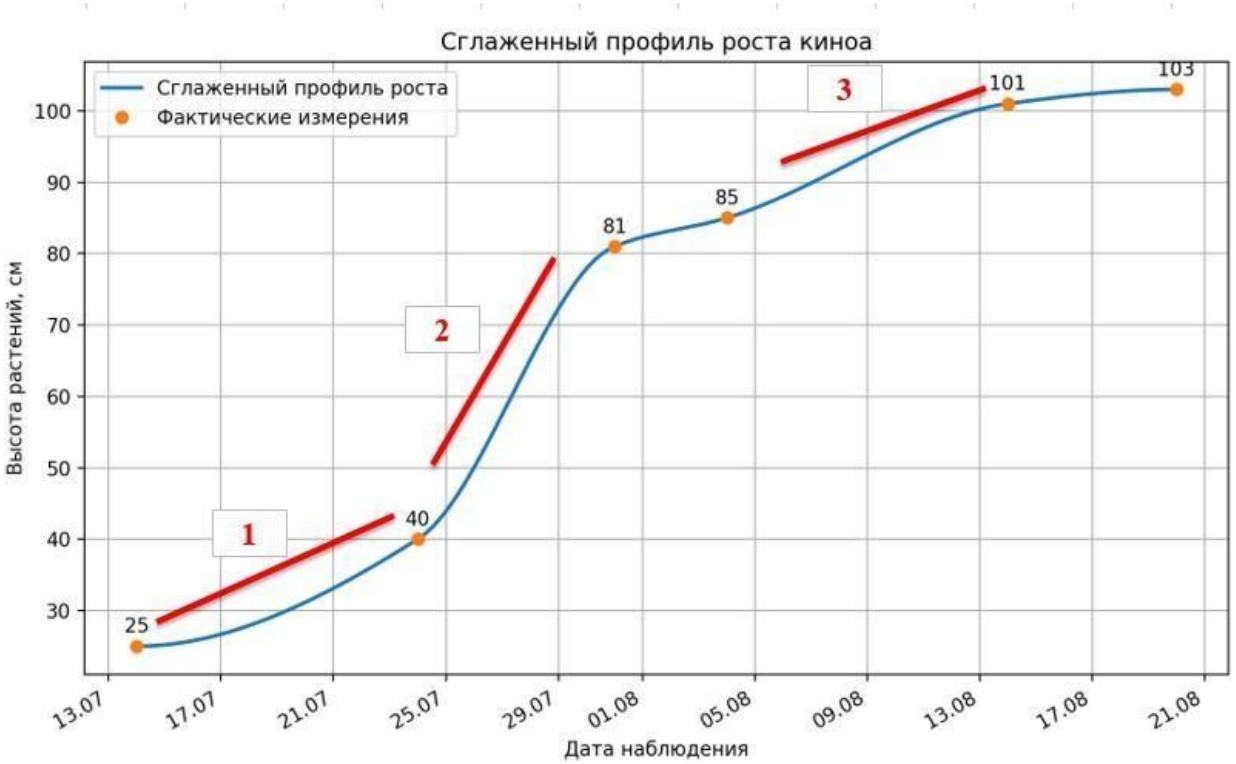


Рис. 1 Динамика высоты растений киноа в 2025 году

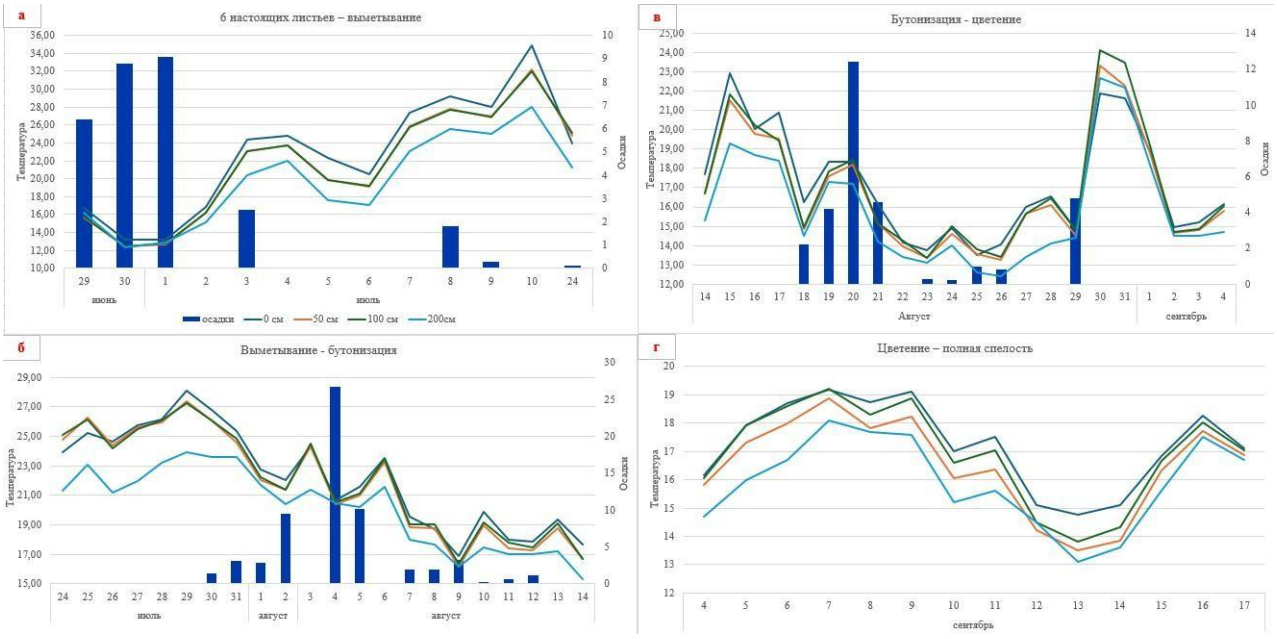


Рис. 2 Динамика температуры воздуха в травостое киноа на высотах 0, 50, 100 см (а межфазный период «6 настоящих листьев- вымётывание»; б «выметывание — бутонизация»; в «бутонизация-цветение; г «цветение-полная спелость»)

Выводы. Киноа характеризуется уникальной морфологией, благодаря высокому стеблю, достигающему высотой двух метров, травостой может формировать особый фитоклиматический режим, который может значительно отличаться от стандартных метеорологических наблюдений. Согласно нашим наблюдениям, при выпадении осадков и повышении влажности воздуха различия в температурном режиме практически не наблюдаются на всех высотах. При высоких температурах различия в травостое повышаются, вплоть до 1,5℃ между высотами в травостое культуры.

В среднем за период вегетации температура воздуха в приземном слое на высоте 0 см (у поверхности почвы) выше, чем на стандартной высоте метеорологических наблюдений (200 см), на 1,83 °С. На высоте 50 см превышение составило 1,2 °С, а на высоте 100 см - 1,4 °С.

Библиографический список

1. Воршева А.В. Кухаренкова О.В. Квиноа – новая перспективная крупяная культура для России, питательная ценность и история возделывания: обзор [Электрон.ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024 – № 1;

2. И. Г. Грингоф, В. Н. Павлова. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том III. Часть 1. Основы агроклиматологии. Часть 2. Влияние изменений климата на экосистемы, агросферу и сельскохозяйственное производство. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2013. – 384 с.

3. Осин, Д. Ю. Агрометеорологические условия выращивания киноа в 2021-2023 гг / Д. Ю. Осин // Агрометеорология XXI века: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию кафедры метеорологии и климатологии, Москва, 19 декабря 2023 года. Том Часть 3. – Москва: федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных", 2023. – С. 88-94. – EDN TFGUT;

4. Viviana Sosa. Phenological growth stages of quinoa (Chenopodium quinoa) based on the BBCH scale/ Viviana Sosa// U. Steinfort, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile – Santiago – Chile, 2016.

УДК 633.11, 551.58

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРОВ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ СОРТОВ

Байбаков Кирилл Дмитриевич*, аспирант кафедры Метеорологии и Климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, baibakovkir@yandex.ru*

Аннотация: *В работе впервые использованы детализированные 3-часовые метеорологические наблюдения станции Ставрополь для анализа влияния погодных факторов на содержание белка в зерне озимой пшеницы. Вычислены 97 агрегированных метеопараметров по пяти периодам вегетации. Критически обсуждены ограничения исследования и направления дальнейшей работы.*

Ключевые слова: *озимая пшеница, содержание белка, метеорологические факторы.*

Введение. Данная работа впервые в контексте государственных сортоиспытаний Ставропольского края количественно оценивает роль суточных экстремумов и событийных метеорологических характеристик в формировании белка в зерне озимой пшеницы.

Повышение качества зерна является одной из актуальных задач продовольственной безопасности и экспортного потенциала Российской Федерации.

Целью исследования является выявление ключевых метеорологических предикторов, влияющих на содержание белка в зерне озимой пшеницы.

Задачи:

- Провести статистический анализ между метеопараметрами и содержанием белка
- Идентифицировать наиболее важные метеорологические факторы
- Оценить ограничения полученной статистической модели

Методы и материалы. Использованы данные метеостанции Ставрополь / им. А.В. Суворова (аэропорт), WMO ID 34949, за период 2005–2025 годов (50 987 наблюдений с интервалом 3 часа).

Данные по белку были получены в ходе сортоиспытаний на сортоучастках в Ставропольском крае. Для нивелирования сортовых различий в статистических моделях были использованы dummy переменные.

Для оценки парных связей метеопараметров и содержания белка был проведен корреляционный анализ. Для каждого метеопараметра была оценена важность с использованием алгоритмов Random Forest и Gradient Boosting. Random Forest обладает большим потенциалом в предсказании содержания белка, чем обычная линейная регрессия [1].

Далее для отбора информативного подмножества признаков применяем Lasso регуляризацию. Как показывает практика, Lasso очень хорошо показывает важнейшие параметры [2]. Помимо Lasso на каждом шаге исключался признак с наибольшей средней корреляцией с остальными метеопараметрами для борьбы с мультиколлинеарными признаками [3].

Результаты. Анализ парных корреляций позволил выявить устойчивые связи между метеорологическими параметрами и содержанием белка. Наиболее сильное влияние на сортоучастках Ставропольского края оказывают зимние условия: количество засушливых дней и число дней с экстремальными морозами.

Интеграция подходов машинного обучения (RF, GB) и регуляризованной регрессии (Lasso) позволила ранжировать факторы по их реальному вкладу в формирование белка в зерне озимой пшеницы. Доминирующим предиктором оказалась минимальная температура весной со средним весом 0,361. Высокие оценки в ансамблевых моделях (RF: 0,474; GB: 0,555) при относительно низкой оценке в Lasso указывают на сложный, вероятно, пороговый характер влияния весенних заморозков (рис. 1).

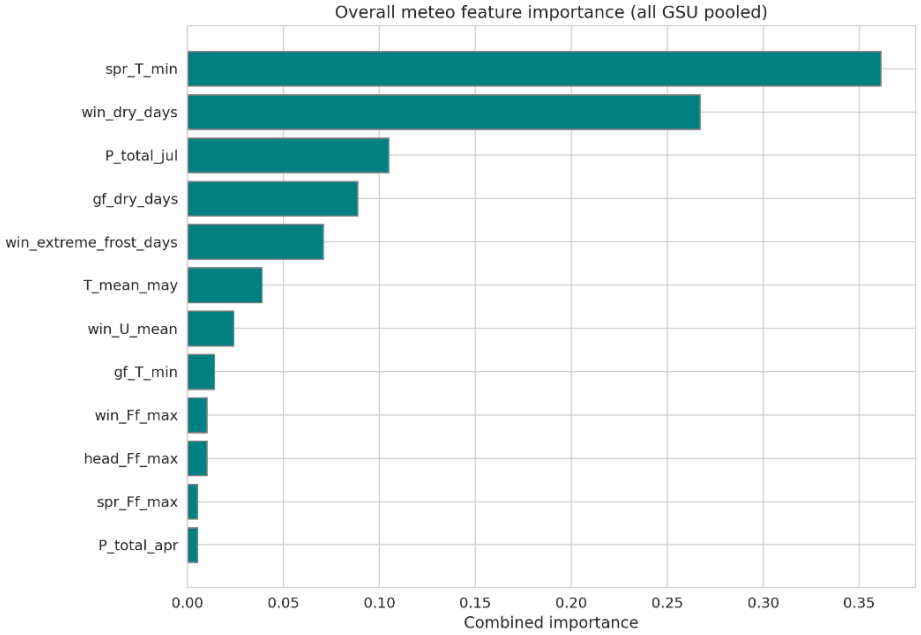


Рис. 1 Комбинированная важность метеорологических предикторов

Обсуждение. Полученные данные подтверждают, что формирование белка в зерне — это многофакторный процесс, где метеорологический данные успешно фильтруются методами машинного обучения. Биологическая роль весенних минимумов, доминирование весенних минимальных температур в рейтинге важности (0,361) объясняется чувствительностью озимой пшеницы к возвратным холодам в фазу кущения и выхода в трубку. Поздние заморозки нарушают метаболизм и повреждают проводящую систему стебля. Тот факт, что Random Forest и Gradient Boosting присвоили этому признаку вес в 10 раз выше, чем Lasso, указывает на триггерный характер влияния: вред наносит не просто низкая температура, а переход через критический порог, после которого содержание белка резко снижается.

Влияние низкого количества осадков зимой подтверждено всеми моделями. Низкая влажность зимой при отсутствии снежного покрова ведет к физиологическому иссушению узла кущения. Это ограничивает развитие корневой системы, что в дальнейшем ухудшает способность растения усваивать азот из почвы в критические фазы.

Также были проанализированы данные с нескольких госсортоучастков. Исследование показывает, что микроклиматические особенности влияют на важность параметров. Поэтому ключевые параметры могут отличаться для конкретных мест исследования.

Заключение. В результате проведенного исследования влияния детализированных метеорологических факторов на качество зерна озимой пшеницы в условиях Ставропольского края подтверждено, что для параметров с пороговыми значениями ансамблевые модели показывают лучшие результаты. С помощью Random Forest в работе были оценено влияние экстремальных метеорологических значений на содержание белка в зерне озимой пшеницы.

Основным ограничением полученных моделей является их привязка к конкретным сортоучасткам. Тем не менее, предложенный методологический подход может быть использован для создания систем оперативного прогнозирования качества зерна и уточнения агроклиматического районирования сортов в регионе.

Библиографический список

1. Zhou, X., Kono, Y., Win, A., Matsui, T., & Tanaka, T. S. T. (2021). Predicting within-field variability in grain yield and protein content of winter wheat using UAV-based multispectral imagery and machine learning approaches. *Plant Production Science, 24*(2), 137–151. https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1819165

2. Md. Abu Jabed, Masrah Azrifah Azmi Murad, Crop yield prediction in agriculture: A comprehensive review of machine learning and deep learning approaches, with insights for future research and sustainability, Heliyon, Vol. 10, Issue 24, 2024, e40836, ISSN 2405-8440, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40836.

3. Статистические методы исследований процессов и машин в агробизнесе: учеб. пособие / К. А. Сохт, Е. И. Трубилин, В. И. Коновалов. - Краснодар: КубГАУ, 2016. - 217 с.

УДК 631.445.1:551.5

КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ ЛОД РГАУ-МСХА ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Шмакова Кристина Алексеевна, *аспирант кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kshmakova@rgau-msha.ru*

Научный руководитель – ***Каменных Наталья Львовна,*** *к.б.н., доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nl-povetkina@mail.ru*

Аннотация: *В работе описаны климатические условия, в которых формируются дерново-подзолистые почвы на территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А.*

Тимирязева. Рассматриваются основные особенности климата— количество осадков и сумма активных температур — и их влияние на процессы образования и свойства этих почв. Полученные данные помогут лучше понять, как климат влияет на плодородие и использование дерново-подзолистых почв в лесном хозяйстве.

Ключевые слова: *дерново-подзолистые почвы, климатические условия, почвообразовательные процессы.*

Климат территории Лесной опытной дачи (ЛОД) характеризуется как умеренно-континентальный с умеренно холодной зимой и теплым летом, что типично для центральной части Восточно-Европейской равнины [2, 3].

Для анализа климатических условий использованы данные Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона с 1988 по 2024 годы.

На рисунке 1 представлена динамика среднегодовых температур с 1988 по 2024 годы. Визуальное представление данных в форме гистограммы с наложенной линией тренда позволяет констатировать устойчивую восходящую тенденцию в изменении анализируемого параметра [4].

По показателям рисунка 1 минимальная среднегодовая температура отмечена в 1993 году (4,7 °С), а максимальная в 2020 и 2024 годах (8,0 °С). Скачки выше 7 °С отмечены в 1989, 2007, 2008, 2014, 2015, 2016, 2019 и 2023 годах.

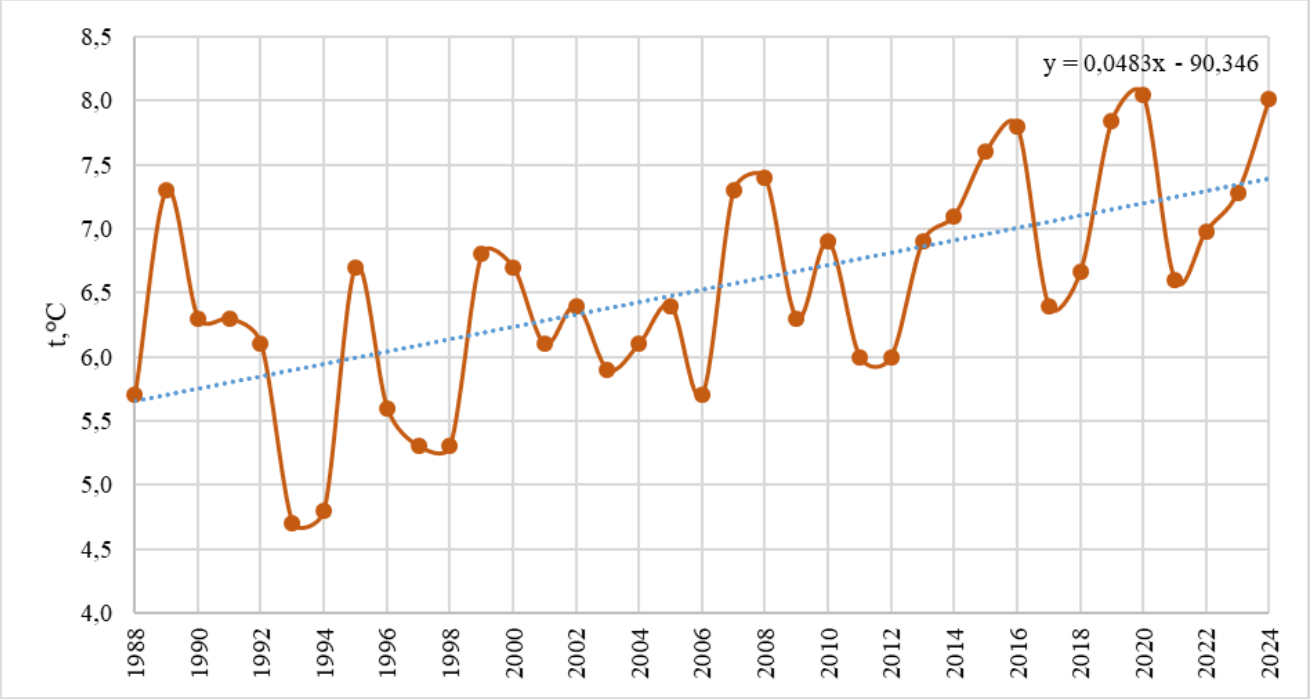


Рис.2 – Динамика среднегодовых температур воздуха за 1988-2024 гг.

Анализ температурной динамики выявляет аномальные колебания в период 1990-1998 годов, характеризующиеся выраженным снижением среднегодовых показателей [4]. Данный временной интервал, демонстрирующий минимальные температурные значения в рамках всего исследуемого периода, образует выраженный компенсационный минимум на фоне устойчивой восходящей климатической тенденции [1].

Более обобщенно на рисунке 2 отмечены средние годовые температуры за различные промежутки времени. Можно отметить, что за 37 лет с 1962 года по 1999 год температура увеличилась на 2,0 °С, а за промежуток с 1999 по 2010 года (11 лет) данный показатель увеличился на 0,6 °С и еще на 0,6 °С за следующие 14 лет [4].

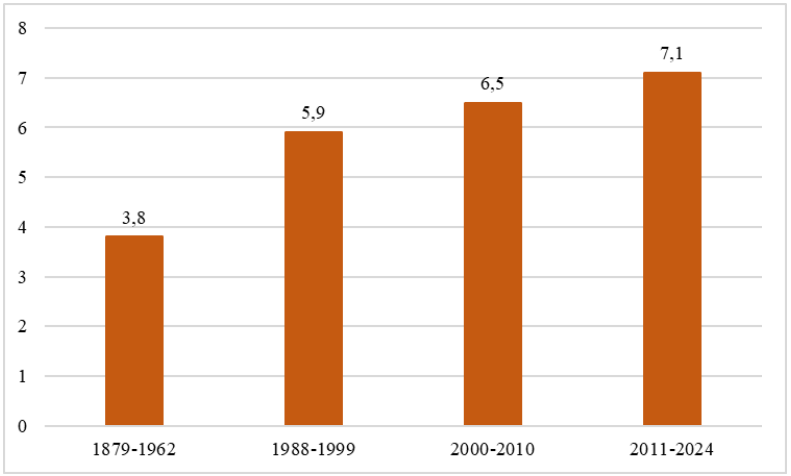


Рис. 3 - Средняя годовая температура за 1879-1962, 1988-1999, 2000-2010 и 2011-2024 гг.

На рисунке 3 отображена динамика среднегодовых сумм осадков за период 1998-2024 гг. В отличие от температурного графика, снижение данного показателя выражено незначительно, что подтверждается пологим уклоном линии тренда. Наблюдается чередование влажных и засушливых лет, что обеспечивает относительную равномерность распределения осадков. Минимальное значение зафиксировано в 2014 году (462 мм), однако оно компенсируется аномально высоким показателем предыдущего года (932 мм).

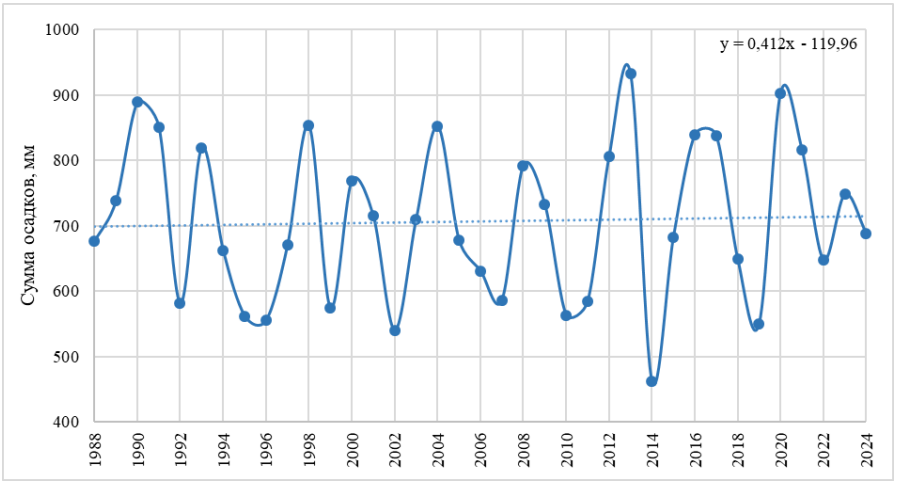


Рис. 4 – Динамика среднегодовых сумм осадков за 1988-2024 гг.

Климатические особенности территории характеризуются постепенным повышением среднегодовой температуры при сохранении общего уровня увлажнения. Такие условия способствуют изменению видового состава растительности. Лесотаксационные исследования ЛОД за период 1862-2024 гг. свидетельствуют о тенденции замещения хвойных древостоев лиственными и смешанными насаждениями. Отмечается активное развитие подроста, приводящее к трансформации чистых древостоев в смешанные [4].

Климатический фактор, являясь ключевым элементом почвообразования, оказывает прямое влияние на физико-химические свойства почв, что в свою очередь определяет состав и состояние растительных сообществ. Изменения микроклиматических условий способствуют перераспределению видов и формированию новых фитоценозов.

Библиографический список

1. Белолюбцев А.И., Дронова Е.А. климат, как естественно исторический фактор развития эрозии почв // Природообустройство, No5, с.75-82, 2018

2. Наумов В.Д., Поляков А.Н. 145 лет Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. М., 2009 512 с.

3. Наумов, В. Д. Почвенно-экологическая и фитосанитарная оценка лесорастительных условий древостоев на территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева: монография / В. Д. Наумов, О. Г. Смирнова, А. Н. Смирнов, Н. Л. Каменных. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 227 с. — ISBN 978-5-4497-0564-8.

4. Шмакова К.А. Сравнительная оценка свойств дерново-подзолистых почв ЛОД РГАУ — МСХА имени К. А. Тимирязева под древостоями различного состава и происхождения [Электронный ресурс]. — URL: https://elib.timacad.ru/dl/local/vkr-k8129.pdf (дата обращения: 21.04.2026).

СЕКЦИЯ «АГРОНОМИЯ»

УДК 632.936.2:632.78

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СЕЗОННОГО ЛЁТА МАССОВЫХ ВИДОВ ЛИСТОВЕРТОК В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ В 2025 ГОДУ

Пуэссиуа Лифорте Марцу**, аспирант кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**, e-mail: puessiualiforte@gmail.com

Митюшев Илья Михайлович**, к.б.н., доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**, e-mail: mitushev@rgau-msha.ru

***Аннотация:** Приведены результаты феромонного мониторинга плодовой изменчивой и подкоровой листоверток в условиях Нечернозёмной зоны в 2025 г. Изучена динамика сезонного лёта вредителей, для обоих видов подтверждено развитие одного полного поколения за вегетационный сезон.*

***Ключевые слова:** почковая листовёртка, листовёртки, Spilonota ocellana, феромонные препараты, защита растений, вредители плодовых культур*

В условиях агроэкосистемы плодового сада, независимо от климатической зоны, формируется обширная энтомофауна (нередко, включающая сотни различных видов), представленная различными группами насекомых, которых можно классифицировать систематически (по принадлежности к определенном отряду), по типам пищевой специализации (хищничество, паразитизм, фитофагия и др.), среде обитания (геобионты, дендробионты и др.), повреждаемым частям растений (ризофаги, филлофаги, карпофаги и др.), типам наносимых повреждений и т.п. Чешуекрылые (Insecta: Lepidoptera) в условиях агроэкосистемы плодового сада – обширная по количеству видов группа, включающая, в том числе, значительное количество фитофагов [4]. Вредящей стадией чешуекрылых является гусеница, при этом отмечается разнообразие специализаций по повреждаемым органам: например, яблонная *Cydia pomonella* (L.) (*англ.* Codling moth) повреждает плоды (карпофаг), древоточцы Cossidae (*англ.* Carpenter millers) – древесину стволов и ветвей (ксилофаги), листовёртки Tortricidae (*англ.* Leafroller moths) – почки и листья (бласто- и филлофаги) и т.д. [1, 2].

Комплекс видов листовёрток (Insecta: Lepidoptera: Tortricidae) в плодовом саду динамичен и нередко насчитывает свыше двух десятков видов, но массовыми вредителями, как правило, являются лишь несколько из них. При этом видовой состав может изменяться в течение нескольких лет: преобладающие виды снижают свою численность, и наоборот. Для оценки численностей листоверток используют визуальный мониторинг (учёт гусениц, питающихся на растениях) и феромонный мониторинг, основанный на привлечении самцов в клеевые ловушки. При этом феромонный мониторинг считают наиболее предпочтительным:

он не менее чем в 3 раза превосходит другие методы учёта по эффективности и снижению трудозатрат [3, 5].

В 2025 г. мы проводили феромонный мониторинг ряда видов листоверток в условиях Мичуринского сада ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Указанные исследования являются частью научного проекта, который ведется на кафедре защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева начиная с 2003 г. (до 2010 г. – кафедре энтомологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) [5]. Для мониторинга использовали клеевые ловушки типа Аттракон А (Дельта) из ламинированного картона и резиновые диспенсеры производства АО «Щелково Агрохим». Ловушки размещали на деревьях на высоте 1,7 м, в 50 метрах друг от друга. Клеевые вкладыши заменяли по мере загрязнения, диспенсеры – один раз в середине сезона [3, 5]. Идентификацию видов осуществляли по окраске крыльев и строению эдеагусов самцов. По результатам исследований было установлено, что два вида, плодовая изменчивая листовертка *Hedya nubiferana* (Haworth) (*англ.* Marbled orchard tortrix) и подкоровая листовертка *Enarmonia formosana* (Scopoli) (*англ.* Bark tortrix) имели высокую численность и характеризовались интенсивной динамикой лёта (рис. 1).

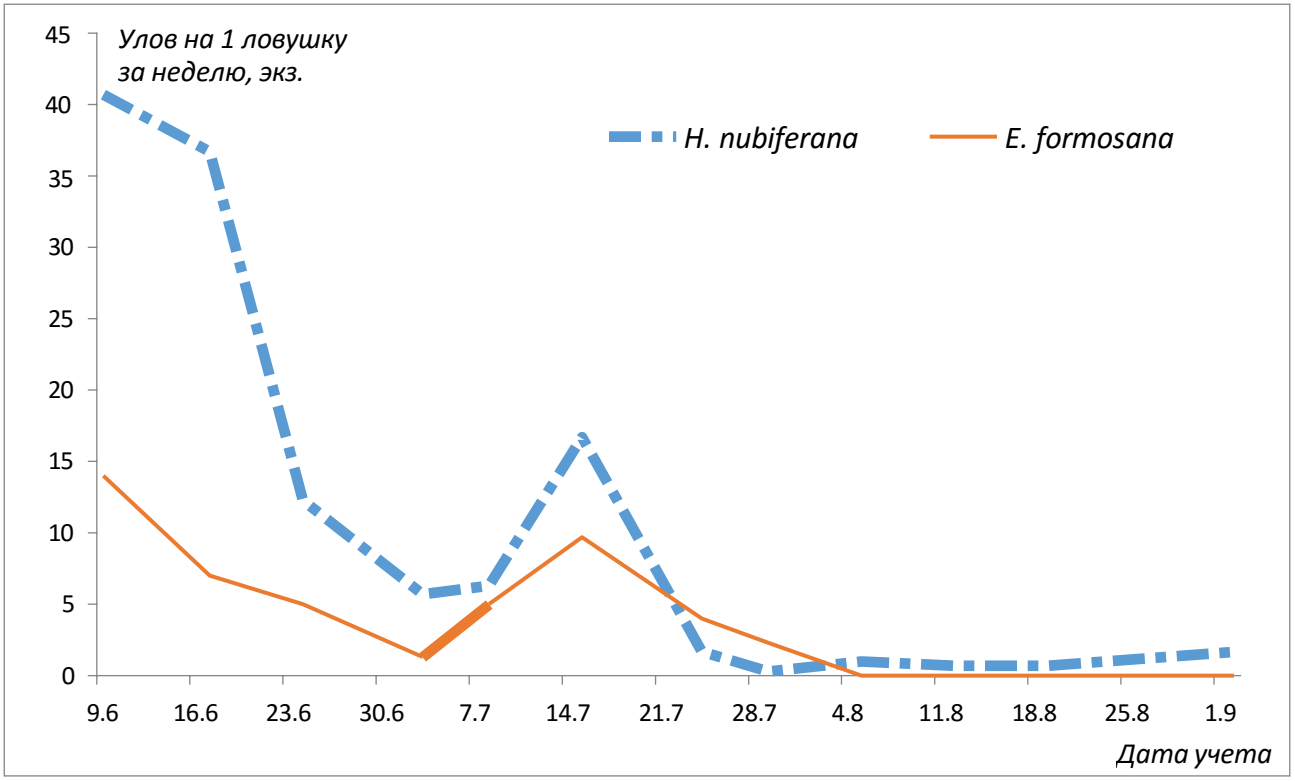


Рис. 5. Динамика сезонного лёта плодовой изменчивой и подкоровой листоверток в условиях НЧЗ в 2025 году

Начало лёта плодовой изменчивой листовёртки было отмечено в середине I декады июня, он характеризовался высокой интенсивностью в течение всего июня (12,3-40,7 экз. на 1 ловушку за неделю). Затем интенсивность лёта вредителя снизилась, и он полностью прекратился в III декаде июля. Полученные данные подтверждают моновольтинность плодовой изменчивой листовёртки.

Начало лёта подкоровой листовёртки также было отмечено в первой декаде июля, однако динамика лёта характеризовалась двумя выраженными пиками лёта – в июне (5,0-14,0 экз. на 1 ловушку за неделю) и июле (5,0-9,7 экз. на 1 ловушку за неделю, что подтверждает бивольтинность указанного вида, однако второе поколение было частичным. В течение августа отмечалось попадание единичных самцов подкоровой листовертки в ловушки, полностью окончание лёта было отмечено в I декаде сентября.

Таким образом, феромонные ловушки производства АО «Щелково Агрохим» позволяют контролировать численность и динамику лёта экономически значимых видов листоверток (Insecta: Tortricidae) на протяжении всего вегетационного периода.

Библиографический список

1. Защита растений в питомнике и саду: Справочник / Л. А. Дорожкина [и др.]. – Казань: Издательство ОАО "Идел-пресс", 2018. – 228 с.

2. Митюшев И.М. Англо-русский терминологический словарь-справочник по защите и карантину растений: English-Russian terminological dictionary and handbook on plant protection. – Издание 2-е, исправленное и дополненное. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2017. – 392 с.

3. Митюшев И.М., Вендило Н.В. Плетнев В.А. Эффективность мониторинга яблонной и сливовой плодожорок в зависимости от состава феромонных диспенсеров и типа ловушек // Плодоводство и ягодоводство России. – 2013. – Т. 36. – № 2. – С. 41-47.

4. Митюшев И.М. Вредители сельскохозяйственных растений // Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bigenc.ru/c/vrediteli-sel-skokhoziaistvennykh-rastenii-aaecc7, обращение 24.04.2026

5. Митюшев И.М. Прикладные исследования феромонов насекомых на кафедре защиты растений российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева // Фитосанитария. Карантин растений. – 2024. – № S2-1(18). – С. 85.

УДК 631.363

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕТОКСИКАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ У НАСЕКОМЫХ

Киселев Егор Дмитриевич, *аспирант кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* e.kiselevdw@yandex.ru

Приданников Михаил Викторович, *доцент кафедры защиты растений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* *mikhail.pridannikov@yahoo.com*

Сучков Александр Владимирович, *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, химический факультет,* alvsuchkov@yandex.ru

Аннотация: *В этой статье описаны основные механизмы детоксикации ксенобиотиков у насекомых. Расмотрены три фазы метаболизма (I; II; III), ключевые ферменты (цитохромы Р450, эстеразы, глутатион-S-трансферазы) и их регуляция транскрипционными факторами. Также на примере Spodoptera exigua (Hübner, 1808) показана возрастная динамика активности ферментов, роль синергистов и связь с формированием резистентности к инсектицидам.*

Ключевые слова: *детоксикация, насекомые, пестициды, цитохром Р450, глутатион-S-трансферазы, эстеразы, резистентность, Spodoptera exigua.*

Введение. Насекомые, питаясь растениями, всегда сталкиваются с широким спектром экзогенных биологически активных веществ (ксенобиотиков) природного происхождения, многие из которых для них токсичны, включая алкалоиды, пиретроиды, цианогенные гликозиды и др. На протяжении эволюции у насекомых сформировались эффективные механизмы преодоления токсичности этих веществ, позволяющие превращать их в менее опасные или полностью безвредные соединения, и выводить их или любые их остатки из организма [1-6]. Эти приспособления обеспечили насекомым высокую экологическую адаптивность и способность быстро приспосабливаться к биогенным и антропогенным

воздействиям, включая массовые и систематические применения синтетических и полусинтетических инсектицидов. Таким образом понимание механизмов детоксикации имеет принципиальное значение для разработки эффективных способов контроля численности вредителей, а также для прогнозирования рисков возникновения резистентности в популяциях.

Следует отметить два основных типа защитных реакций у насекомых: активация барьерных механизмов, которые препятствуют проникновению ксенобиотиков, а также метаболические, обеспечивающие их химическую трансформацию. Данные реакции могут действовать одновременно, однако именно метаболическая детоксикация вносит основной вклад в формирование устойчивости к ядохимикатам.

Барьерные и метаболические механизмы устойчивости. Одной из первых реакций насекомых на воздействие ксенобиотиков является ограничение проникновения через покровы. При топикальном попадании ксенобиотика наблюдается утолщение кутикулы, которое обуславливается повышением содержания жирных кислот в эпикутикуле, а также изменением экспресии генов, включая гены АТФ-связывающих кассетных транспортеров (ABC-транспортеров), что приводит к снижению проницаемости покровов [1]. Этот механизм очень важен для насекомых с твердым хитиновым экзоскелетом, однако он не обеспечивает полной защиты в случае попадания токсикантов единовременно и орально с растительной пищей.

Основную роль в формировании устойчивости у локальных популяций играет метаболизм. Ключевыми ферментными системами являются: цитохромы P450 (монооксигеназы), карбоксилэстеразы и глутатион-S-трансферазы (GST). Цитохромы P450 являются суперсемейством гемсодержащих ферментов, которые являются катализаторами окисления широкого спектра эндогенных и экзогенных соединений. Например, у чешуекрылых повышение активности P450 (преимущественно представители семейств CYP6 и CYP9) связано с развитием устойчивости к инсектицидам различных классов. Эстеразы обеспечивают гидролиз сложноэфирных связей, что актуально для синтетических пиретроидов и фосфорорганических соединений. Глутатион-S-трансферазы катализируют коньюгацию восстановленного глутатиона с электрофильными центрами ксенобиотиков, которые способствуют их инактивации и выведению [2, 3, 4, 6].

Метаболизм ксенобиотиков. Ксенобиотики – это экзогенные биологические активные вещества природного или синтетического происхождения, которые неестественны для организма. Внутри насекомых они претерпевают биотрансформацию и метаболизм, под этим подразумевается любое, в том числе неспецифическое превращение попавшего в организм ксенобиотика, тогда как метаболизм – это весь цикл превращений, начиная от падания в организм до вывода продуктов метаболизма из организма. Экспрессия генов может адаптироваться к потребностям организма в детоксикации, также способствуя ее индуцированию и регуляции.

У насекомых, как и у других эукариот, система детоксикации представлена тремя последовательными фазами [2].

Первая фаза (несинтетическая): Реакции этой фазы включают: окисление, восстановление и гидролиз. Катализируются цитохромами P450, эстеразами и флавинмонооксигеназами. Субстратная специфичность этих ферментов очень низкая, что позволяет им окислять различные ксенобиотики. В результате реакций первой фазы исходное вещество приобретает или освобождает активные функциональные группы (- OH, - NH_2 , - SH), становится более полярным и гидрофильным, что подготавливает его к реакциям конъюгации. У чешуекрылых именно активность P450 часто определяет скорость детоксикации инсектицидов [2].

Вторая фаза (синтетическая): II фаза включает реакции: конъюгации, в ходе которых метаболит I фазы (или сам ксенобиотик, если он уже содержит активную группу) связывается с эндогенными донорами. Ключевые ферменты - глутатион-S-трансферазы (GST), УДФ-глюкуронозилтрансферазы (UGT) и сульфотрансферазы. Могут быть такие реакции, как

глюкуронирование, ацетилирование, метилирование и сульфатирование. Затем формируются водорастворимые, нетоксичные конъюгаты, которые легко выводятся из организма [2].

Третья фаза (транспортная): Данная фаза заключается в энергозависимом выведении конъюгированных метаболитов из клетки с помощью АТФ-связывающих кассетных транспортеров (ABC-транспортеров) и других мембранных переносчиков. Эти белки расположены в плазматической мембране и мембранах внутриклеточных компартментов, занимаясь эффективной элиминацией ксенобиотиков.

Также следует отметить, что возможно, как последовательное прохождение всех трёх фаз, так и изолированное действие только первой или только второй фазы, если молекула исходно обладает необходимой химической активностью [2].

Регуляция экспрессии генов детоксикации. Экспрессия генов ферментов детоксикации не является постоянной. Она регулируется в ответ на присутствие ксенобиотиков. У насекомых выявлены регуляторные системы, которые функционально идентичными с таковыми у млекопитающих. У млекопитающих ключевыми факторами транскрипции выступают арилуглеводородный рецептор (AhR), прегнановый рецептор X (PXR), конститутивный андростановый рецептор (CAR) и второй фактор, связанный с NF-E2. У насекомых обнаружены их ортологи: AhR опосредует ответ на ксенобиотики, усиливая экспрессию CYP6B1 у *Papilio polyxenes* и CYP6DA2 у *Aphis gossypii*; ортолог PXR – HR96 – модулирует транскрипцию CYP6D1 в клетках *Drosophila* S2; ортолог NF-E2 – CncC – выступает центральным регулятором детоксикации, способствуя сверхэкспрессии генов у устойчивых разновидностей *Drosophila,* а также регулируя CYP6DA2 у *A. gossypii* и CYP6BQ у *Tribolium castaneum.*

Также в регуляции участвуют рецептор эпидермального фактора роста (EGFR) и сигнальные каскады G-белковых рецепторов (GPCR). Индуцированная экспрессия ферментов детоксикации подтверждена экспериментально: разные ксенобиотики способны вызывать значительное повышение уровня экспрессии генов, кодирующих ферменты метаболизма. Как пример, диета с добавлением ксантотоксина повышает уровень транскрипта CYP6B48 в средней кишке и жировом теле *Spodoptera litura,* а хлорпирифос индуцирует экспрессию GST у личинок того же вида. У *Spodoptera frugiperda* ферменты CYP450 из подсемейств CYP6B, CYP321A и CYP9A индуцируются вторичными метаболитами растений – индолом, индол-3-карбинолом, 2-тридеканоном, ксантотоксином [2].

Spodoptera exigua (Hübner, 1808) является опасным многоядным вредителем сельскохозяйственных культур, распространённым по всему миру. Она поражает овощные, технические и декоративные культуры, нанося значительный экономический ущерб. Несмотря на широкое применение инсектицидов (абамектин, лямбда-цигалотрин, хлорантранилипрол, метафлумизон, индоксакарб), у полевых популяций, в частности из провинции Гуандун (Китай), отмечается очень высокий уровень резистентности. Основной причиной является усиленная метаболическая детоксикация, связанная с повышенной активностью цитохромов P450 [2].

Различные инсектициды вызывают изменения экспрессии генов детоксикации. Лямбда-цигалотрин, хлорантранилипрол, метафлумизон и индоксакарб вызывают сходные реакции в клетках жирового тела. Восемь генов P450 и 4 гена UGT значительно активируются. Абамектин, напротив, подавляет экспрессию большего количества генов. Это свидетельствует о различиях в механизмах детоксикации и предполагает, что абамектин вероятно может взаимодействовать с регуляторными путями иначе, чем другие инсектициды.

У резистентных популяций *Spodoptera exigua* выявлена сверхэкспрессия генов цитохрома P450 семейства CYP9A21 (CYP9A21v1, CYP9A21v2, CYP9A21v3, CYP9A21v4). Экспериментальное подавление их экспрессии (например, с помощью РНК-интерференции) приводит к резкому увеличению смертности при обработке хлорантранилипролом, что прямо указывает на их ключевую роль в формировании устойчивости [3].

Роль эстераз и глутатион-S-трансфераз. Карбоксилэстеразы (CarEs) принимает участие в гидролизе сложноэфирных связей. Хоть и диамиды не являются классическими

субстратами эстераз, их метаболиты, образующиеся после окисления P450, могут подвергаться дальнейшей эстеразной конъюгации. Подавление эстераз синергистом ТБФ повышает эффективность диамидов для старших личинок *S. exigua* на 25 - 30 %, что указывает на их участие в метаболизме этих инсектицидов.

Глутатион-S-трансферазы обеспечивают конъюгацию токсичных ксенобиотиков с восстановленным глутатионом, а также играют важную роль в защите от окислительного стресса, который часто возникает как побочный эффект воздействия пестицидов. Активность GST у *Spodoptera exigua* минимальна на первой личиночной стадии (L1) и максимальна на стадиях L3–L4, после чего несколько снижается. Их вклад в детоксикацию диамидов носит вспомогательный характер, но повышенная активность GST у средних возрастов может способствовать снижению смертности при сублетальных дозах.

Синергизм и возрастная динамика. Классический метод подтверждения роли конкретных ферментных систем это использование биохимических синергистов: пиперонилбутоксида (PBO, ингибитор P450), SSS-трибутилфосфортритиоата (DEF, ингибитор эстераз), диэтилмалеата (DEM, ингибитор GST). Применение этих соединений в комбинации с инсектицидом блокирует тот или иной метаболический механизм, что позволяет оценить вклад каждой ферментной группы в общий процесс детоксикации [3, 4, 5, 6].

У *S. exigua* ингибирование цитохромов P450 с помощью PBO приводит к значительному увеличению токсичности инсектицидов, особенно у старших возрастов личинок (L4–L5), тогда как для младших возрастов (L1–L2) эффект синергизма минимален. Причиной этого является не только существенное увеличение размеров органов, но и гормональная перестройка, которая связана с подготовкой к окукливанию. Это демонстрирует, что именно активность P450 является доминирующим фактором возрастной устойчивости. Активность ферментов детоксикации закономерно возрастает по мере развития личинок, что определяет снижение чувствительности к инсектицидам от ранних к поздним возрастам. Это позволяет отметить ранние стадии развития (L1–L2) как наиболее уязвимые для химического воздействия – так называемые «окна уязвимости» вредителя.

Также следует учитывать, что конститутивно высокая активность детоксикационных ферментов у старших возрастов личинок влечёт физиологическую «цену» - снижение репродуктивного потенциала и замедление развития при отсутствии селективного давления. Однако в агроценозах, где обработки пестицидами проводятся регулярно, эта плата компенсируется преимуществом выживаемости.

Заключение. Механизмы детоксикации насекомых представляют собой сложные многоуровневые процессы, включающие барьерные компоненты и фазы метаболической трансформации ксенобиотиков. Основную роль в метаболической устойчивости играют цитохромы P450, которые регулируются транскрипционными факторами AhR, HR96 и CncC. Глутатион-S-трансферазы и эстеразы выполняют вспомогательные, но важные функции, например, в защите от окислительного стресса и гидролизе некоторых классов инсектицидов. У Spodoptera exigua сверхэкспрессия генов P450 семейства CYP9A21 является ключевым механизмом резистентности к диамидам, а возрастная динамика активности ферментов определяет оптимальные сроки проведения химических обработок. Понимание этих процессов необходимо для разработки эффективной борьбы с вредителями, ротации инсектицидов и предотвращения возникновения устойчивости в популяциях.

Библиографический список

1. Лопатина Ю.В. и др. Механизмы устойчивости насекомых к инсектицидам // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 42–52.

2. Hu B., Zhang Y., Li H. et al. The expression of Spodoptera exigua P450 and UGT genes: tissue specificity and response to insecticides // Insect Science. 2019. Vol. 26. No. 2. P. 199–216.

3. Wang X., Huang X., Zhang Y. et al. Molecular identification of four novel cytochrome P450 genes related to the development of resistance of Spodoptera exigua (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole // Pest Management Science. 2018. Vol. 74. No. 8. P. 1938–1952.

4. Hu B., Wang X., Li H. et al. Changes in both trans- and cis-regulatory elements mediate insecticide resistance in a lepidopteron pest, Spodoptera exigua // PLoS Genetics. 2021. Vol. 17. No. 3. P. e1009403.

5. Hu B., Li H., Zhang Y. et al. Two independent regulatory mechanisms synergistically contribute to P450-mediated insecticide resistance in a lepidopteran pest, Spodoptera exigua // BMC Biology. 2025. Vol. 23. No. 1. P. 122.

6. Zuo Y., Zhang Y., Shi Y. et al. The synergism between metabolic and target-site resistance enhances the intensity of resistance to pyrethroids in Spodoptera exigua // Insect Biochemistry and Molecular Biology. 2025. Vol. 180. P. 104313.

УДК 631.526.32:635.655

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН НОВЫХ СОРТОВ СОИ

Леухина Оксана Витальевна, *научный сотрудник ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур», oxana_leukhina@mail.ru*

Аннотация: *В статье представлены результаты исследований за 2022-2024 годы. Установлено, что наибольшая урожайность (3,01 т/га) и сбор сырого протеина (1,17 т/га) зафиксированы у сорта Орлея при применении Оракула мультикомплекс, а у сорта Лидер 10 в варианте с Ризоторфином (2,84 т/га и 1,19 т/га соответственно).*

Ключевые слова: *соя, урожайность, качество семян, инокуляция, листовые подкормки*

В агропромышленном комплексе Российской Федерации зернобобовые культуры представляют собой значимый ресурс, особенно соя, которая обоснованно позиционируется как культура стратегической важности для обеспечения продовольственной безопасности. Основным препятствием при возделывании сои считается не стабильность урожайности. Использование экологически безопасных препаратов представляет собой один из способов устранения данной проблемы [1-3].

Для достижения наилучшего роста и развития сельскохозяйственных культур, ключевую роль играет применение биологических регуляторов роста и развития, которые служат важным резервом для увеличения урожайности, так как способствуют насыщению почвы основными и дополнительными питательными веществами. Это помогает компенсировать дефицит элементов питания в сложных климатических условиях и повышает способность растений противостоять стрессовым факторам [4, 5].

Целью исследований являлось изучение влияния технологических приемов (инокуляции Ризоторфином и листовых подкормок комплексным микроудобрением Оракул мультикомплекс) на урожайность и качество семян новых сортов сои.

Исследования проводились в 2022-2024 годах на экспериментальной базе ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур». Объектами исследований послужили детерминантный сорт сои селекции ФНЦ ЗБК Орлея и индетерминантный сорт селекции ООО «АСТ» Лидер 10.

Учетная площадь делянок 10 м^2. Норма высева – 600 тыс. шт./га. Посев широкорядный (ширина междурядий 45 см), размещение делянок рендомизированное. Варианты опыта: 1. Контроль; 2. Ризоторфин; 3. Оракул мультикомплекс; 4. Ризоторфин+Оракул мультикомплекс.

В день посева проводилась инокуляция семян Ризоторфином, содержащим штамм ризобий 634а (250 г на гектарную норму семян). В фазы 3-х тройчатых листьев и бутонизации осуществлялась обработка листьев растений сои микроудобрением Оракул мультикомплекс (2 л/га).

Учет урожайности проводился в соответствии с методикой агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами [5]; содержание сырого протеина и сырого жира определялось на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа SO 090711) (FOSS, Denmark); статистическая обработка данных выполнялась с использованием современных компьютерных программ по методике полевого опыта [6, 7].

Инокуляция семян Ризоторфином и фолиарные подкормки микроудобрением Оракул мультикомплекс оказывали положительное влияние на урожайность сои: инокуляция повышала урожайность в среднем по сортам на 14,0-17,0%, фолиарные подкормки – на 12,0-19,0%, совместное использование препаратов – на 10,0-17,0% (таблица 1). Максимальной урожайности достигал сорт Орлея в варианте с Оракулом мльтикомплекс, которая составила 3,01 т/га, а сорт Лидер 10 в варианте с Ризоторфином – 2,84 т/га. Урожай зерна в 2024 году превышал этот показатель в другие годы в среднем в 1,4 раза и составлял 3,40 т/га.

Таблица 1

Урожайность семян сои, т/га. 2022-2024 гг.

Сорт	Вариант	2022	2023	2024	$\bar{x}$
Орлея	Контроль	1,61	2,51	3,44	2,52
	Ризоторфин	2,17	2,76	3,68	2,87
	Оракул мультикомплекс	2,84	2,56	3,63	3,01
	Ризоторфин+ Оракул мультикомплекс	2,68	2,70	3,45	2,94
Лидер 10	Контроль	1,58	2,48	3,22	2,43
	Ризоторфин	2,55	2,76	3,21	2,84
	Оракул мультикомплекс	2,19	2,62	3,31	2,71
	Ризоторфин+ Оракул мультикомплекс	2,21	2,51	3,28	2,67
$\bar{x}$		2,23	2,61	3,40	2,75
$НСР_{05}$		0,29	0,26	0,35	

Были изучены такие биохимические показатели, как содержание сырого протеина и жира в семенах сои (таблица 2). Во влагообеспеченном 2022 году содержание сырого протеина в среднем по сортам выше, чем в 2023-2024 годах и составило 44,53%. Лидер 10 отличался высоким содержанием сырого протеина в семенах 45,80-46,50% в среднем за 3 года.

У сорта Орлея данный показатель колебался в пределах 42,30-42,80%. Оракул мультикомплекс и его сочетание с инокуляцией приводили к увеличению содержания протеина в среднем по вариантам у сорта Орлея на 1,16%, у сорта Лидер 10 на 0,81%. Содержание сырого жира в семенах в среднем за 3 года варьировало от 17,64% у сорта Лидер 10 в варианте с совместным использованием препаратов до 20,67% у Орлея в контроле. Во влажном 2022 году концентрация сырого жира ниже на 0,60-1,20% по сравнению с 2023 и 2024 годами. Следует отметить, что содержание сырого протеина и жира незначительно изменялось в зависимости технологических приемов.

Таблица 2

Содержание сырого протеина и сырого жира в семенах сои, 2022-2024 гг.

Вариант	Сырой протеин, %				Сырой жир, %			
	2022	2023	2024	$\bar{x}$	2022	2023	2024	$\bar{x}$
Орлея								
Контроль	42,90	41,50	41,00	41,80	20,20	20,90	20,90	20,67
Ризоторфин	42,60	41,60	41,10	41,77	20,30	20,90	20,77	20,66
Оракул мультикомплекс	43,70	42,30	40,90	42,30	19,10	20,10	20,80	20,00
Ризоторфин+Оракул мультикомплек	43,40	42,60	40,80	42,27	19,30	20,10	20,87	20,09
Лидер 10								
Контроль	45,90	46,10	46,10	46,03	17,20	17,90	18,50	17,87

Ризоторфин	46,10	45,90	45,50	45,83	18,10	18,00	18,83	18,31
Оракул мультикомплекс	45,90	47,00	46,50	46,47	17,00	17,60	18,40	17,67
Ризоторфин+Оракул мультикомплек	45,70	47,20	46,10	46,33	17,00	17,40	18,53	17,64
$\bar{x}$	44,53	44,28	43,50		18,53	19,11	19,70	

Сбор сырого протеина в семенах коррелирует с двумя основными факторами: урожайностью семян и содержанием протеина в них. В среднем за 3 года сбор сырого протеина колебался у сорта Орлея от 0,96 т/га в контрольном варианте до 1,17 т/га в варианте с Оракулом мультикомплекс, у сорта Лидер 10 – от 1,02 т/га в контроле до 1,19 т/га в варианте с инокуляцией (рисунок 1).

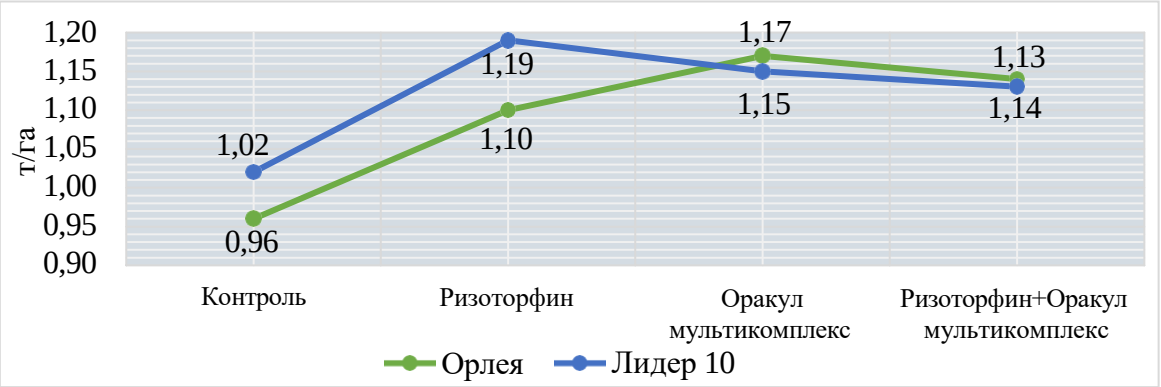


Рис. 1 Сбор сырого протеина с урожаем, 2022-2024 гг.

В 2024 году в связи с ростом урожайности сбор протеина выше, чем в 2023 и 2022 годах на 0,30-0,43 т/га.

Таким образом, использование технологических приемов (инокуляция семян Ризоторфином и листовые подкормки Оракулом мультикомплекс) оказывали положительное воздействие на урожайность и качество семян сортов сои. Наибольшая урожайность зафиксирована у сорта Орлея при применении листовых подкормок Оракулом мультикомплекс, достигнув 3,01 т/га, а у сорта Лидер 10 в варианте с Ризоторфином, продемонстрировав результат 2,84 т/га. Урожайность в 2024 году в среднем в 1,4 раза превысила значения 2022 и 2023 годов и составил 3,40 т/га.

Сорт Лидер 10 отличался наибольшим уровнем содержания сырого протеина в семенах, значения которого по вариантам опыта варьировали от 45,83 до 46,47%. Максимальный сбор сырого протеина с урожаем был получен у сорта Орлея в варианте с некорневыми подкормками – 1,17 т/га, а у сорта Лидер 10 в варианте с инокуляцией – 1,19 т/га.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Библиографический список

1. Леухина, Т.В. Влияние инокуляции и некорневых подкормок комплексным микроудобрением на продуктивность и качество семян новых сортов сои / Т.В. Леухина, С.В. Резвякова // Современное состояние и перспективы флористических и геоботанических исследований: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 145-летию со дня рождения В. Н. Хитрово, Круглого стола, посвящ. 120-летию со дня рождения С. И. Ефремова, г. Орёл, 18 окт. 2024 г. – Орёл: Орловский гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2025. – С. 224–232.

2. Головина, Е.В. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ: монография / Е.В. Головина, В.И. Зотиков. – Орёл: Картуш, 2019. – 320 с.
3. Панарина, В.И. Соя в России: современное положение на рынке / В.И. Панарина // Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур : сб. материалов 11-й Всерос. конф. молодых ученых и специалистов, г. Краснодар, 25–26 февр. 2021 г. – Краснодар : ФНЦ «Всерос. науч.-исслед. ин-т масличных культур им. В. С. Пустовойта», 2021. – С. 287–291.
4. Новикова, Н.Е. Физиологическое обоснование листовой подкормки для оптимизации питания зерновых бобовых культур в онтогенезе растений (обзор) / Н.Е. Новикова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1 (25). – С. 60–67.
5. Kocira, S. Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids / S. Kocira, M. Koszel, A. Szparaga, A. Kocira, E. Czerwińska, A. Wójtowicz, U. Bronowicka-Mielniczuk, P. Findura // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 9. – Article 388.
6. Лукомец, В.М. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами: практическое руководство / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, С.А. Семеренко. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б.А. Доспехов. – 6-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2011. – 350 с.

УДК 633.854.78:631.67:004

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ АГРОПРИЕМОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Ндайирагиже Жан Пьер*, аспирант кафедры общего и орошаемого земледелия ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», ndayiragijechaste@gmail.com*

Аннотация: *в условиях изменения климата и растущих требований к продовольственной безопасности эффективное управление водным режимом становится ключевым фактором в агрономии. Доказано, что интеграция цифровых технологий в сельском хозяйстве способствует повышению продуктивности посевов, снижению затрат на водные ресурсы и улучшению экологической устойчивости агросистем.*

Ключевые слова*: подсолнечник, обработка почвы, удобрения, цифровые технологии, изменение климата, осадки, водопотребление, управление водным режимом, урожайность.*

Подсолнечник – культура сухих степей и может переносить почвенную и атмосферную засуху, однако в культуре сельскохозяйственного производства он требователен к влаге. Для многих регионов лимитирующими продуктивность подсолнечника являются факторы влагообеспеченности и плодородия почв [1, 2].

Регулирование водного режима подсолнечника – это комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию водного баланса культуры на всех этапах его развития, что позволяет получать высокие и стабильные урожаи качественной продукции. Выбор конкретных методов регулирования зависит от климатических условий, типа почвы и экономических возможностей [3].

CROPWAT – это специализированное программное обеспечение, предназначенное для расчёта норм орошения и водопотребления различных сельскохозяйственных культур. Программа опирается на принципы рационального управления водными ресурсами и помогает агрономам и фермерам оптимизировать полив с целью максимизации продуктивности подсолнечника и других культур. В расчётах учитываются климатические параметры, свойства почв и биологические особенности растений, что обеспечивает эффективное планирование и управление водоснабжением в сельском хозяйстве [4]. CROPWAT активно применяется для обеспечения устойчивого земледелия и рационального использования водных ресурсов в условиях климатических изменений [5, 7].

Отечественные исследователи подчёркивают, что внедрение современных цифровых технологий обеспечивает планирование и рационализацию производственных процессов, а также повышает производительность и качество труда [6].

Наши исследования были проведены в 2025 году на территории учебно-опытного хозяйства «Кубань» Кубанского ГАУ им. И. Т. Трубилина в третьем стационаре кафедры общего и орошаемого земледелия. Схемой двухфакторного полевого опыта было предусмотрено исследование факторов и вариантов, представленных в таблице 1.

В 2025 году климатические условия стали критическими для посевов: весенние заморозки после посева привели к приостановке роста и массовым повреждениям подсолнечника птицами (около 30–50 % и более), что потребовало пересева, Лето было жарким и засушливым с не номерными осадками, вследствие чего снизились и урожайность, и масличность семян.

Учитывая важнейшее значение влаги для роста, развития и формирования продуктивности подсолнечника нами с использованием цифрового моделирования была изучена динамика водного режима, величины водопотребления и эвапотранспирации – суточных затрат влаги на транспирацию растениями и испарение с поверхности почвы, в разных почвенно-климатических условиях – на территории Краснодарского края (рисунок 1).

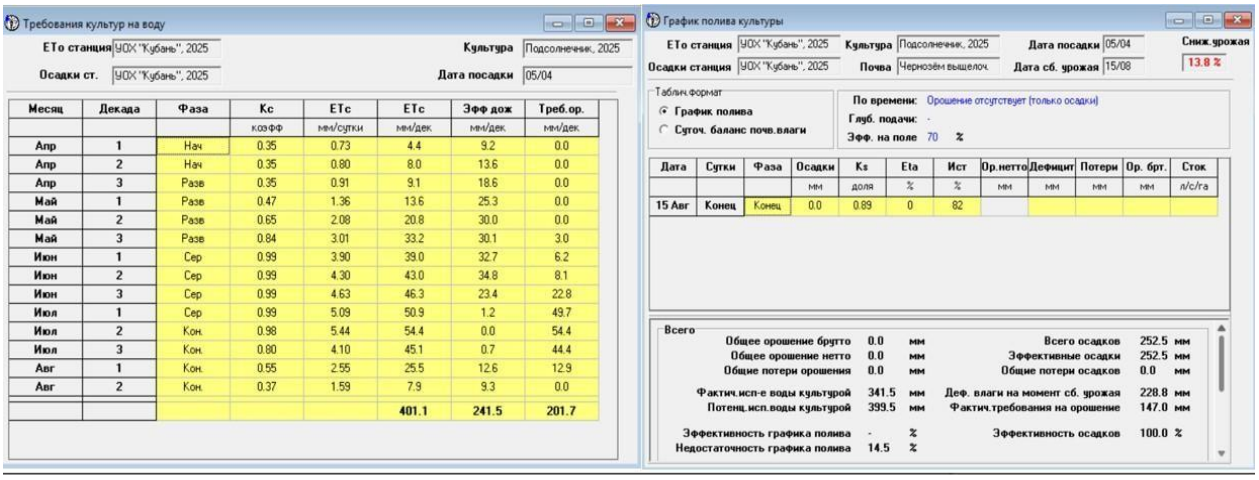


Рис. 1 Смоделированные показатели водопотребления для полива подсолнечника в условиях Краснодарского края, 2025 г.

Моделирование показало, что при выращивании подсолнечника, общая эффективность осадков в 2025 году составит 252,5 мм в условиях Краснодарского края. Кроме того, был установлен существенный дефицит влагообеспеченности, который свидетельствует о необходимости применения орошения для формирования урожайности на уровне 35-40 ц/га и больше.

В полевых исследованиях установлено, что при применении высокой дозы удобрения наблюдается существенный рост показателя водопотребления (табл. 1). Наилучшее

потребление влаги с минимальным коэффициентом водопотребления 1166 м^3/га сформировался на варианте с вспашкой и внесением наибольших доз азотно-фосфорных удобрений.

Таблица 1

Показатели эффективности использования влаги растениями подсолнечника гибрида Куба в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрения, 2025 г.

Система основной обработки почвы (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Показатель			
		использовано из почвы, м^3/га	количество осадков за вегетацию, м^3/га	суммарное водопотребление, м^3/га	коэффициент водопотребления, м^3/т
Вспашка (контроль)	Контроль (без удобрений)	804	2525	3329	1970
	$N_{20}P_{30}$	833	2525	3358	1423
	$N_{40}P_{60}$	890	2525	3415	1166
Мелкая безотвальная	Контроль (без удобрений)	650	2525	3175	2860
	$N_{20}P_{30}$	677	2525	3202	1601
	$N_{40}P_{60}$	723	2525	3248	1511
Безотвальная	Контроль (без удобрений)	693	2525	3218	1915
	$N_{20}P_{30}$	847	2525	3372	1447
	$N_{40}P_{60}$	885	2525	3410	1317

В 2025 году пик урожайности зафиксирован при вспашке и удобрениях $N_{40}P_{60}$ (табл. 2). Дискование оказалось минимальным по урожайности семян - 11,1 ц/га, на 26% ниже лучшего варианта. Удобрения $N_{40}P_{60}$ повысили урожайность подсолнечника до 29,3 ц/га при вспашке что на 2,6 ц/га выше без удобрений.

Таблица 2

Урожайность семян подсолнечника гибрида Куба по повторениям в зависимости от влияния системы основной обработки почвы и удобрения, ц/га, 2025 г.

Фактор/вариант		Урожайность, ц/га	Отклонение, ±		Среднее по факторам	
система основной обработки почвы (фактор А)	удобрения (фактор В)		ц/га	%	А	В
Вспашка (контроль)	Контроль (без удобрений)	16,9	–	–	23,2	14,9
	$N_{20}P_{30}$	23,6	+6,7	+39,6		22,3
	$N_{40}P_{60}$	29,3	+12,4	+73,4		25,6
Мелкая безотвальная	Контроль (без удобрений)	11,1	–5,8	–34,3	17,5	
	$N_{20}P_{30}$	20,0	+3,1	+18,3		
	$N_{40}P_{60}$	21,5	+4,6	+27,2		
Безотвальная	Контроль (без удобрений)	16,8	–0,1	–0,6	22,0	
	$N_{20}P_{30}$	23,3	+6,4	+37,9		

	$N_{40}P_{60}$	25,9	+9,0	+53,3		
Среднее по опыту					20,9	
$НСР_{05}$ по фактору А					1,7	
$НСР_{05}$ по фактору В						0,8

Дисперсионным анализом доказано, что применение азотно-фосфорных удобрений было наиболее важным фактором повышения продуктивности подсолнечника, его долевое участие было максимальным – 73,2 %. Система почвенной обработки также внесла существенный вклад в формирования урожая семян – 22,2 %. Взаимодействие между этими факторами было минимальным – 2,5%, как и влияние неучтённых факторов – 2,0 %.

В 2025 году из-за неблагоприятных погодных условий содержание жира в семенах подсолнечника во второй половине вегетации составило 40,1%. Вспашка с $N_{40}P_{60}$ повысила его до 43,7% (на 1,1 % выше дискования, 40,2%). Удобрения улучшили этот показатель. Так, без удобрений он был равен 38,3%, а с применением под основную обработку почвы азотных и фосфорных удобрений зафиксировано его увеличение до 1,8–3,5 %.

Список литературы

1. Чурзин В.Н., Дубовченко А.О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 158-167.
2. Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. Снегозадержание и формирование водного режима сельскохозяйственных земель Центрального Черноземья России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственнойакадемии. 2022. № 3. С. 39-47.
3. Ндайирагиже Ж. П., Кутовенко Д. А., Коковихин С. В. Экологическое обоснование агроприемов для управления водным режимом подсолнечника с использованием цифровых технологий // Пути решения экологических проблем как важнейшая основа устойчивого развития регионов : Сборник статей по материалам международной научной экологической конференции, Краснодар, 24 марта 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2025. – С. 297-300.
4. Коковихин, С. В. Моделирование водного режима посевов подсолнечника с применением цифровых технологий / С. В. Коковихин, Ж. П. Ндайирагиже, Д. А. Кутовенко // Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2024 год : Сборник трудов конференции, Краснодар, 05 февраля 2025 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2025. – С. 35-37.
5. Коковихин С. В., Василько В. П., Сташкина А. Ф. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 36(199). С. 71-89.
6. Чутчева Ю. В., Коротких Ю. С., Кирица А. А. Цифровые трансформации в сельском хозяйстве // Агроинженерия. 2021. № 5(105). С. 53–58. DOI: 10.26897/2687-1149-2021-5-53-58.
7. Коковихин С. В., Ндайирагиже Ж. П., Агроэкологические параметры и водный режим подсолнечника при выращивании культуры с использованием цифровых технологий в разных странах // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2025. № 45 (208), 2026. С. 22-40.

УДК 631.526.32:635.655:631.86

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ И НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СИМБИОТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ

Леухина Татьяна Витальевна, *научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур», tanya_leukhina@mail.ru*

Аннотация: *Изучено влияние инокуляции и некорневых подкормок на симбиотическую деятельность и продуктивность сортов сои селекции ФНЦ ЗБК: Слава, Орлея, Мезенка и Зуша. Агроприемы активизировали симбиотическую деятельность сои, способствовали росту массы семян с растения и массы 1000 семян. Наибольший эффект получен при совместном применении инокуляции семян и некорневых подкормок в течение вегетации.*

Ключевые слова: *соя, инокуляция, некорневые подкормки, симбиотические признаки, продуктивность.*

Азотфиксация является центральным элементом в биогеохимическом цикле азота, переводя инертный атмосферный газ в форму, доступную для живых организмов. Наиболее характерен этот механизм для бобовых культур в агроценозах, благодаря их уникальной возможности формировать симбиоз со специфичными почвенными бактериями – ризобиями. Эта особенность объясняет высокую значимость бобовых в современных системах земледелия, ориентированных на повышение плодородия почв и снижение объемов применения минеральных азотных удобрений [1-3].

Применение инокуляции семян микробиологическими препаратами и некорневые подкормки микроудобрениями являются широко известными агротехническими приёмами возделывания универсальной зернобобовой культуры – сои. Обработка семян ризобиями и некорневые подкормки активизируют физиологические процессы, способствуя росту количества и массы клубеньков, площади листьев, фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза [4]. Это, в свою очередь, способствует получению стабильных высоких урожаев и повышению устойчивости растений.

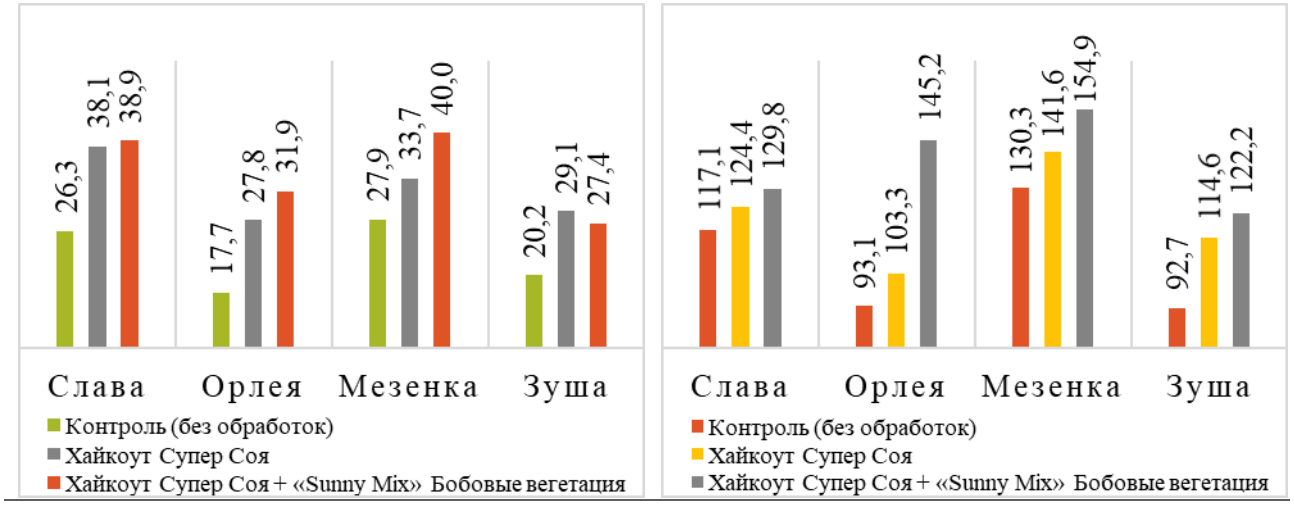
Цель исследований – изучить влияние инокуляции и некорневых подкормок на симбиотическую деятельность и продуктивность сортов сои.

Исследования проводились в 2023-2024 годах на опытном поле ФГБНУ ФНЦ ЗБК. Материалом для исследования являлись сорта сои селекции ФНЦ ЗБК: Слава, Орлея, Мезенка и Зуша. Почва опытного участка тёмно-серая лесная, среднесуглинистая, среднегумусовая (4,0-6,0%), слабокислая (pH 5,1-5,5). Метод размещения вариантов – рендомизированный. Площадь опытных делянок – 10 м^2. В опыт включены следующие варианты: 1. контроль (без обработок), 2. инокуляция (Хайкоут Супер Соя), 3. инокуляция + некорневые подкормки (Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация).

Семена перед посевом обрабатывались инокулянтом Хайкоут Супер Соя, содержащим штамм ризобий 532С – 1,42 л/т семян. Некорневые подкормки проводились в фазу 2 тройчатых листьев (0,5 л/га) и в фазу начало бутонизации (1 л/га). В состав удобрения входят N, P_2O_5, K_2O, B, Zn, S, Mo, Co, MgO, Mn, CaO, Fe, Cu.

Закладка полевого опыта и статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась по методике полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Б.А. Доспехова (2011) [5], изучение симбиотической деятельности – Методы изучения биологической фиксации азота воздуха (Посыпанов Г.С, 1991.) [6], анализ активности нитрогеназы осуществлялся на портативном газовом хроматографе ФГХ-1; в фазе созревания с делянок был проведен отбор снопового материала для структурного анализа (Лукомец В.М., 2022) [7].

Полученные результаты продемонстрировали, что под воздействием предпосевной обработки семян жидким инокулянтом в фазу цветения отмечался рост числа клубеньков на корневой системе у всех исследуемых сортов сои от 21% (Мезенка) до 57% (Орлея). Также было зафиксировано повышение сухой массы клубеньков, которое варьировалось в пределах от 6% для сорта Слава до 24% для сорта Зуша (рис. 1).



количество клубеньков, шт. сухая масса клубеньков, мг

Рис. 1. Симбиотические признаки сои в зависимости от инокуляции и некорневых подкормок в фазу цветения (среднее за 2023-2024 гг.)

Максимально положительное влияние на симбиотическую деятельность сортов сои оказало использование инокуляции совместно с микроудобрением. Установлено, что под действием некорневых подкормок комплексным микроудобрением, имеющим в составе минеральные элементы – Mo, Co и Mg, участвующие в ключевых процессах симбиоза с клубеньковыми бактериями, формирования клубеньков и метаболизма азота, число клубеньков у всех сортов увеличилось в диапазоне от 43% до 80%, а их сухая масса возросла от 11% до 56% в среднем за период наблюдений.

Эффективность микробиологического препарата и некорневых подкормок подтверждена анализом элементов структуры урожая в фазу полной спелости. За двухлетний период исследований при совместном применении агроприемов масса семян с 1 растения сои интенсивнее возрастала у сорта Орлея (на 1,8 г), у других сортов рост этого параметра варьировался от 0,7 г до 1,3 г (таблица 1). Использование инокуляции также благоприятствовало увеличению массы семян с растения, но менее интенсивно – на 0,3-1,7 г.

Таблица 1

Семенная продуктивность растений и масса 1000 семян сои под влиянием инокуляции и некорневых подкормок (среднее за 2023-2024 гг.)

Сорт	Вариант	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
Слава	контроль (без обработок)	11,9	169,8
	инокуляция	12,2	170,1
	инокуляция+некорневые подкормки*	13,0	172,0
Орлея	контроль (без обработок)	11,6	165,0
	инокуляция	13,3	165,9
	инокуляция+некорневые подкормки	13,4	167,6
Мезенка	контроль (без обработок)	12,2	153,5
	инокуляция	12,5	153,0
	инокуляция+некорневые подкормки	12,9	156,2

Зуша	контроль (без обработок)	10,2	162,0
	инокуляция	11,7	165,6
	инокуляция+некорневые подкормки	11,5	165,6

инокуляция+некорневые подкормки – Хайкоут Супер Соя + «Sunny Mix» Бобовые вегетация

В среднем за 2023-2024 гг. максимальная масса 1000 семян достигалась при совместном применении инокуляции и некорневых подкормок: на контрольных вариантах этот параметр колебался от 153,5 г (Мезенка) до 169,8 г (Слава), а при использовании предпосевной обработки вместе с удобрением диапазон составлял от 156,2 г до 172,0 г у тех же сортов. Следует отметить, что по этому параметру сорт Мезенка оказался мало отзывчив на инокуляцию.

Таким образом, проведенные исследования доказывают эффективность применения предпосевной инокуляции семян сои и ее комбинации с некорневыми подкормками микроудобрением. Комплексный агроприем, сочетающий инокуляцию и некорневые подкормки микроэлементами, проявил себя как наиболее результативный фактор активизации симбиотического аппарата, обеспечив максимальный прирост как количества клубеньков (до 80%), так и их сухой биомассы (до 56%), что в конечном итоге положительно отразилось на семенной продуктивности. Совместное применение изучаемых агроприемов привело к наибольшему росту массы семян с одного растения и массы 1000 семян у большинства сортов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по Гранту 075-15-2021-546.

Библиографический список

1. Головина, Е.В. Экзогенная регуляция симбиотической деятельности новых сортов сои в условиях ЦЧР / Е.В. Головина, О.В. Леухина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – №2(50). – С. 30-39.
2. Пигорев, И.Я. Влияние агротехники на результаты предпосевной инокуляции семян сои / И.Я. Пигорев, А.О. Кананыхин, К.В. Кузьминов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – №7. – С. 13-18.
3. Kebede, E. Contribution, Utilization, and Improvement of Legumes-Driven Biological Nitrogen Fixation in Agricultural Systems / E. Kebede // Frontiers in Sustainable Food Systems. – 2021. – Vol. 5. – P. 1-18.
4. Головина, Е.В. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность и продуктивность новых сортов сои / Е.В. Головина, О.В. Леухина // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1(45). – С. 40-49.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник / Б.А. Доспехов. – 6-е изд., стер. – Москва: Альянс, 2011. – 350 с.
6. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г.С. Посыпанов. – Москва; Агропромиздат, 1991 – 299с.
7. Лукомец, В. М. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами: практическое руководство / В. М. Лукомец, Н. М. Тишков, С. А. Семеренко. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. – 538 с.

УДК 632.937

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНЫХ ШТАММОВ С ФУНГИЦИДНЫМИ И РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

Масленникова Владислава Сергеевна, *к.с-.х.н., научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии ФГБОУ ВО Университет биотехнологий,*

vladislava.maslennikova@mail.ru

Нерсесян Степан Михайлович, *инженер-микробиолог микробиологической лаборатории ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, smnersesyan@gmail.com*

Шелихова Евгения Владиславовна, *научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, shelikhova.ev@yandex.ru*

Табанюхов Кирилл Александрович, *научный сотрудник лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, tabanyuhov93@mail.ru*

Аннотация: *Проведен первичный скрининг 30 бактериальных штаммов различной таксономической принадлежности. Установлено, что наиболее выраженным фунгицидным действием и ростостимулирующей активностью обладают представители родов Pseudomonas и Bacillus. Сочетание антагонистических свойств с амилолитической, протеолитической и фосфатмобилизующей способностями определяет их преимущества как основы для создания биологических препаратов.*

Ключевые слова: *ризосферные микроорганизмы, фунгицидная активность, бактерии р. Bacillus, Pseudomonas.*

Современная стратегия развития агропромышленного комплекса ориентирована на биологизацию земледелия и снижение пестицидной нагрузки на экосистемы. Создание эффективных биопрепаратов для растениеводства требует отбора микроорганизмов, обладающих полифункциональным действием [1].

Цель – оценка активности бактериальных штаммов, перспективных для создания комплексных биопрепаратов и микробных консорциумов.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись 30 штаммов микроорганизмов относящимся к родам *Bacillus, Priestia, Azotobacter, Arthrobacter, Pseudomonas, Enterococcus* из коллекции лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии ФГБОУ ВО Университет биотехнологий. Протеолитическую активность определяли методом выявления желатиназной активности на желатиновой среде. Амилолитическую активность определяли по способности гидролизовать крахмал на крахмало-аммиачном агаре; зоны гидролиза выявляли после обработки чашек раствором Люголя. Антагонистическую активность в отношении *Fusarium oxysporum, Rhizoctonia solani, Alternaria alternata и Bipolaris sorokiniana* определяли на среде Чапека-Докса методом агаровых блоков.

Результаты. В ходе скрининга установлено, что 9 бактериальных штаммов обладают выраженной фунгицидной активностью в отношении исследуемых фитопатогенных грибов. Высокий совокупный антифунгальный эффект продемонстрировали представители родов *Pseudomonas* (2 штамма) и семейства *Bacillaceae* (2 штамма). При оценке ферментативного профиля выявлены штаммы-продуценты гидролаз: амилолитическая активность зафиксирована у 21 штамма, протеолитическая — у 12. Способностью переводить труднодоступные соединения фосфора ($Ca_3(PO_4)_2$) в растворимую форму обладали 13 штаммов. Лучшую комплексную активность продемонстрировали штаммы бактерий родов *Pseudomonas* и *Bacillus*, у которых высокая фунгицидная активность сочеталась с максимальной активностью ферментов и фосфатмобилизацией.

Заключение. Полученные данные подтверждают перспективность использования бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве основы для создания микробных консорциумов с высокой биологической эффективностью.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00114, https://rscf.ru/project/25-26-00114/.

Библиографический список

1. Plant growth-promoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: Mechanisms, challenges and future perspectives / M. T. El-Saadony, A. M. Saad, S. M. Soliman [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. – Art. 923880. – DOI 10.3389/fpls.2022.923880.

УДК 633.3:633.13:631.8

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯНА ЗЕРНОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВИКООВСЯНЫХ СМЕСЕЙВ ЦЕНТРЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

***Прошин Константин Анатольевич**, аспирант ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», Proshin_k@mail.ru*

***Кончук Вадим Витальевич**, главный научный сотрудник, доктор с.-х. наук ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка», vadimkononchuk@yandex.ru*

***Аннотация:** При переувлажнении (ГТК 2,16) для получения 4,2-4,8 т/га зерна викоовсяных смесей различного состава с долей вики 55-67%, накоплением протеина и энергии 0,82-1,03 т/га и 53,4-61,1 ГДж/га на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве наиболее эффективно внесение под зябь $P_{60}K_{90}$, посев вики нормой 0,9 млн/га, овса 2,5 млн/га (50%) и две вегетационные подкормки биостимуляторами с микроэлементами.*

***Ключевые слова:** викоовсяные смеси, зерновая продуктивность, удобрение, норма высева, биостимуляторы, Нечерноземная зона.*

В последние годы среди зернобобовых культур, возделываемых для получения высококачественных сбалансированных по протеину и энергии концентрированных кормов в Центральном Нечерноземье по площади посева лидирует соя 468 тыс. га, горох 228тыс. га, вика и вико-злаковые смеси на зерно-4,6 тыс. га [1]. Если учесть, что зерно сои и продукты переработки уходят почти целиком на экспорт в страны Юго-Восточной Азии, то станет очевидным существенный недостаток высокобелковой продукции в рационах кормления молочного стада региона, частично покрываемый за счет закупок на юге России и за рубежом. Это снижает рентабельность производства молока и продуктов и его переработки.

Для повышения объемов производства высокобелковых кормов, используемых в рационах кормления молочного стада, необходимо существенное расширение посевных площадей зернобобовых культур с нынешних 2% засеваемой площади до 15-18% за счет развития семеноводства, внедрения новых высокопродуктивных сортов, в том числе и вики посевной крупносеменной, характеризующейся отсутствием антипитательных веществ в семенах, более высокой массой 1000 зерен, а также совершенствования элементов агротехнологии возделывания.

Цель исследования – оптимизация элементов агротехнологии возделывания сортов крупносеменной яровой вики в смеси с овсом на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья, для получения высококачественных концентрированных кормов.

Методика и условия исследования. Исследования проводили на опытном поле «ФИЦ Немчиновка» неподалеку от аэропорта «Внуково» на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве среднего уровня окультуренности. Осенью после уборки предшественника (озимые зерновые) в пахотном 0-20 см слое содержалось: гумуса 1,8-2,0%, P_2O_5 и K_2O (в 0,2 н. HCl - вытяжке по Кирсанову) 161-224 и 144-166 мг/кг соответственно, pH_{KCl} 5,4-5,6, гидролитическая кислотность ($H_г$) 1,9-2,2 мг-экв/100 г.

Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову за вегетационный период 2025 года (25.04-05.08) составлял 2,16, что характерно для избыточного увлажнения, которое в наибольшей степени проявлялось в первую половину вегетации. Налив и созревание бобов проходили в нормальных условиях увлажнения (ГТК 1,54 против 1,58 по норме), что обеспечило высокий уровень урожайности зерна.

Схема краткосрочного полевого опыта включала изучение реакции двух сортов и одного сортообразца вики посевной в смеси с овсом на нормы высева бобового компонента (фактор А), удобрение (фактор В) и применение аминокислотных биостимуляторов с микроэлементами по листу в составе баковой смеси при инсектицидно-фунгицидной защите растений (фактор С).

Общая площадь одного повторения 1440 м^2, площадь элементарной делянки 40 м^2. Для посева использовали семена репродукции ПР-1 сортов вики посевной Немчиновской селекции Мега, Московская10 и сортообразца Московская 20 (РННС), овса Залп (суперэлита).

Агротехнология в опыте общепринятая за исключением изучаемых элементов.

При разработке схемы полевого опыта, программы исследований и наблюдений использовали традиционные методики. Статическую обработку результатов учета урожая проводили по Б.А. Доспехову (1985) в компьютерной версии Statistica 8.

Концентрацию сырого протеина в зерне обоих компонентов рассчитывали умножением содержания $N_{общ.}$ на коэффициент 6,25, кормовых единиц и обменной энергии по формулами, приведенным в «Методических указаниях по оценке качества и питательности новых видов кормов» [2].

Результаты и обсуждение. В условиях избыточного увлажнения величины урожайности зерна, выхода кормовых единиц, накопления сырого протеина и обменной энергии изменялись в зависимости от изучаемых элементов агротехнологии соответственно в пределах 3,35-5,11т/га с долей вики 42-74%, 4,1-6,4 тыс./га, 0,56-1,03 т/га и 41,7-64,9 ГДж/га.

В среднем по опыту наиболее высокой зерновой продуктивностью выделялась зерносмесь с участием яровой вики Мега. Остальные смеси уступали ей от 3% до 24% в зависимости от показателя (таблица 1).

По энерго-протеиновой питательности предпочтительнее выглядели зерносмеси овса с викой Мега и с сортообразцом Московская 20, где концентрация обменной энергии и протеина заметно превышала нормативные требования к энерго-протеиновым концентратам.

Увеличение нормы высева вики в смесях от 0,9 млн/га до 1,2 млн/га приводило и снижению урожайности зерносмесей на 3-12% в зависимости от состава, продуктивности – на 4-12%, а выход вики оставался на уровне меньшей нормы высева. При этом число полноценных бобов на растении и семян в бобе, массы зерна с растения уменьшалось на 5-27% с наибольшей выраженностью (-18-27%) у смеси Мега +Залп (таблица 1). Аналогичная тенденция отмечалась и в исследованиях [3].

Применение меньшей из изучаемых доз N 30 кг/га на фоне $P_{60}K_{90}$ не влияло на урожайность зерна смешанных посевов, накопление обменной энергии и выход кормовых единиц, величины которых варьировали в пределах ±1-5% к аналогичным значениям на фоне $P_{60}K_{90}$. В несколько большей степени (±3-11%) изменялся сбор сырого протеина в связи с заметным с 65% до 52% снижением доли вики в конечном урожае. Повышение дозы N до 60 кг/га не влияло на величины зерновой продуктивности смесей с участием сортов вики Мега и Московская 10, которые находились на уровне естественного азотного фона ($P_{60}K_{90}$) или были несколько ниже. В то же время, смесь сортообразца вики Московская 20 + овес Залп проявляла наиболее выраженную отрицательную реакцию на эту дозу азота, снижая продуктивность на 14-20% в зависимости от показателя вследствие уменьшения густоты стояния вики к фазе полной спелости зерна на 9%, количества кондиционных семян на растение – на 7%, массы 1000 зерен на 2 г (-4%) (таблица 1).

Таблица 1

Влияние элементов агротехнологии на урожайность зерна и показатели продуктивности викоовсяных смесей различного состава. В среднем по факторам, кроме изучаемого. 2025 г.

Элемент агротехнологии		Вика Мега + овес Залп				Вика Московская 10 + овес Залп				Вика Московская 20 + овес Залп			
		урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс./га	сырой протеин, т/га	обменная энергия, ГДж/га	урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс./га	сырой протеин, т/га	обменная энергия, ГДж/га	урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс./га	сырой протеин, т/га	обменная энергия, ГДж/га
Норма высева вики млн/га «А»	0,9	4,90 / 56	6,2	0,98	62,3	4,68 / 47	5,6	0,76	57,4	4,03 / 61	5,1	0,84	51,4
	1,2	4,32 / 61	5,5	0,86	54,9	4,28 / 56	5,3	0,77	53,9	3,91 / 63	4,9	0,78	49,6
$НСР_{05}$, т/га		0,16				0,15				0,13			
Удобрение, кг/га «В»	$P_{60}K_{90}$	4,66 / 65	5,9	0,97	59,5	4,38 / 57	5,4	0,76	55,0	4,14 / 62	5,2	0,88	52,8
	$N_{30}P_{60}K_{90}$	4,49 / 52	5,6	0,86	56,8	4,44 / 50	5,6	0,78	56,7	4,20 / 61	5,3	0,84	53,4
	$N_{60}P_{60}K_{90}$	4,68 / 59	5,9	0,94	59,6	4,60 / 47	5,4	0,76	55,3	3,57 / 63	4,5	0,70	45,2
$НСР_{05}$, т/га		$F_ф < F_т$				0,19				0,16			
Биостимуляторы, – / + «С»	–	4,70 / 60	5,9	0,96	59,8	4,39 / 52	5,4	0,75	54,6	3,85 / 63	4,8	0,79	48,9
	+	4,53 / 57	5,7	0,89	57,4	4,56 / 51	5,6	0,78	56,7	4,10 / 61	5,2	0,83	52,0
$НСР_{05}$, т/га		$F_ф < F_т$				0,15				0,13			
В среднем по опыту		4,61 / 61	5,8	0,92	58,6	4,48 / 52	5,5	0,70	55,7	3,97 / 62	5,0	0,81	50,5
$НСР_{05}$, для частных различий		0,38				0,38				0,32			

Примечание: в знаменателе доля вики, %

Эффективность аминокислотных биостимуляторов с микроэлементами находилась в соответствии с составом зерносмесей. Если в смесях с участием вики Московская 10 и Московская 20 отмечалось повышение урожайности зерна и показателей продуктивности на 4-8% в сравнении с необработанным фоном, то у смеси Мега + овес проявлялась отрицательная реакция (-3-7%). Положительная реакция смешанных посевов зернобобовых культур с яровыми зерновыми на применение биостимуляторов проявлялась также и в работах [4, 5].

Заключение. На хорошо обеспеченных фосфором и калием дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья в условиях избыточного увлажнения зерновая продуктивность викоовсяных смесей с участием крупносеменного сорта бобового компонента Московская 10 и сортообразца Московская 20 с овсом Залп, близкая к достигнутым максимальным значениям (82-95%) обеспечивалась при сочетании поддерживающих доз P_2O_5 и K_2O 60 и 90 кг/га соответственно и составляла 4,20-4,47 т/га с выходом вики 67 и 52%. Для смеси Мега + овес Залп при урожайности 4,77 т/га, в том числе вики 3,20 т/га достаточно было только внесения фосфорно-калийного удобрения. При оптимальном сочетании агротехнических факторов сбор сырого протеина, выход кормовых единиц и накопление обменной энергии составляли соответственно 0,82-1,03 т/га, 5,3-6,1 тыс./га, 53,4-61,1 ГДж/га с максимум в смешанном посеве вики Мега с овсом.

Библиографический список

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году //Федеральная служба государственной статистики (РОССТАТ), Главный Межрегиональный Центр. – М.: 2022. http//ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29cx predv_2022.xlsx.
2. Сычев В.Г. Лепешкин В.В. Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов. – М.: ВНИИА. – 2009. – 64 с.
3. Меднов А.В., Гончаров А.В., Вольпе А.А., Матвеенко К.А., Круг Е.С., Калабашкина Е.В. Продуктивность новых сортов вики яровой селекции ФИЦ «Немчиновка» // Вестник Тувинского государственного университета. – Выпуск 2. – Естественные и сельскохозяйственные науки. – №3(81). – 2021. – С. 58-68.
4. Косиков А.О. Новикова Н.Е. Бобков С.В., Зеленов А.А. Некорневая подкормка удобрениями и их совместное использование с фиторегуляторами для повышения продуктивности и адаптивных свойств гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – №1. – 2019. – С. 5-9.
5. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Динамика накопления основных элементов питания в надземной биомассе в период вегетации и урожайность люпина узколистного в зависимости от макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений // Земледелие и растениеводства (Беларусь). – 2021. – №1. – С. 14-18.

УДК 633.491: 004.051:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАС-32 И БИОСТИМУЛЯТОРА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Дугба Ибрагим Сар, *аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, idugba2016@gmail.com*

Кухаренкова Ольга Владимировна, *к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, okuharenkova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье представлены результаты полевого опыта на дерново-подзолистой почве по изучению влияния прикорневой подкормки КАС-32 и фолиарной*

обработки биостимулятором Квантис на урожайность картофеля. Исследования выполнены на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Наибольшая урожайность была получена при выращивании картофеля при применении азотной подкормки и биостимулятора – 34,4 т/га при товарности урожая на уровне 95,1%.

Ключевые слова: *картофель, урожайность, азотное удобрение КАС-32, биостимулятор Квантис*

Картофелеводство – важная отрасль АПК, однако, потенциал биологической и хозяйственной продуктивности картофеля остается далеко неиспользованным, хотя почвенно-климатические условия большинства регионов страны в основном благоприятны для выращивания картофеля. Картофель, прежде всего из-за слаборазвитой корневой системы, является культурой, весьма требовательной к почвенным условиям, к элементам минерального питания [3, 5, 7]. Повышение урожайности картофеля на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием гумуса и минеральных форм азота возможно при обеспечении достаточного азотного питания растений в первый период вегетации. Целесообразно изыскивать более дешевые формы азотных удобрений. Альтернативой дорогостоящим аммиачной селитре и карбамиду может быть широко известное, но применяемое в недостаточном количестве, жидкое удобрение КАС-32 (карбамидно-аммиачная смесь), которое содержит все три формы доступного растениям азота (нитратная, аммонийная и амидная), обеспечивает продолжительное получение растениями необходимого азотного питания, практически полностью усваивается растениями, что позволяет снизить потери азота и гарантирует высокую результативность даже при неблагоприятных погодных условиях [2,4,6].

Также одним из перспективных направлений в решении задачи увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и картофеля, является применение биостимуляторов – веществ природного или синтетического происхождения, способных оказывать существенное влияние на рост, развитие и продуктивность растений. Биостимуляторы представляют собой широкий спектр соединений, включая гуминовые кислоты, аминокислоты, пептиды, экстракты морских водорослей и другие биологически активные вещества. Их применение может способствовать улучшению усвоения питательных веществ, повышению устойчивости растений к стрессовым факторам и, как следствие, увеличению урожайности и качества продукции [1, 6]. Несмотря на растущий интерес к биостимуляторам, их эффективность в отношении картофеля, особенно для различных сортов и агроэкологических условий выращивания, остается недостаточно изученной.

Цель исследований – изучение влияния прикорневой азотной подкормки КАС-32 и фолиарной (листовой) 1- и 2-кратной обработки биостимулятором Квантис на урожайность и товарность картофеля, содержание сухого вещества, крахмала и нитратов в клубнях.

Исследования выполнены на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2025 году в условиях 2-факторного полевого (производственного) опыта. Площадь опытной делянки –24 (3 х 8) м^2, учетной – 10 м^2, повторность опыта 4-кратная.

Выращивание картофеля на опытном участке было полностью механизировано, использовалась сельскохозяйственная техника для голландской технологии возделывания с междурядьями 75 см и ранним, сразу после посадки формированием полнопрофильного гребня (4-рядная картофелесажалка, культиватор-гребнеобразователь, ботвоудалитель, картофелеуборочный комбайн). Защита растений картофеля от сорняков, фитофтороза и колорадского жука осуществлялось при помощи пестицидов.

Объект исследований – столовый картофель сорта Ред Скарлетт: раннеспелый красноклубневый сорт голландской селекции, высокоурожайный, с содержанием крахмала в клубнях 10,1-15,6%, нематодоустойчивый, с высокой товарностью (82-96%) и лежкостью клубней при хранении ((98%).

Схема полевого опыта. Фактор А – доза внесения азота: 1. N_0 (контроль). 2. N_{90}. Азотное удобрение – КАС-32 вносили в прикорневую подкормку в фазу полных всходов, при высоте растений картофеля 10-12 см (N_{90} – 216 л/га удобрения при 25^{O}С). Фактор Б – доза, срок и кратность внесения Квантис: 1. Без Квантис (контроль). 2. Квантис, 3 л/га в фазу полных всходов. 3. Квантис, 6 л/га – по 3 л/га в фазу полных всходов и в фазу бутонизации-начала цветения. 4. Квантис, 3 л/га в фазу бутонизации-начала цветения.

Квантис – биостимулятор растительного происхождения (ООО «Сингента») и комбинированное органическое удобрение с аминокислотами (20 свободных аминокислот) и пептидами, обогащенное калием, кальцием, фосфором, серой, бором, цинком и марганцем, повышающее производительность растений, снижающее риски потери урожая, вызванные различными абиотическими и биотическими стрессами во время вегетации (град, засуха, заморозки, болезни и вредители, химические препараты, др.). Препарат проникает в растение посредством простой диффузии, без затрат энергии; при совместном применении с удобрениями переносит элементы питания, ускоряет преодоление растением голоданий. Дозы Квантиса в полевом опыте установлены в соответствии с рекомендациями производителя биостимулятора.

Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая на моренном суглинке. Агрохимические показатели пахотного 0-20 см слоя почвы: содержание гумуса 2,0%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – соответственно 204 мг и 318 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,3 ед., насыщенность основаниями – 87,1%.

Предшественником картофеля был яровой рапс (*Brassica napus var. napus* L., семейство *Brassicaceae*). Схема посадки: 0,75 х 0,24 (м). Густота посадки – 55,5 тыс. клубней/га. Уборка урожая картофеля проводилась механизировано, с помощью картофелеуборочного комбайна. Перед уборкой урожая проводили химическое удаление ботвы. Во время уборки урожая проводили учет урожая и отбирали образцы клубней для определения содержания сухого вещества, крахмала и нитратов. Урожайные данные обрабатывали статистически методом дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Office Exel 2019.

Метеорологические условия в период вегетации картофеля в 2025 году характеризовались резкими колебаниями среднесуточных температур и количества осадков в отдельные декады месяцев в сравнении со среднемноголетними данными. Так, большое количество осадков выпало в I декаду мая (в 3,4 раза больше), во II декаду июня (в 2,0 раза больше), во II и III декады июля и в I декаду августа (в 2,5-3,2 раза больше климатической нормы). Высокие температуры воздуха, существенно выше климатической нормы наблюдались в III декаду мая (на 5,3^{O}С выше), в I декаду июня (на 3,5^{O}С выше) и весь июль месяц (на 1,7-2,7^{O}С выше), а II и III декады июня температуры воздуха были значительно ниже климатической нормы (соответственно на 1,4^{O} и 3,1^{O}С). Крайне неравномерное выпадение осадков и резкие колебания температуры воздуха почти на три недели задержали появление всходов картофеля, были сложности с соблюдением сроков проведения как пестицидных обработок, так и обработок биостимулятором, особенно в фазу бутонизация-начало цветения картофеля.

Урожайность картофеля в полевом опыте (данные представлены в таблице) была сформирована под влиянием сложных метеорологических условий в период вегетации (крайне неравномерное выпадение осадков и сильнейшая засуха в августе месяце), применяемой на опытном поле голландской технологии возделывания с междурядьями 75 см и специализированной сельскохозяйственной техники, а также при внесении в прикорневую подкормку жидкого азотного удобрения КАС-32 (N_{90}) и фолиарной обработки растений биостимулятором Квантис.

На дерново-подзолистых почвах Московской области применение Квантис позволило снизить отрицательное действие абиотических (похолодание, переувлажнение) и биотических (заболеваемость фитофторозом) стресс факторов на растения и получить более высокую урожайность клубней во всех вариантах опыта с биостимулятором как на фоне подкормки

азотом, так и без ее использования. Прибавка урожайности от обработки картофеля Квантис варьировалась от 1,62 т до 2,81 т/га (от 2,2% до 16,3%) в зависимости от срока и кратности обработки, дозы препарата и уровня азотного питания. Наибольшая прибавка урожайности от Квантис была получена при выращивании картофеля с 2-кратной фолиарной обработкой – по 3 л/га в фазу полных всходов и в фазу бутонизации-начала цветения (расход рабочего раствора 250 л/га) и внесении азота в подкормку. Прикорневая подкормка КАС-32 во всех вариантах опыта повышала эффективность использования Квантис, прибавка урожайности картофеля от Квантис на фоне КАС-32 была по сопоставимым вариантам опыта выше на 0,16-0,45 т/га.

Таблица

Урожайность картофеля в полевом опыте

Доза азота, кг/га (фактор А)	Квантис, доза и срок внесения (фактор Б)	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности, т/га	
			от азота	от Квантис
N_0	Без Квантис (контроль)	24,12	-	-
	3 л/га в фазу полных всходов	26, 00	-	1, 88
	6 л/га – по 3 л/га в фазу полных всходов и в фазу бутонизации-начала цветения	26, 48	-	2,36
	3 л/га в фазу бутонизации-начала цветения	25, 74	-	1,62
N_{90}	Без Квантис (контроль)	31,58	7,46	-
	3 л/га в фазу полных всходов	33,62	7,62	2,04
	6 л/га – по 3 л/га в фазу полных всходов и в фазу бутонизации-начала цветения	34,39	7,91	2,81
	3 л/га в фазу бутонизации-начала цветения	33,37	7,63	1,79
$НСР_{05}$	для фактора А	0,61	0,61	-
	для фактора В	0,16	-	0,16

Однако, в условиях опыта по влиянию на величину урожая картофеля применение биостимулятора значительно уступало азотной подкормке КАС-32 (N_{90} в фазу полных всходов). Внесение азота в подкормку позволило дополнительно собрать с каждого гектара 7,46-7,91 т клубней, причем на фоне азота возрастала прибавка урожайности от Квантис, то есть использование биостимулятора было более эффективным на фоне внесения азота. Также была высокой окупаемость азота удобрения – было получено 82,9-87,9 кг клубней на 1 кг азота КАС-32.

Наиболее высокая урожайность картофеля – 34,39 т клубней/га с товарностью 95,1% сформировалась в варианте опыта КАС-32 (N_{90}) + Квантис, 6 л/га – по 3 л/га в фазу полных всходов и в фазу бутонизации-начала цветения.

Содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля варьировалось в зависимости от варианта опыта – от 17,42% до 19,70% и от 12,19% до 13,79% соответственно. Под влиянием биостимулятора несколько увеличивалось содержание сухого вещества и крахмала в клубнях (на 0,31-0,42% и на 0,23-0,34% соответственно содержание сухого

вещества и крахмаланях), под влиянием азотного удобрения наблюдалось более заметное снижение содержание сухого вещества и крахмала в клубнях (на 0,92-1,12% – содержание сухого вещества, на 0,64-0,78% – содержание крахмала). Содержание нитратов в клубнях картофеля во всех вариантах опыта не превышало ПДК, варьировалось по вариантам опыта от 143 мг до 182 мг/кг, несколько (на 29-32 мг/кг) повышалось при применении азотного удобрения.

Таким образом, жидкое азотное удобрение КАС-32 (прикорневая подкормка) и биостимулятор Квантис (фолиарная обработка растений) можно рекомендовать для внесения на картофеле для повышения стрессоустойчивости растений и урожайности культуры.

Библиографический список

1. Амиров, М.Ф. Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы при использовании биостимуляторов Мегафол и Квантис в условиях Республики Татарстан / М.Ф. Амиров, Т С. Цветков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – Т. 10, № 2. – С. 3-10. – DOI 10.55170/1997-3225-2025-10-2-3-10. – EDN BGQABC.

2. Багринцева, В.Н., Ивашененко И.Н., Дридигер В.В. и др. Эффективность применения на кукурузе аммиачной селитры и КАС-32 в зоне достаточного увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2024. № 3. С. 22–25. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-3-1-48.

3. Влияние комплексных минеральных удобрений в сочетании с азотными подкормками на урожайность сортов картофеля / Т.В. Гребенникова, М.М. Визирская, С.В. Жевора [и др.] // Путь науки. – 2023. – № 2(108). – С. 14-24. – EDN EWPAXC.

4. Комплексное обеспечение инновационных технологий производства сельхозяйственных культур с применением жидких азотных удобрений КАС / В.А. Милюткин, В.Н. Сысоев, А.Н. Макушин, Н.Г. Длужевский // Вестник ИрГСХА. – 2022. – № 108. – С. 19-31. – DOI 10.51215/1999-3765-2022-108-19-31.

5. Курмашева, Н.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность картофеля / Н.Г. Курмашева, Ф.Ф. Авсахов // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 2(62).

6. Мартинчик, Т.Н. Влияния регулятора роста растений и различных доз азотных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля сортов различной группы спелости / Т.Н. Мартинчик, В.М. Кобыляк // Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 10-13 апреля 2018 года / Ответственный редактор М.В. Ефимова. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2018. – С. 139-144. – EDN UPRIRM.

7. Сергеева, В.А. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на урожайность сортов картофеля / В. А. Сергеева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2024. – № 1(41). – С. 58-62. – EDN LYJUJF.

УДК 581.14:633.132

АДАПТИВНАЯ ПЕРЕСТРОЙКА МОРФОГЕНЕЗА У РАСТЕНИЙ МОРКОВИ (DAUCUS CAROTA L.) В УСЛОВИЯХ РАЗНОВРЕМЕННОЙ ГРАВИСТИМУЛЯЦИИ

***Багрецова Мария Романовна**, аспирант кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, младший научный сотрудник ФГБУН ГНЦ ИМБП РАН, lol2101bear@mail.ru*

***Смолянина Светлана Олеговна,** ведущий научный сотрудник ФГБУН ГНЦ ИМБП РАН, botanik22@phytol.ru*

***Тараканов Иван Германович**, профессор кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, plantphys@rgau-msha.ru*

Аннотация: Изучено влияние разновременной гравистимуляции на морфогенез моркови сорта Внучка. Установлено, что инвертное положение растений является стрессовым фактором, вызывающим уменьшение массы корней в 2–3 раза, изменение формы листьев и перераспределение сухого вещества. Наиболее отзывчивым органом оказалась корневая система.

Ключевые слова: гравистимуляция, морковь, морфогенез, корнеплод, адаптация.

Необходимым условием нормального роста и морфогенеза многоклеточных организмов является поляризация [1]. У фотоавтотрофных растений морфогенез контролируется комплексом внешних факторов, среди которых гравитационный фактор выступает как постоянно действующий [2]. Морковь *Daucus carota* L. формирует запасающий орган из главного корня, что делает её удобной моделью для изучения гравизависимого морфогенеза корневой системы и растения в целом.

Цель работы – изучение формирования морфогенетического ответа корнеплодных культур (на примере моркови) на нестандартные временные режимы гравистимуляции.

Материалы и методы. Объект исследования – морковь посевная *Daucus carota* L., сорт Внучка. Схема эксперимента включала 4 варианта: 1) контроль (естественное положение) в течение всего эксперимента; 2) инвертный (поворот на 180° на 7-е сутки); 3) переменный (смена положения каждые 3 суток, начиная с 7-х суток вегетации); 4) клиностатируемый в течение всего эксперимента (скорость вращения – 10 об./час). Питательный раствор – 0,5 нормы раствора Чеснокова. Условия эксперимента включали в себя: круглосуточное освещение с уровнем ППФ 390±30 мкмоль/(м^2·с), температура 25±1°С, относительную влажность воздуха 35±5%. На 60-е сутки оценивали морфометрические и анатомические показатели.

Результаты и обсуждение. Ориентация относительно вектора силы тяжести значимо повлияла на морфологию надземных органов. В контроле 65% листьев прямые, в инвертном и переменном вариантах более 80% листьев изогнутые (табл. 1). Высота надземных органов в опытных вариантах была на 30–35% ниже контроля.

Таблица 1

Морфометрические показатели растений моркови в зависимости от ориентации относительно вектора силы тяжести

Показатель	Контроль	Инвертный	Переменный	Клиностатирование
Число листьев, шт/растение	8,1±1,1	7,2±0,7	7,1±0,4	8,3±0,8
Доля изогнутых листьев, %	35±11	87±7	82±4	55±9
Высота надземных органов, см	30,0±2,3	20,1±3,7	21,3±1,8	20,2±1,3
Длина корнеплода, см	3,6±0,4	3,1±0,3	3,1±0,3	3,8±0,4

Инвертное положение привело к 30%-му уменьшению общей массы растений. Наиболее отзывчивым органом оказалась корневая система: сырая масса корней снизилась более чем в 3 раза в инвертном варианте и примерно в 2 раза – в переменном и клиностатируемом (табл. 2). Масса корнеплодов уменьшилась на 30% при постоянной инверсии и на 20% – при переменной.

Таблица 2

Сырая масса органов растений моркови, г/растение

Вариант	Листья	Корнеплод	Корни	Целое растение
Контроль	12,5±1,2	11,2±0,9	1,7±0,3	25,4±1,4
Инвертный	8,9±1,1	7,8±1,0	0,5±0,1	17,6±2,5
Переменный	11,8±1,5	9,4±1,2	0,9±0,2	22,1±2,7
Клиностатирование	12,3±1,8	10,2±1,1	0,8±0,2	23,0±3,5

Анатомическое исследование показало, что изменение положения в гравитационном поле вызвало 2–3-кратное увеличение числа слоёв перидермы (до 11–14 в переменном варианте) против 5 слоёв в контроле, что указывает на стресс, связанный с нарушением распределения ауксинов [5].

В контроле 95% сухой массы сосредоточено в листьях и корнеплодах. В опытных вариантах доля корней снизилась до 2–3%, при этом в инвертном варианте возросла доля корнеплодов, в переменном и клиностатируемом вариантах – доля листьев.

Заключение. Выращивание моркови в инвертном положении является стрессовым фактором, который выражен тем сильнее, чем дольше суммарный период нахождения растений в неестественном состоянии. Наиболее отзывчивый орган – корневая система, масса которой уменьшается в 2–3 раза. Масса корнеплодов снижается на 20–30% при инверсии. Переменное или постоянное изменение ориентации приводит к утолщению перидермы и увеличению клеток запасающей паренхимы [6, 7].

Библиографический список:

1. Медведев С. С. Растение и гравитационное поле Земли //Клеточная биология и биотехнология растений. – 2018. – С. 26-27.

2. Полевой В. В. Способы движения растений // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 1. – С. 23–27.

3. Nie H., Zhou W., Zheng Z. et al. Exploring plant responses to altered gravity for advancing space agriculture // Plant Communications. – 2025. – Vol. 6, № 6. – P. 101370.

4. Kurczyńska E., Sala-Cholewa K., Godel-Jędrychowska K. et al. Histological and Immunohistological Alterations in Carrot Roots and Leaves Under Salt Stress // International Journal of Molecular Sciences. – 2025. – Vol. 26, № 24. – P. 12027.

5. Zhao Y., Gong Y., Li Y. et al. High-quality carrots in relation to the superior phloem parenchyma cells and proportion of xylem vessel // Frontiers in Plant Science. – 2025. – Vol. 16. – P. 1590774.

УДК 631.524.8

ОЦЕНКА СОИ НА ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТЬ

Тевченков Александр Андреевич, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои ЛНИИР-филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, soya@lniir.ru

Сеничев Евгений Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои ЛНИИР-филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, soya@lniir.ru

Трунов Василий Владимирович, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства сои ЛНИИР-филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, soya@lniir.ru

Аннотация: Проведенный эксперимент показал реакцию сортообразцов сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК при воздействии с отрицательными температурами в естественных условиях. При воздействии отрицательных температур (-0,7; -1,3 ^{o}C) испытываемые линии сои были оценены на холодоустойчивость. Лучшие результаты показали линии Д-2522/2 и Д-2524/6.

Ключевые слова: соя, сортообразец, температура, холодоустойчивость, сверхранний посев

Соя – одна из важнейших белково-масличных культур в мире земледелия. По своему химическому составу она уникальна. Содержание белка в сортах сои составляет от 34 % до 48 % в зависимости от генотипа, почвенно-климатических условий и технологий выращивания этой культуры. Помимо белка она содержит более 20 % масла. Содержит необходимые для

организма человека аминокислоты, витамины, минеральные вещества, изофлаваноиды, фосфолипиды [1, 2].

До недавнего времени возделыванием сои в России преимущественно занимались в Дальневосточном (Амурской области, Приморском и Хабаровском краях, Еврейской автономной области) и Южной (Краснодарском крае) федеральных округах. Основной резерв увеличения производства сои в России – расширение посевных площадей за счет Европейского региона, прежде всего областей Южного, Центрального и Приволжского федеральных округов [3].

Главными факторами, сдерживающими продвижение посевов сои в регионы с холодным и коротким летним периодом, являются теплолюбивость и одновременно холодочувительность этой культуры, с возможностью прекращения роста растений при температурах ниже 15 ^{o}C и высоким риском повреждения всех надземных частей растения при температурах ниже 0 ^{o}C. Поэтому повышенные требования культуры к теплу, на всех этапах органогенеза, определяют ареалы ее возделывания в условиях, где климатические нормы по распределению температур в течение вегетации, способны обеспечить растениям сои необходимые теплые ресурсы [4]. Липецкая область является идеальным регионом для произрастания сои, так как имеет соответствующие агроклиматические условия. Однако потенциальную продуктивность сортов сои не всегда удается реализовать из-за значительных перепадов дневных и ночных температур, неравномерного выпадения осадков, низких температур в начале вегетационного периода и раннего осеннего похолодания [5].

Целью работы является сравнительная характеристика сортов сои селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на холодоустойчивость.

Эксперимент проводили на селекционных линиях ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. В качестве стандарта использовали сорт селекции ВНИИМК Баргузин, характеризующийся как холодостойкий. Для изучения холодоустойчивости сортов посев производился в третей декаде апреля в условиях теплицы при температуре +20-25 ^{o}C с продолжительностью освящения 16 часов. Всходы появились на 7 сутки, через 5 суток начали формироваться примордиальные листья.

Для определения реакции сортов сои на условия данной природно-климатической зоны, в фазу сформированных примордиальных листьев – начала образования первого тройчатого листа (первая декада мая) ящики с растениями сои были перемещены в открытый грунт.

Температурный режим в открытом грунте представлен, а таблице 1.

Таблица 1

Динамика среднесуточных и минимальных температур воздуха, ^{o}C

Дата	Температура воздуха, ^{o}C	
	среднесуточная	Минимальная
01.05.2024	+14,6	+6,8
02.05.2024	+12,4	+6,4
03.05.2024	+6,4	+2,4
04.05.2024	+6,7	-2,2
05.05.2024	+10,7	+2,9
06.05.2024	+10,5	+1,5
07.05.2024	+13,6	+1,0
08.05.2024	+4,5	+1,1
09.05.2024	+2,2	-0,7
10.05.2024	+6,9	-1,3
11.05.2024	+6,9	+2,7
12.05.2024	+8,4	+2,8
13.05.2024	+4,1	+2,1
14.05.2024	+5,6	+2,0
15.05.2024	+7,2	-0,1
16.05.2024	+8,3	-0,3

В течение первых десяти суток среднесуточная температура воздуха составила 10,2 ℃, при минимальной около 3,3 ℃. Затем, в последующие десять суток, произошло понижение среднесуточной температуры до 7,1 ℃при снижении минимальной температуры до 1,9 ℃, что предположительно благоприятно сказалось на закалке растений сои.

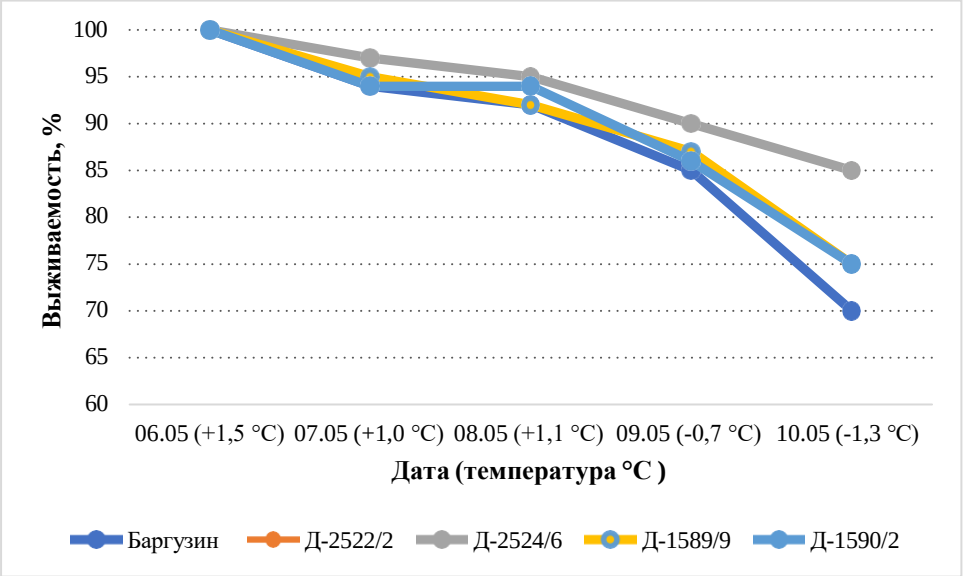


Рис. 1 – Устойчивость сортообразцов к отрицательным температурам (ЛНИИР-филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2024 г.)

Резкое снижение ночных температур в течении двух суток, позволило оценить сортообразцы на холодоустойчивость. Так, 9 и 10 мая, когда ночью температура воздуха опускалась до -0,7 и -1,3 ℃ высокую выживаемость показали линии Д-2522/2 и Д-2524/6 – 95 %. У остальных сортообразцов выживаемость составила от 92 до 94 % (рисунок 1).

Ночные заморозки (-1,3 °С) следующих суток продолжили отрицательную динамику выживаемости. Неплохие показатели были отмечены у сортообразцов Д-2522/2 и Д-2524/6 – 85 %, у остальных от 70 до 75 %. Наименьшую выживаемость имел сорт стандарт Баргузин.

Проведенный эксперимент позволил оценить сортообразцы селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК на устойчивость к отрицательным температурам.

Эксперимент показал различную реакцию сортообразцов по устойчивости к отрицательным температурам. Линии Д-2522/2 и Д-2524/6 характеризуется как холодоустойчивые. Остальные линии тоже являются потенциально холодоустойчивые и нуждаются в дальнейшим изучении.

Наибольшая выживаемость растений при воздействии отрицательных температур отмечена у селекционных линий Д-2522/2 и Д-2524/6. Данные линии можно предварительно рекомендовать для использования в селекционном процессе в качестве источников холодоустойчивости, а также для проведения посевов в местах, где после всходов возможны ранневесенние заморозки.

Библиографический список

1. Соя: качество, использование, производство / В. С. Петибская, В. Ф. Баранов, А. В. Кочегура, С. В. Зеленцов. – Краснодар: ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии, 2001. – 64 с.

2. Трунова, М. В. Модель раннеспелого сорта сои для южноевропейской части России / М. В. Трунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – № 2(170). – С. 27-36.

3. Агробиологическая оценка масличных культур в условиях лесостепи ЦФО РФ / С. В. Зеленцов, В. В. Карпачев, А. А. Тевченков, Е. В. Мошненко // Агропромышленные

технологии Центральной России. – 2023. – № 4(30). – С. 83-90. – DOI 10.24888/2541-7835-2023-30-83-90.

4. Холодоустойчивый сорт сои северного экотипа Саяна / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко, М. В. Трунова [и др.] // Масличные культуры. – 2021. – № 1(185). – С. 95-102. – DOI 10.25230/2412-608X-2021-1-185-95-102.

5. Адаптивные особенности линий сои краснодарской селекции в условиях лесостепи ЦФО РФ / А. А. Тевченков, Е. И. Сеничев, В. В. Трунов, К. С. Казакова // Промышленность и сельское хозяйство. – 2023. – № 12(65). – С. 55-59.

УДК 632.782:632.936.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФЕРОМОННОГО МОНИТОРИНГА ЯБЛОННОЙ ПЛОДОЖОРКИ

***Ахмед Адан Абди**, магистрант II года обучения кафедры защиты Института агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, adandubad37@gmail.com*

*Научный руководитель: **Митюшев Илья Михайлович**, к.б.н., доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**,** mitushev@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Яблонная плодожорка Cydia pomonella (L.) – основной вредитель яблоневых садов в условиях Центральной России. В полевых испытаниях, проведенных в условиях Московского региона в течение вегетационного периода 2025 года. Было испытано 5 феромонных препаратов для данного вредителя. Наибольшая аттрактивность была выявлена у препарата СР-4: на 37 % она превышала уловистость эталонного препарата СР-1. Установлено, что в 2025 году было отмечено два пика лёта вредителя – в середине июля и начале сентября. Полученные результаты позволяют повысить точность мониторинга и прогноза для проведения своевременных защитных мероприятий яблони от яблонной плодожорки.*

***Ключевые слова**: яблонная плодожорка, Cydia pomonella, феромоны, динамика лёта, мониторинг.*

Яблонная плодожорка (*Cydia pomonella* (L.) (*англ.* Codling moth) –главнейший вредитель яблони в России [1, 2]. Благодаря феромонному мониторингу (*англ.* Pheromone monitoring) вредителя можно точно выявить пики лёта вредителя и спланировать защитные мероприятия [3, 4, 5]. Теплообеспеченность – главнейший фактор, влияющий на динамику развития и количество поколений яблонной плодожорки. В условиях Московской области возможно развитие двух поколений за год, но второе поколение находится в прямой зависимости от температурных условий.

Полевые испытания проведены в условиях Московского региона в течение вегетационного периода 2025 года в Мичуринском саду РГАУ-МСХА. Использованы феромонные ловушки (*англ.* Pheromone traps) (типа Аттракон А, или Дельта) и пять феромонных препаратов для яблонной плодожорки производства АО «Щклуово Агрохим», различающиеся количеством аттрактанта и типом и составом растворителя (были обозначены как СР-1, СР-2, СР-3, СР-4 и СР-1-3М). Опыт был заложен в пятикратной повторности, ловушки размещали рендомизировано. Ловушки проверяли еженедельно, подсчитывали отловленных насекомых. Полученные данные обработаны в программах Excel, ANOVA согласно стандартной методике [5].

Наивысшая аттрактивность (74 экз. на 1 ловушку за сезон) была отмечена у препарата СР-4: на 37 % она превышала уловистость стандартного препарата СР-1 (54 экз. на 1 ловушку за сезон) (табл. 1). Результаты анализа полученных данных показывают наименьшую активность вредителя в июле. Второй, более слабый пик лёта был зарегистрирован в сентябре.

Анализ данных ANOVA не показал статистически значимых различий (F = 0.904; p = 0.466) хотя вариант с диспенсером СР-4 показал более высокую аттрактивность.

Таблица 1

Аттрактивность разных феромонных препаратов для яблонной плодожорки (Мичуринский сад РГАУ-МСХА, 2025 год)

*В*ариант	СР-1	СР-2	СР-3	СР-4	СР-1-ЗМ
Улов самцов яблонной плодожорки на 1 ловушку за сезон, экз. ± SD	54,0±9,01	37,0±9,52	29,0±6,06	74,0±16,08	35,0±7,00

Таким образом, полученные результаты позволили выявить наиболее аттрактивный феромонный препарат для яблонной плодожорки, что поможет повысить точность мониторинга и прогноза для проведения своевременных защитных мероприятий яблони от яблонной плодожорки.

Библиографический список

1. Защита растений в питомнике и саду: Справочник / Л. А. Дорожкина, О. О. Белошапкина, И. М. Митюшев, А. Н. Неженец. – Казань: Издательство ОАО "Идел-пресс", 2018. – 228 с.
2. Митюшев И.М. Англо-русский терминологический словарь-справочник по защите и карантину растений: English-Russian terminological dictionary and handbook on plant protection. – Издание 2-е, исправленное и дополненное. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2017. – 392 с.
3. Witzgall P., Stelinski L., Gut L., Thomson D. Codling moth management and chemical ecology // Annual Review of Entomology. – 2008. – № 53. – P. 503-522.
4. Особенности взаимодействия растений и фитофагов в агроценозах при изменении климата / Е. И. Кошкин, И. В. Андреева, Г. Г. Гусейнов [и др.] // Агрохимия. – 2021. – № 1. – С. 79-96.
5. Отечественные феромонные препараты для мониторинга яблонной плодожорки / Н. Н. Третьяков, И. М. Митюшев, Н. В. Вендило, В. А. Плетнев // Защита и карантин растений. – 2006. – № 3. – С. 65.

УДК 632.754.1

СОВРЕМЕННОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРИЧНЕВО-МРАМОРНОГО КЛОПА *HALYOMORPHA HALYS*

***Якушевский Евгений Игорьевич**, аспирант кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, младший научный сотрудник ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», yakushevskiy.e.i@ya.ru*

***Митюшев Илья Михайлович**, к.б.н., доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mitushev@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** Приведен анализ хронологии формирования инвазивных ареалов коричнево-мраморного клопа Halyomorpha halys (Stål, 1855) за последние 30 лет. Сделаны выводы о потенциальной опасности вредителя для сельского хозяйства Российской Федерации.*

Ключевые слова: *коричнево-мраморный клоп, полужесткокрылые, Halyomorpha halys, защита растений, карантин растений, карантинные вредители*

Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, как вредитель, отсутствующий на территории ЕАЭС. В настоящее время происходит активное расширение инвазивного ареала этого вредителя в мире; в связи с этим авторы посчитали необходимым обобщить новые данные о современном распространении этого вредителя.

H. halys является аборигенным видом для Восточной Азии, где его естественный ареал охватывает территорию Китая (включая Тайвань, за исключением Синьцзян-Уйгурского автономного района и провинции Цинхай), Мьянмы, Вьетнама, КНДР, Республики Корея, Японии (кроме о. Хоккайдо). За последние три десятилетия вид продемонстрировал исключительную инвазионную способность, колонизировав 41 страну на всех континентах, за исключением Австралии, Океании и не пригодной для их жизни Антарктиды. При этом документально подтверждены случаи обнаружения вредителя в Великобритании, Новой Зеландии, Гуаме, Швеции, Австралии, Исландии, но *H. halys* не акклиматизировался в этих странах.

До 1995 года вредитель был известен только внутри своего естественного ареала. В 1996 году вредитель впервые проник на территорию США, где нанёс огромный ущерб. По данным за 2010 год общие потери урожая в 33 штатах страны превысили 21 млрд долларов. Некоторые производители косточковых культур потеряли более 90% своего урожая. В 2004 году он впервые проник на территорию Европы, в карликовое государство Лихтенштейн. В период с 2006 по 2010 года вредитель был обнаружен – Италии, Швейцарии и Канаде. В период с 2011 по 2015 годы вредитель проник еще в 11 стран – Бельгию, Германию, Грецию, Францию, Непал, Венгрию, Румынию, Россию, Пуэрто-Рико, Австрию и Сербию. В период с 2016 по 2020 годы зафиксированы устойчивые популяции вредителя в 23 странах – Казахстане, Болгарии, Грузии, Словакии, Испании, Украине, Чили, Албании, Азербайджане, Хорватии, Словении, Турции, Боснии и Герцеговине, Чехии, Мальте, Нидерландах, Польше, Португалии, Марокко, Молдове, Северной Македонии, Узбекистане и Армении. А в период с 2021 по 2024 вредитель был обнаружен всего в 2-х ранее не заселённых им странах – в Алжире и Израиле (табл. 1).

Таблица 1

Хронология распространения *H. halys* (по открытым данным)

Страна	Год первого обнаружения	Статус объекта
Китай	Нативный	Распространён
Япония	Нативный	Присутствует
Северная Корея	Нативный	Присутствует
Южная Корея	Нативный	Присутствует
Тайвань	Нативный	Присутствует
Вьетнам	Нативный	Присутствует
США	1996	Распространён
Лихтенштейн	2004	Присутствует
Италия	2007	Распространён
Швейцария	2007	Присутствует
Великобритания	2010	Единичные обнаружения, отсутствует
Новая Зеландия	2010	Единичные обнаружения, отсутствует
Канада	2010	Присутствует
Бельгия	2011	Присутствует
Германия	2011	Присутствует
Греция	2011	Присутствует

Страна	Год первого обнаружения	Статус объекта
Франция	2012	Распространён
Непал	2012	Присутствует
Венгрия	2013	Присутствует
Румыния	2014	Присутствует
Россия	2014	Присутствует
Гуам	2014	Единичные обнаружения, отсутствует
Пуэрто-Рико	2015	Единичное обнаружение
Австрия	2015	Присутствует
Сербия	2015	Присутствует
Казахстан	2016	Присутствует
Болгария	2016	Присутствует
Грузия	2016	Присутствует
Словакия	2016	Присутствует
Испания	2016	Присутствует
Швеция	2016	Единичные обнаружения, отсутствует
Украина	2016	Присутствует
Чили	2017	Присутствует, встречается редко
Албания	2017	Присутствует
Азербайджан	2017	Присутствует
Хорватия	2017	Присутствует
Словения	2017	Присутствует
Турция	2017	Присутствует
Австралия	2017	Единичные обнаружения, отсутствует
Босния и Герцеговина	2018	Присутствует
Чешская Республика	2018	Присутствует, встречается редко
Мальта	2018	Присутствует
Нидерланды	2018	Присутствует
Польша	2018	Присутствует
Португалия	2018	Присутствует
Марокко	2019	Присутствует
Молдова	2019	Присутствует
Северная Македония	2019	Присутствует
Узбекистан	2020	Присутствует
Армения	2020	Присутствует
Алжир	2021	Присутствует, встречается редко
Израиль	2022	Единичное обнаружение (начал распространение)

Достоверно известно, что попытки проникновения в Великобританию, Новую Зеландию, Гуам, Швецию, Австралию, Исландию не дали начало возникновению популяции *H. halys* в этих странах [1-4]. Можно предположить, что из ряда стран Юго-Восточной Азии попросту отсутствуют сообщения о данном вредителе [5].

H. halys обычно развивается в одном или двух поколениях. Продолжительность жизни взрослой особи около года. Самки откладывают яйца от 9 до 16 раз в течении жизни, в яйцекладках в среднем по 28 яиц. За жизнь выходит от 252 до 448 яиц. Все эти факторы

способствуют накоплению биомассы вредителя в освоенных территориях. Вредитель предпочитает зимовать в убежищах – под корой, на чердаках и в других хозяйственных постройках, что способствует его продвижению на север. Благодаря эффекту «острова тепла» *H. halys* может значительно расширить свой ареал на север, обосновавшись в городах. В странах Южной Америки наиболее благоприятный климат находится на юго-востоке Бразилии, Уругвая и северо-востоке Аргентины. В Африке высокий риск инвазии в Центральном регионе (например, в Уганде, Танзании, Кении, Анголе) и субтропических восточных районах Южной Африки. В Австралии благоприятны условия на восточном побережье. Несмотря на то, что климат южного полушария пригоден для *H. halys*, там он пока слабо распространён [5]. Это может быть связанно со слабо развитыми международными торговыми отношениями в этих странах. Из стран южного полушария вредитель уже проник на территорию Чили (2017), Марокко (2019) и Алжира (2021) [6]. В Новую Зеландию и Австралию вредитель был завезён, но сформировать популяцию ему не удалось.

Для территории Российской Федерации потенциальный ареал вредителя охватывает более 10 регионов. В южных регионах вредитель развивается в 2 поколениях за сезон. Граница потенциального ареала проходит через Саратовскую, Воронежскую и Курскую области [7]. Исходя из анализа фитосанитарных рисков, потери для четырёх субъектов Российской Федерации – Краснодарского и Ставропольского края, Ростовской области и Республики Дагестан, потери в случае заноса должны были составить 1,7 млрд рублей.

Коричнево-мраморный клоп представляет значительную опасность для экономики и продовольственной безопасности мирового сельского хозяйства. Страны, в которые он проник, несут огромные экономические потери. Инсектицидные обработки дают лишь кратковременный результат из-за быстро вырабатывающейся резистентности и биологических особенностей вредителя, а благодаря изменению климатических условий, росту международной торговли и высокой лётной активности распространение вредителя будет продолжаться. В связи с этим необходима разработка комплексных, долгосрочных методов контроля данного вредного объекта.

Библиографический список

1. Powell G. [et al.]. Current invasion status and potential for UK establishment of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). – 2021. – 34(1). – P. 9-21.

2. Cianferoni F. [et al.]. Review of the occurrence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Italy, with an update of its European and World distribution // Biologia. – 2018. – Vol. 73, no. 6. – P. 599–607.

3. Horwood M., Milnes J. M., Cooper W. R. Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), detections in Western Sydney, New South Wales, Australia // Austral Entomology. – 2019. – Vol. 58, no. 4. – P. 857–865.

4. Cianferoni F. [et al.]. Review of the occurrence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Italy, with an update of its European and World distribution // Biologia. – 2018. – Vol. 73, no. 6. – P. 599–607.

5. Kriticos D. J. [et al.]. The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity // Journal of Pest Science. – 2017. – Vol. 90. – P. 1033–1043.

6. Faúndez E. I., Rider D. A. The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile // Arquivos Entomolóxicos. – 2017. – № 17. – P. 305–307.

7. Карпун Н. Н., Гребенников К. А., Проценко В. Е. [и др.]. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stal на юге России: насколько велика опасность? // Защита и карантин растений. – 2018. – № 3. – С. 23–25. – DOI: 10.25992/BPP.2018.87.20688.

УДК 631.559:633.313+633.264+633.262

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВО-БОБОВЫХ ТРАВОСТОЕВ 1-ГО ГОДА ЖИЗНИ

Хмаиша Валаа, *аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Walaa.hmaesha@gmail.com*

Научный руководитель – Куренкова Евгения Михайловна*, к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ekurenkova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В опыте, заложенном в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2025 году, изучалось формирование злаково-бобовых травостоев и их продуктивность в первый год жизни.*

Ключевые слова: *люцерна изменчивая, люцерна синяя (посевная), Вега 87, Верко, Саския, овсяница тростниковая, Барнео, кострец безостый СибНИИСХОЗ 189, количество растений, количество побегов, ботанический состав травостоев, структура урожая, урожайность сухой массы.*

Травосмеси формируют более устойчивые и продуктивные агрофитоценозы за счёт более рационального использования ресурсов, биологической фиксации азота, улучшения почвенных свойств и снижения фитосанитарных рисков. Эти преимущества делают их предпочтительным выбором для адаптивного кормопроизводства, особенно в условиях нестабильного климата и ограниченных ресурсов [3].

Так, бобовые травы имеют стержневую корневую систему, проникающую на значительную глубину, что позволяет им использовать влагу и питательные вещества из глубоких горизонтов. Злаки обладают мочковатой корневой системой, залегающей на глубине в среднем 0-30 см, что обеспечивает эффективное использование поверхностной влаги и легкодоступных элементов питания. Травосмеси имеют ярусное расположение листьев: у злаков основная их масса сосредоточена в нижней и средней частях побегов, у бобовых – в средней и верхней. Это обеспечивает более равномерное поглощение солнечной энергии и повышает коэффициент фотосинтетической активности. Бобовые компоненты травосмесей, благодаря симбиотической азотфиксации, обеспечивают агрофитоценоз азотом в доступной форме, снижая потребность в минеральных азотных удобрениях [1,2].

Исследования проводились в опыте, заложенном в 2025 году в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Площадь опыта 1008 м2, площадь опытной делянки 12,6 м2, размещение вариантов – рандомизированное, повторность – 4-х-кратная. Схема опыта включает 20 вариантов (10 – при 3-х кратном скашивании, 10 – при 4-х кратном скашивании): 1. Овсяница тростниковая Барнео (контроль); 2. Люцерна изменчивая Вега 87; 3. Люцерна синяя Верко; 4. Люцерна изменчивая Саския; 5. Люцерна изменчивая Вега 87 + Овсяница тростниковая Барнео; 6. Люцерна изменчивая Вега 87 + Кострец безостый СибНИИСХОЗ 189; 7. Люцерна синяя Верко + Овсяница тростниковая Барнео; 8. Люцерна синяя Верко + Кострец безостый СибНИИСХОЗ 189; 9. Люцерна изменчивая Саския + Овсяница тростниковая Барнео; 10. Люцерна изменчивая Саския + Кострец безостый СибНИИСХОЗ 189. Поскольку 2025 год являлся 1-м годом жизни травостоев – был проведен только один укос. На формирование агрофитоценозов влияли взаимоотношения компонентов травосмесей при сложившихся агрометеорологических условиях, поэтому кратность укосов учитывали в качестве повторности.

Полевая опытная станция РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева расположена на южной окраине Клинско-Дмитровского гряды, рельеф которой представляет собой равнину моренных холмов на водоразделе рек Москва и Яуза. Вся поверхность гряды покрыта отложениями морены Московского оледенения, на которых залегают покровные суглинки. Агрохимические

показатели почвы опытного участка следующие: pH сол. – 4,9; содержание подвижного фосфора – 320 мг/кг почвы; содержание обменного калия – 228 мг/кг почвы.

Метеорологические условия вегетационного сезона 2025 года существенно отличались от климатической нормы, как по температуре, так и по осадкам. Первая декада мая, когда планировался посев, характеризовалась избыточным количеством осадком (51,6 мм при норме 15,0 мм) и пониженными температурами (7,9 °С при норме 12,4 °С), что сделало невозможным его проведение. Вторая декада мая характеризовалась тем, что количество осадков незначительно превышало норму (19,1 мм при норме 18 мм), а температура незначительно была ниже нормы (11,2 °С при норме 13,4 °С), что позволило провести закладку опыта 22 мая. Однако, уже в третьей декаде мая отмечался значительный недостаток осадков (1,3 мм, при норме 26 мм), а температура воздуха превышала климатическую норму на 5,3 °С. Колебания метеорологических показателей в течение вегетационного периода сказались на росте и развитии компонентов травосмесей и одновидовых посевов, в частности, и на формировании агрофитоценозов, в целом.

На контроле (в одновидовом посеве) высота овсяницы тростниковой составили 44±2 см. В составе травосмесей наибольшая ее высота (48±3 см) была отмечена на варианте с участием люцерны изменчивой сорта Вега 87 (46±2 см), наименьшая (40±3 см) – с участием люцерны синей Верко (43±2 см). Вариант с люцерной изменчивой Саския показал высоту обоих компонентов 41 см.

Наибольшего линейного роста кострец безостый достиг на варианте с участием люцерны изменчивой Саския: кострец – 51±2 см, люцерна – 52±2 см. На вариантах с участием люцерны изменчивой Вега 87 и синей Верко разница по высоте растений костреца была незначительной: кострец – 48±2 см и 49±2 см, люцерна 51±3 см и 46±4 см.

Люцерна в одновидовых травостоях показала линейный рост на уровне: Вега 87 – 48±2 см, Верко – 47±3 см, Саския – 50±1 см.

На контроле у овсяницы тростниковой было отмечено самое большое количество растений на единице площади – 107±7 шт./м2. В составе травосмесей наибольшего значения этот показатель достиг на варианте с участием люцерны изменчивой Саския: овсяница – 88±8 шт./м2, люцерна – 100±2 шт./м2. Наименьшего – на варианте с участием люцерны изменчивой Вега 87: овсяница – 56±3 шт./м2, люцерна – 92±8 шт./м2. На варианте с люцерной синей Верко количество растений овсяницы превзошло количество растений люцерны: овсяница – 84±5 шт./м2, люцерна – 77±3 шт./м2.

Максимальное количество растений костреца безостого было зафиксировано на варианте с участием люцерны изменчивой Саския: кострец – 76±4 шт./м2, люцерна – 72±6 шт./м2. Минимальное – на варианте с люцерной изменчивой Вега 87: кострец – 49±3 шт./м2, люцерна – 106±5 шт./м2. На варианте с люцерной синей Верко этот показатель был на уровне: кострец – 54±1 шт./м2, люцерна – 85±4 шт./м2.

Количество растений на единице площади люцерны в одновидовых травостоях не сильно различалось: Вега 87 – 103±8 шт./м2, Верко – 100±9 шт./м2, Саския – 101±10 шт./м2.

На контроле у овсяницы тростниковой было отмечено наибольшее количество побегов на единице площади – 564±10 шт./м2. В составе травосмесей наибольшего значения этот показатель достиг на варианте с участием люцерны синей Верко: овсяница – 272±22 шт./м2, люцерна – 308±29 шт./м2. Наименьшего – на варианте с люцерной изменчивой Вега 87: овсяница – 123±5 шт./м2, люцерна – 356±21 шт./м2. На варианте с люцерной изменчивой Саския этот показатель был на уровне: овсяница – 209±16 шт./м2, люцерна – 297±15 шт./м2.

Максимальное количество побегов костреца безостого было зафиксировано на варианте с участием люцерны Саския: костреца – 202±13 шт./м2, люцерны – 291±18 шт./м2. Минимальное – на варианте с люцерной изменчивой Вега 87: кострец – 113±11 шт./м2, люцерна – 408±30 шт./м2. На варианте с люцерной синей Верко этот показатель был на уровне: кострец – 154±12 шт./м2, люцерна – 354±34 шт./м2.

В одновидовых травостоях люцерны самое большое количество побегов сформировала люцерна изменчивая сорта Вега 87 – 392±34 шт./м2. Наименьшее – люцерна синяя Верко –

279±24 шт./м2. У люцерны изменчивой Саския данный показатель отмечен на уровне 348±30 шт./м2.

На контроле доля овсяницы тростниковой в ботаническом составе травостоев составила 52 %, при этом доля несеяных бобовых трав составила 20 %, а разнотравья – 28 %. В составе травосмесей на вариантах с участием люцерны синей Верко и изменчивой Саския долевое участие овсяницы тростниковой составило 21 %, с участием люцерны изменчивой Вега 87 – 17 %, при этом на долю люцерны пришлось 54, 63 и 65 % соответственно. Наибольшая доля несеяных бобовых трав (5 %) и разнотравья (20 %) отмечена на варианте с участием овсяницы и люцерны синей Верко.

Наибольшая доля костреца безостого отмечена на варианте с люцерной синей Верко: кострец – 20 %, люцерна – 61 %. Наименьшее – на варианте с люцерной изменчивой Вега 87: кострец – 10 %, люцерна – 81 %. На варианте с люцерной Саския этот показатель отмечен на уровне: кострец – 16 %, люцерна – 73 %.

В одновидовых травостоях долевое участие люцерны составило: Вега 87 – 79 %, Верко – 92 %, Саския – 94 %.

Наибольшая урожайность сухой массы была отмечена на контроле в одновидовом посеве овсяницы тростниковой – 1,56±0,09 т/га. Овсяница тростниковая относится к злаковым культурам, которые в первый год жизни развиваются быстрее бобовых, в т.ч. люцерны. Злаки быстрее формируют вегетативную массу, т.к. их рост в этот период менее энергозатратен по сравнению с бобовыми, которые активно развивают корневую систему и вступают в симбиоз с клубеньковыми бактериями. В 1-й год жизни люцерна часто находится на ранних фазах развития, тогда как злаки уже достигают фазы кущения, что позволяет им формировать более полноценный урожай. В смешанных посевах возникает конкуренция между злаками и бобовыми за свет, воду и питательные вещества. В первый год жизни бобовые могут замедлять рост злаков из-за потребности в фосфоре и других элементах, необходимых для развития корневой системы и формирования симбиоза. Это может снижать общую продуктивность травосмеси в начальный период [4].

Среди одновидовых посевов люцерны максимальное значение данного показателя отмечено у сорта люцерны изменчивой Саския – 1,42±0,04 т/га; минимальное – у сорта люцерны изменчивой Вега 87 – 0,98±0,06 т/га; сорт люцерны синей Верко сформировал урожайность сухого вещества на уровне 1,23±0,04 т/га.

Травосмеси с участием овсяницы тростниковой (3,55 т/га) были более урожайными по сравнению с травосмесями, в состав которых входил кострец безостый (3,22 т/га).

Среди овсянице-люцерновых травосмесей, наибольшая урожайность сухой массы отмечена у варианта с участием люцерны изменчивой Саския – 1,31±0,06 т/га, наименьшая – с люцерной синей Верко – 0,98±0,03 т/га; люцерна изменчивая Вега 87 сформировала урожайность на уровне 1,26±0,06 т/га.

Среди кострецово-люцерновых травосмесей наибольшая урожайность сухого вещества отмечена у варианта с участием люцерны изменчивой Вега 87 – 1,18±0,04 т/га, наименьшая – с люцерной изменчивой Саския – 0,90±0,06 т/га; люцерна синяя Верко сформировала урожайность на уровне 1,14±0,06 т/га.

Структура урожая (облиственность) важный показатель для оценки качества получаемых кормов, при этом наиболее ценная часть урожая – листья, в которых накапливаются питательные вещества. Наибольшая доля листьев была отмечена у злаковых компонентов травостоев: листья – 65-90 %, стебли 10-35 %. У люцерны, наоборот доля стеблей почти во всех вариантах превосходила долю листьев: листья – 37-48 %, стебли – 52-63 %.

На контроле у овсяницы тростниковой доля листьев составила 90 %, стеблей – 10 %. В составе травосмесей наибольшая степень облиственности овсяницы отмечена на варианте с участием люцерны синей Верко – овсяница: листьев – 80 %, стеблей – 20 %; люцерна: листья – 41 %, стебли – 59 %.

В травосмесях с кострецом наибольшая его облиственность так же отмечена на варианте с участием люцерны синей Верко – овсяница: листьев – 90 %, стеблей – 10 %;

люцерна: листья – 44 %, стебли – 56 %. Единственным вариантом, на котором у люцерны доля листьев превосходила долю стеблей, стал вариант с участием костреца безостого и люцерны изменчивой Саския: листья – 54 %, стебли – 46 %.

Агроэкологические условия вегетационного периода 2025 года оказали влияние на рост и развитие злаково-люцерновых агрофитоценозов. Опытные травостои сформировали урожайность сухой массы на уровне 0,90-1,56 т/га. В 1-ый год жизни наиболее продуктивным оказался одновидовой посев овсяницы тростниковой – 1, 56 т/га сухой массы. Среди чистых посевов люцерны, максимальной урожайностью отличался сорт люцерны изменчивой Саския – 1,42 т/га сухой массы. Из травосмесей наибольшая урожайность отмечена в варианте с участием овсяницы тростниковой и люцерны изменчивой Саския – 1,31 т/га сухой массы.

Библиографический список

1. Богатырева Е. В. и др. Продуктивность люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах и сравнительная оценка силоса из люцерны в чистом виде и в смеси с бобовыми и злаковыми травами в условиях Вологодской области //Молочнохозяйственный вестник. – 2019. – №. 4 (36). – С. 8-20.
2. Варакин А. Т. и др. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – №. 4 (68). – С. 207-213.
3. Лазарев, Н. Н. Формирование люцерно- и лядвенце-злаковых травостоев на кислых дерново-подзолистых почвах / Н. Н. Лазарев, Е. М. Куренкова, А. А. Климов // АгроЭкоИнфо. – 2024. – № 6(66). – DOI 10.51419/202146611. – EDN QAYJYQ.
4. Шаманин А. А., Попова Л. А. Особенности формирования злаково-бобовых травосмесей первого и второго года жизни в условиях Европейского Севера России //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – №. 3. – С. 376-384.

УДК 631.559:633.313

ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРАВОСТОЕВ ИЗ ЛЮЦЕРНЫ 1-ГО ГОДА ЖИЗНИ

Нгием Ван Чи, *аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nghiemchi10@gmail.com*

Научный руководитель – ***Куренкова Евгения Михайловна****, к.с.-х.н., доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ekurenkova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В опыте, заложенном в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2025 году, изучалось формирование люцерновых травостоев и их продуктивность в первый год жизни.*

Ключевые слова: *люцерна изменчивая, Агния, Таисия, количество растений, количество побегов, ботанический состав травостоев, облиственность растений, урожайность сухой массы.*

Люцерна (*Medicago* L.) – одна из наиболее ценных кормовых культур в мировом лугопастбищном хозяйстве. Благодаря высокому содержанию белка, витаминов, минеральных веществ и хорошей усвояемости она служит основой для производства разнообразных видов кормов: сена, сенажа, силоса, травяной муки. Возрастающий спрос на высококачественные растительные белки в животноводстве делает вопросы повышения продуктивности люцерны особенно актуальными [2].

Особого внимания заслуживает первый год жизни травостоев люцерны. Именно на этом этапе закладываются основы будущей урожайности: происходит формирование корневой системы, развитие надземной массы, установление симбиоза с азотфиксирующими бактериями. При этом продуктивность посевов в первый год зачастую оказывается ниже потенциально возможной из-за: медленного начального роста; высокой чувствительности к условиям минерального питания и влагообеспеченности; конкуренции с сорной растительностью; необходимости соблюдения оптимальных сроков и способов посева [3].

Исследования проводились в опыте, заложенном в 2025 году в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Площадь опыта 1120 м^2, площадь опытной делянки 14 м^2, размещение вариантов – рандомизированное, повторность – четырехкратная. Схема опыта включает 20 вариантов (10 вариантов при 3-х кратном скашивании и 10 – при четырехкратном): 1. Агния – без удобрений (контроль); 2. Таисия – без удобрений (контроль); 3. Агния – $Р_{60}К_{120}$; 4. Таисия – $Р_{60}К_{120}$; 5. Агния – $Р_{90}К_{180}$; 6. Таисия – $Р_{90}К1_{80}$; 7. Агния – $Р_{60}К_{120}$ + Мо; 8. Таисия – $Р_{60}К_{120}$ + Мо; 9. Агния – $Р_{90}К_{180}$ + Мо; 10. Таисия – $Р_{90}К_{180}$ + Мо.

Поскольку 2025 год являлся первым годом жизни травостоев – был проведен только один укос, молибден ещё не вносили. Исходя из этого, влияние на формирование опытных травостоев могли оказать только удобрения (аммофос NP 10:46; калий хлористый «Гранулированный» $К_2О$ 60%). Поэтому схему опыта свели до следующих вариантов (варианты с кратностью укосов и молибденом учитывали в качестве повторности): Агния – без удобрений (контроль); Таисия – без удобрений (контроль); Агния – $Р_{60}К_{120}$; Агния – $Р_{90}К_{180}$; Таисия – $Р_{60}К_{120}$; Таисия – $Р_{90}К_{180}$.

Полевая опытная станция РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева расположена на южной окраине Клинско-Дмитровского гряды, рельеф которой представляет собой равнину моренных холмов на водоразделе рек Москва и Яуза. Вся поверхность гряды покрыта отложениями морены Московского оледенения, на которых залегают покровные суглинки. Агрохимические показатели почвы опытного участка следующие: pH сол. – 4,9; содержание подвижного фосфора – 320 мг/кг почвы; содержание обменного калия – 228 мг/кг почвы.

Метеорологические условия вегетационного сезона 2025 года существенно отличались от климатической нормы, как по температуре, так и по осадкам. Избыточное количество осадком (51,6 мм при норме 15,0 мм) и пониженные температуры (7,9 °С при норме 12,4 °С) первой декады мая сделали невозможным провести посев. Посев пришелся на вторую декаду мая (22 мая), где количество осадков незначительно превышало норму – 19,1 мм при норме 18 мм, температура незначительно была ниже нормы – 11,2 °С при норме 13,4 °С. В третьей декаде отмечался уже значительный недостаток осадков (1,3 мм, при норме 26 мм), а температура воздуха превышала климатическую норму на 5,3 °С. Колебания метеорологических показателей в течении вегетационного периода сказались на росте и развитии люцерны и, в целом, на формировании агрофитоценоза.

На контроле наибольшей высотой отличался сорт люцерны изменчивой Агния – 56±6 см, Таисия сформировала побеги высотой 52±5 см. При внесении $Р_{60}К_{120}$ сорт Агния показал высоту 59±7 см, сорт Таисия – 56±2 см. Наибольший линейный рост был отмечен при внесении $Р_{90}К_{180}$: Таисия сформировала побеги высотой 63±4 см, сорт Агния – 62±8 см.

Наибольшее количество растений на единице площади на контроле было отмечено у сорта Агния – 116±6 шт./м^2, у сорта Таисия этот показатель составил 104±4 шт./м^2. Среди вариантов с внесением удобрений наибольшее количество растений было при внесении $Р_{60}К_{120}$, наибольшее количество растений было отмечено у сорта Таисия – 123±8 шт./м^2, у Агнии – 114±10 шт./м^2. Вариант с внесением $Р_{90}К_{180}$ показал следующие результаты: Агния – 109±9, Таисия – 104±10 шт./м^2.

На контроле наибольшим количеством побегов на единице площади отличался сорт Агния – 602±37 шт./м^2, Таисия сформировала 556±43 шт./м^2. Среди вариантов с внесением удобрений наибольшая плотность травостоев была отмечена при внесении $Р_{60}К_{120}$, наибольшее количество побегов сформировал Агния – 664±95 шт./м^2, Таисия – 659±19 шт./м^2.

Вариант с внесением $P_{90}K_{180}$ показал следующие результаты: Агния – 575±89 шт./м^2, Таисия – 538±66 шт./м^2.

Наибольшая доля люцерны в ботаническом составе травостоев была отмечена у сорта Агния при внесении $P_{90}K_{180}$ – 77 %, доля несеяных трав составила 3 %, разнотравья – 20 %; у Таисии этот показатель составил 71 %, несеяных трав – 6 %, разнотравья – 23 %. Наименьшим долевым участием люцерны отличился вариант с внесением $P_{60}K_{120}$ – оба сорта показали результат 61 %, несеяных трав 11 %, разнотравья – 28 %. На контроле доля, как Агнии, так и Таисии составила 71 %, несеяных трав 10 и 9 %, разнотравья – 19 и 20 % соответственно.

Листья – наиболее важная часть урожая кормовых трав с точки зрения питательной ценности [1]. Процент облиственности растений в нашем опыте составил 38-44 %, на долю стеблей пришлось 56-62 %, что объясняется поздним укосом в первый год жизни травостоев при сложившихся метеорологических условиях.

На контроле наибольшая урожайность сухой массы была отмечена у сорта Таисия – 1,92±0,15 т/га, у Агнии – 1,80±0,19 т/га (рисунок). Среди вариантов с внесением удобрений самое большое количество сухого вещества зафиксировано у сорта Таисия при внесении $P_{90}K_{180}$ – 2,19±0,17 т/га; при внесении $P_{60}K_{120}$ этот сорт показал 2,03 т/га. У сорта Агния нормы внесения удобрений практически не показали отличий по урожайности сухой массы: $P_{60}K_{120}$ – 2,07±0,15 т/га и $P_{90}K_{180}$ – 2,06±0,14 т/га.

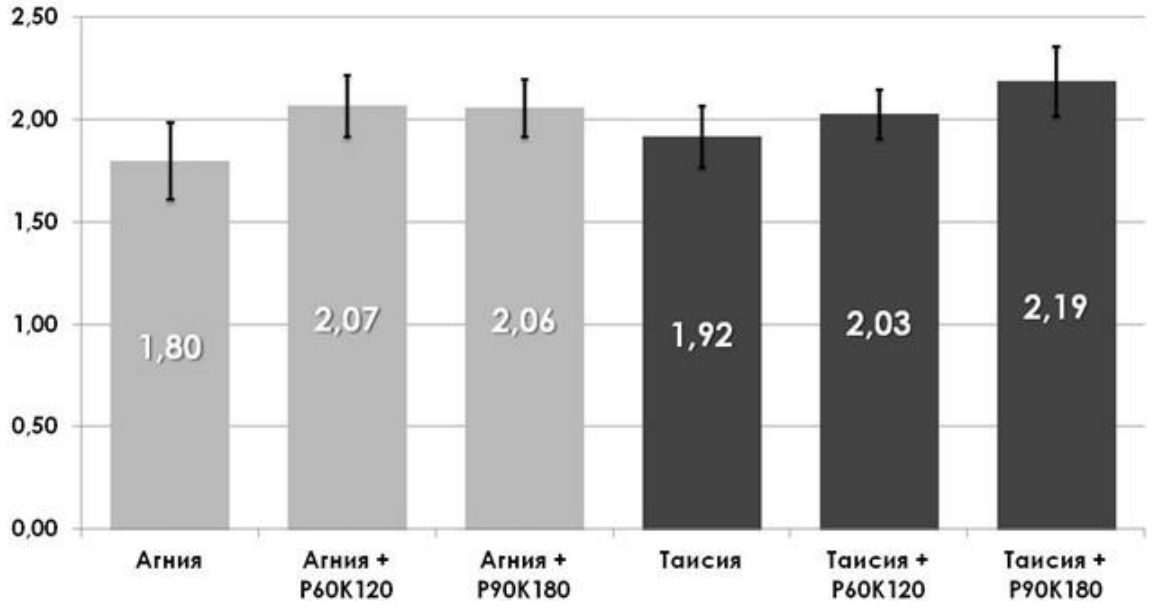


Рис. – Урожайность сухой массы, т/га

Агроэкологические условия вегетационного периода 2025 года несомненно повлияли на рост и развитие люцерны и формирование агрофотоценозов с ее участием. Опытные травостои сформировали урожайность сухого вещества 1,80-2,19 т/га. Наиболее пластичным показал себя сорт Таисия при внесении $P_{90}K_{180}$, сформировав урожайность сухой массы на уровне 2,19 т/га.

2026 год является вторым годом жизни и первым годом пользования травостоями – планируется проведение учетов и наблюдений в соответствии с полной схемой опыта: 3-х и 4-х кратное скашивание травостоев; внесение аммония молибденовокислого (Мо – 52 %); внесение фосфорных и калийных удобрений.

Библиографический список

1. Зарьянова З. А., Кирюхин С. В., Бобков С. В., Меркулов Д. Е. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав // Зернобобовые и крупяные

культуры. 2017. №4 (24). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-i-kachestvo-kormovoy-massy-razlichnyh-vidov-mnogoletnih-trav (дата обращения: 13.04.2026).

2. Лазарев, Н. Н. Формирование люцерновых травостоев на кислых дерново-подзолистых почвах / Н. Н. Лазарев, С. А. Дикарева, Е. М. Куренкова // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции: Луганск, 21 января 2025 года. – Луганск: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова", 2025. – С. 41-44. – EDN LIFRXQ.

3. Надточаев Н. Ф. и др. Продуктивность люцерны первого года жизни при различных способах основного и поукосного весеннего посева //Земледелие и растениеводство. – 2022. – №. 2. – С. 25-28.

УДК 631.1

ПРОБЛЕМА МИКОТОКСИНОВ В ЗЕРНЕ КУКУРУЗЫ

***Кане Зумана**, аспирант кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zoukan780@gmail.com;*

***Иван Сергеевич Виноградов**, кафедры растениеводства и луговых экосистем, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vinogradov@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** Приведена проблематика контаминации зерна кукурузы микотоксинами, рассмотрены основные методы повышения устойчивости гибридов кукурузы к поражению плесенями.*

***Ключевые слова:** зерно, гибриды кукурузы, микотоксины, зеараленон, ДОН, плесень*

Проблема микотоксинов в кукурузе, выращиваемой в Российской Федерации, в основном вызвана грибами рода Fusarium, Aspergillus и Penicillium. Степень загрязнения зависит от агрономических факторов и климатических изменений, что обосновывает внедрение комплексного подхода, сочетающего профилактику в полевых условиях, оптимизированное управление. Основной стратегией борьбы с микотоксинами является – создание устойчивых к грибным заболеваниям сортов и гибридов растений.

Загрязнение зерновых культур микотоксинами представляет собой серьёзную проблему для глобального здравоохранения и экономики, приводя к значительным экономическим потерям и рискам для здоровья людей и животных [1]. Контаминация микотоксинами может происходить на протяжении всего цикла выращивания, от полевых работ до хранения.

Парадоксально, но более широкое использование фунгицидов, может стимулировать выработку микотоксинов, создавая стресс для грибов.

Экономический ущерб значителен и обусловлен падежом животных, снижением продуктивности и затратами на лечение.

Точная оценка экономических потерь, вызванных грибковыми токсинами, крайне затруднительна. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) оценило ущерб, вызванный афлатоксинами, трихлорметанами и фумонизинами, в 392 миллиона долларов в 2003 году в США [2]. По данным ФАО, 25% мировых продовольственных культур ежегодно поражаются токсинообразующими плесневыми грибами, что приводит к ежегодным потерям почти миллиарда тонн продукции.

Естественные вспышки микотоксикозов происходят по всему миру, от влажных тропиков до Сибири. Хотя климат одной страны может не способствовать развитию определённого микотоксина, например, афлатоксина, как микотоксина вырабатывающегося в жарком климате [3]. На сегодняшний день обнаружено более 400 микотоксинов но предельно

допустимые концентрации в продукции, для них не определены. В таблице 1 перечислены основные регулируемые микотоксины.

Таблица 2

Микотоксины и грибы их вырабатывающие

Микотоксины	Род грибов продуцентов
Aflatoxines B1, B2, G1, G2	Aspergillus flavus, A. parasiticus, A. nomius
Ochratoxine A	Penicillium verrucosum, Aspergillus ochrceus, Aspergillus carbonarius
Patuline	Penicillium expansum, Aspergillus clavatus,Byssochlamys nivea
Fumonisines B1, B2, B3	Fusarium verticillioides, F. proliferatum
Trichothécènes (DON)	Fusarium graminearum, F. culmorum F. crookwellense, F. sporotrichioides F. poae, F. tricinctum, F. acuminatum
Zéaralènone	Fusarium graminearum, F. culmorum F. crookwellense.

Кукуруза – ключевой злак в питании человека и животных, богатый питательными веществами, но в то же время зерно кукурузы наиболее подвержено поражению микотоксинами. Аналитические достижения, в частности, высокоэффективная жидкостная хроматография в сочетании с масс-спектрометрией (ВЭЖХ/МС), позволяют одновременно обнаруживать от десятков до сотен микотоксинов [4]. Выделяют несколько групп микотоксинов : регулируемые токсины со структурными производными, токсины альтернарии и другие, которые пока мало изучены.

Для оценки безопасности пищевых продуктов для каждой группы определяются предельно допустимые концентрации (ПДК), представлены в таблице 2. В зависимости от региона преобладают различные хемотипы. В период с 2005 по 2010 год уровень ДОН в среднем оставался ниже допустимого уровня, наиболее пострадавшими оказались Кавказ и Дальний Восток [5]. В связи с изменением климата термофильные патогены, такие как F. graminearum, распространяются на северо-западе России и в Западной Европе.

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации микотоксинов для РФ и стран ЕС

Название микотоксина	Максимально допустимый уровень микотоксинов, мг/кг	
	Россия	В странах ЕС
Афлатоксин В1	0,005	0,005
Зеараленон	1,0	0,2
Т-2 токсин	0,1	0,06
Дезоксиниваленол	1,0	1,750

Плесени, продуцирующие микотоксины хорошо развиваются в диапазоне температур от 10 до 40 °С. При этом для развития различных видов основным фактором является влажность, так, например Aspergillus обычно развиваетсят в условиях низкой влажности и более высоких температур. Поэтому Aspergillus flavus и афлатоксины чаще поражают кукурузу, выращиваемую в условиях жары и засухи в более теплом климате. Загрязнение

афлатоксинами усугубляется повреждениями от насекомых до и после уборки урожая. Виды Penicillium процветают в условиях относительно низкой влажности воздуха и низких температур и широко распространены в районах Сибири. Грибы рода Fusarium обычно предпочитают повышенную влажность и средний диапазон температур, поэтому являются наиболее вредоносными для посевов на территории Российской. Поражение фузариозом чаще всего происходит из-за повреждений, вызванных насекомыми, однако и попадание спор гриба через пестичные столбики, рис. 1, тоже встречается не редко [6].

Рис. 1 – Поражение початков фузариумом через пестичные столбики

Оптимизация агротехнических приемов позволяет снизить развитие фузариоза на 80–95%. Наиболее эффективный метод борьбы с этим заболеванием основан на сочетании организационных, агротехнических, химических и биологических мер.

Рис. 2 – Способы уменьшения повреждений зерновых культур

Азотные удобрения внесённые под осеннюю обработку способствуют деструкции пожнивных остатков и снижают активность канидий грибов, регуляция азотного питания по вегетации позволяет ограничить стресс и дать возможность растениям развить естественную защиту от микотоксинов.

Профилактика грибных инфекций в полях — это первая линия защиты. Российские ученые, в частности, сотрудники Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии (ВНИИФ), подчеркивают основополагающее значение генетической устойчивости. В своей работе Гагкаева и Орина 2018, подчеркивают необходимость создания гибридов кукурузы, устойчивых к фузариозу колоса и насекомым-вредителям, таким как европейский кукурузный мотыль. Не менее важна и важность агротехнических приемов; они подчеркивают существенную роль севооборота и глубокой обработки почвы с внесением растительных остатков для снижения концентрации спор фузариоза на полях.

С точки зрения интегрированной защиты растений, борьба с микотоксинами так же не стоит на месте. Одним из перспективных и все более широко применяемых методов является использование неоксигенных штаммов грибов. Например, метод биоконкуренции,

разработанный Министерством сельского хозяйства США (USDA) использует неоксигенные штаммы Aspergillus flavus для вытеснения штаммов, продуцирующих афлатоксин, в полевых условиях. Работа группы доктора Питера Котти продемонстрировала снижение содержания афлатоксинов до 80–90% в зерне кукурузы [7].

Вместе с ростом продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы в Российской Федерации, проблема микотоксикозов, вызванных кукурузным зерном становится только острее. В связи с расширением программы импортозамещения в семеноводстве, сейчас, как никогда остро стоит вопрос скрининга отечественных гибридов на зерновую урожайность и устойчивость к поражению грибными инфекциями початка. Именно это направление исследований мы решили выбрать для наших дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Виноградов, И. С. Урожайность и питательность разных гибридов кукурузы при уборке на силос в фазу молочно-восковой спелости / И. С. Виноградов, Н. Н. Лазарев // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2024. – № 1(31). – С. 69-76.
2. ФАО/ВОЗ. Кодекс практики по предотвращению и снижению микотоксинов в зерновых (CXC 51-2003),2022 = Code of Practice for the Prevention and Reduction of Mycotoxins in Cereals (CXC 51-2003), Amended 2022. — Рим : FAO, 2022. — 28 с.
3. Steyn, P.S., et al. (2020). Mycotoxins: Global Burden of Disease and Food Safety Challenges. In: Mycotoxins in Food and Feed: Recent Advances / ed. A. C. Filazi, J. Tarrino. — London: Elsevier, 2020. — P. 15-42.
4. Амелин, В. Г. Определение микотоксинов в пищевых продуктах методом ВЭЖХ-МС/МС / В. Г. Амелин, Н. И. Якушев, Е. А. Емельянова // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 112–120.
5. Козлова, Е. А. Современный состав и биологическое разнообразие видов рода Fusarium на зерновых культурах в условиях изменения климата Центрального региона России : дис. … канд. биол. наук : 03.02.01 / Козлова Елена Александровна. — Москва : РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. — 172 с.
6. Иващенко В. Г. Фузариозная гниль початков кукурузы: современные данные по путям заражения и микотоксинам / В. Г. Иващенко, О. А. Бондаренко // Вестник ВИЗР. — 2021. — Т. 21, № 2. — С. 145–162.
7. Bandyopadhyay, R., et al. (2016). Ecology and biocontrol of aflatoxin-producing fungi in maize and groundnut. In: Aflatoxin Contamination in Maize and Groundnut: Prevention and Management / ed. R. Bandyopadhyay, A. Kumar, A. S. Karunakaran. — Patancheru : ICRISAT, 2016. — P. 45–78.

УДК 631.363

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ СОРГО (*SORGHUM BICOLOR* (L.) MOENCH) ПО ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ

***Ере Гаха Якума**, аспирант 4 года обучения института Агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: gahayakouma@gmail.com*

***Шитикова Александра Васильевна**, д.с.-х.н., профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** В статье представлены результаты двухлетних полевых исследований (2023–2024 гг.) по изучению 11 сортообразцов сорго различного эколого-географического происхождения на опытном поле РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Целью работы*

являлась комплексная оценка коллекционных образцов по морфофизиологическим, хозяйственно ценным признакам и качественным показателям зеленой массы и зерна. Проведен анализ содержания хлорофилла, влажности, структуры урожая, а также химического состава листьев и зерна методом БИК-спектроскопии. Установлена существенная вариабельность изучаемых признаков. Выявлены сорта-лидеры по урожайности биомассы и зерна, а также источники ценных признаков для селекции и практического использования в кормопроизводстве Нечерноземной зоны.

Ключевые слова: *сорго, коллекционный питомник, урожайность, структура урожая, химический состав, БИК-анализ.*

Сорго обыкновенное (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) является одной из ведущих кормовых и технических культур мирового земледелия, отличающейся высокой засухоустойчивостью, Соле выносливостью и продуктивностью [1]. В последние годы интерес к этой культуре возрастает и в более северных регионах, включая Нечерноземную зону России, в связи с изменением климата и необходимостью диверсификации кормопроизводства [2]. Сорго может успешно использоваться для производства зеленого корма, силоса, сенажа и зернофуража.

Одним из ключевых факторов успешного внедрения культуры является правильный подбор сортов и гибридов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям. В связи с этим актуальным направлением исследований является изучение новых коллекционных образцов сорго, оценка их потенциала продуктивности и качества, выделение наиболее перспективных генотипов для условий центра России.

Цель данной работы – провести сравнительную оценку 11 сортов и гибридов сорго по комплексу морфофизиологических, продуктивных показателей и биохимическому составу в условиях Московской области.

Условия, объекты и методика проведения исследований. Полевые исследования проводились в 2023–2024 годах на опытном поле РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва). Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Метеорологические условия в годы исследований различались, что позволило дать всестороннюю оценку изучаемым образцам.

Объектом исследования служили 11 сортообразцов сорго: АФ 8301, Албанус, Арски, Африки, Кинельское 67, Джамбо Стар, КВС Фрея, Зумба, КВС Немезис, Самба, Янки.

Опыт был заложен по методу рандомизированных повторений в четырехкратной повторности [3]. Учетная площадь элементарной делянки составляла 3 м² (3 м × 1 м), посев проводился широкорядной с междурядьем 70 см. Норма высева рассчитывалась исходя из целевой густоты стояния – 120–140 тыс. раст./га. Для биометрических анализов с каждой делянки отбирали по 10 модельных растений.

В ходе исследований проводили следующие учеты: определение содержания хлорофилла (хлорофилл-метр *SPAD*), содержания сухого вещества гравиметрическим методом, измерение параметров структуры урожая, химический анализ листьев и зерна на БИК-анализаторе Spectrastar-1400xt [4].

Результаты исследований. Результаты биометрического анализа 11 сортов сорго представлены в таблице 1. Установлена значительная вариабельность по всем изученным признакам.

Таблица 1

Характеристика сортов и структура урожая сорго за 2023–2024 гг.

Название сорта	Высота растения, см	Длина соцветия, см	Масса семян с метелки, г	Количество зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность биомассы, т/га	Урожайность зерна, т/га
Янки	84	22,4	53,5	1689,6	31,66	15,56	6,96
АФ 8301	152	21,3	61,8	2376,4	26,01	23,73	8,03
Албанус	111	25,5	65,8	1818,5	36,19	16,41	8,55
Зумба	124	21,7	49,9	2416,3	20,65	20,54	6,49
КВС Немезис	114	18,8	16,6	522,4	31,78	8,11	2,16
КВС Фрея	217	26,9	13,0	756,4	17,19	7,25	1,69
Кинельское 67	258	39,1	19,9	783,9	25,39	9,69	2,59
Арски	100	23,2	36,1	1005,4	35,91	14,42	4,69
Самба	91	16,5	18,3	918,9	19,92	7,11	2,38
Африки	151	20,6	33,2	878,4	37,80	24,21	4,32

Наибольшей высоты достигли сорта веничного направления: Кинельское 67 (258 см) и КВС Фрея (217 см). Минимальная высота отмечена у сорта Янки (84 см) и Самба (91 см). По длине метелки существенно выделялся сорт Кинельское 67 (39,1 см).

Наибольшая масса семян с одного растения сформировалась у сортов Албанус (65,8 г), АФ 8301 (61,8 г) и Янки (53,5 г). Наибольшая урожайность надземной биомассы отмечена у сортов Африки (24,21 т/га) и АФ 8301 (23,73 т/га). По урожайности зерна лидируют сорта Албанус (8,55 т/га), АФ 8301 (8,03 т/га) и Янки (6,96 т/га).

Химический состав зерна изучаемых сортов представлен в таблице 2. Наибольшее содержание протеина отмечено у сортов Африки (12,53%), КВС Фрея (12,03%) и Самба (11,5%). Максимальное содержание крахмала выявлено у сортов Янки (75,63%), Зумба (74,64%) и Албанус (74,61%).

Таблица 2

Химический состав зерна сорго (% на абсолютно сухое вещество)

Сорт	Жир	Зола	Клетчатка	Протеин	Крахмал	БЭВ	Примечание
Янки	2,73	0,35	0,66	8,10	75,63	87,9	Высокий крахмал
АФ 8301	2,50	0,95	1,62	8,90	65,15	85,45	—
Албанус	3,72	0,77	1,03	9,94	74,61	84,81	—
Зумба	3,72	0,79	1,06	9,92	74,64	84,78	—
КВС Немезис	2,22	0,91	0,99	9,88	63,44	84,92	—
КВС Фрея	2,99	1,16	1,27	12,03	65,86	81,35	Высокий протеин

Сорт	Жир	Зола	Клетчатка	Протеин	Крахмал	БЭВ	Примечание
Кинельское 67	2,79	1,90	3,93	11,06	58,45	80,02	Техническое
Арски	3,37	1,76	4,15	9,62	62,65	81,45	—
Самба	2,70	1,93	3,68	11,50	56,35	79,73	—
Африки	2,86	1,11	1,48	12,53	61,33	81,42	Высокий протеин

Обсуждение результатов. Проведенная комплексная оценка сортообразцов сорго позволила выявить значительный полиморфизм по изученным признакам. Высокорослые сорта Кинельское 67 и КВС Фрея могут быть использованы в селекции на технические цели. Для возделывания на зерно в условиях Московской области наиболее перспективными являются сорта Албанус, АФ 8301 и Янки, которые сформировали урожайность зерна на уровне 6,9–8,5 т/га при высоком содержании крахмала (до 75,6%) и протеина [5]. Для производства зеленых кормов и силоса наибольший интерес представляют сорта Африки, АФ 8301 и Зумба с урожайностью биомассы 20,5–24,2 т/га [6].

Заключение. В результате двухлетнего изучения коллекционных образцов сорго в условиях Московской области установлена существенная межсортовая дифференциация по морфологическим признакам, структуре урожая и биохимическому составу. Выявлены сорта-лидеры по урожайности биомассы: Африки (24,21 т/га), АФ 8301 (23,73 т/га) и Зумба (20,54 т/га). Максимальная урожайность зерна отмечена у сортов Албанус (8,55 т/га), АФ 8301 (8,03 т/га) и Янки (6,96 т/га). Для практического использования в кормопроизводстве Нечерноземной зоны рекомендуются сорта АФ 8301 (двухцелевого использования), Албанус (зернового) и Африки (силосного направления) [7].

Библиографический список

1. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П. Сорго: биология, селекция, технология возделывания. – Саратов, 2019. – 220 с.
2. Шестакова Е.О., Казарин В.Ф. Перспективы возделывания сорго в Нечерноземной зоне РФ // Кормопроизводство. – 2022. – № 4. – С. 23–28.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 2014. – 351 с.
4. Методические указания по изучению коллекции зерновых, крупяных и кормовых культур / ВИР. – Л., 2015. – 78 с.
5. Сорго. Биологические особенности и хозяйственное использование / под ред. В.В. Волкова. – М.: Колос, 2018. – 186 с.
6. Кириленко С.К. Оценка сортов сорго по продуктивности в условиях центральных регионов России // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
7. Рябова В.Э., Тимофеев Н.П. Адаптивный потенциал культуры сорго и перспективы его использования в нечерноземных регионах // Агрохимия. – 2023. – № 6. – С. 31–39.

СЕКЦИЯ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ, АГРОХИМИЯ И МИКРОБИОЛОГИЯ»

УДК 631.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ТЕМНОВОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ БИОМАССЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ И ВЫРАБОТКИ БИОВОДОРОДА

***Потехина Мария Алексеевна**, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А, Тимирязева, mashery1999@gmail.com*

***Литти Юрий Владимирович**, к.б.н., заведующий лабораторией антропогенных мест обитания ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН*

***Селицкая Ольга Валентиновна**, к.б.н., доцент кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** В исследовании проанализирована перспектива интенсификации процесса темновой ферментации сельскохозяйственных отходов посредством применения наночастиц железа с целью биотехнологического получения водорода. В роли продуцента выступал термофильный анаэробный штамм Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum SP-H2, изолированный из осадка сточных вод.*

Ключевые слова: биоводород, темновая ферментация, отходы сельского хозяйства, сточные воды.

В контексте перехода к низкоуглеродной энергетике особую актуальность приобретают технологии производства энергоносителей, отвечающие критериям экологической безопасности, масштабируемости и вовлечения отходов в повторный цикл. Водород выделяется как перспективный энергоноситель за счёт высокой удельной теплоты сгорания и отсутствия углеродсодержащих продуктов при окислении [1]. Согласно последним обзорам, темновая ферментация представляет собой один из наиболее жизнеспособных биотехнологических методов получения H_2, поскольку не требует освещения, способна использовать сложные органические субстраты и одновременно способствует утилизации отходов [2].

К основным методам производства водорода относят электролиз воды, термокаталитическое преобразование богатых водородом органических соединений и биологическую конверсию. Водород также может быть получен из возобновляемых источников, таких как органические отходы [3]. В этом контексте процесс темновой ферментации представляется особенно перспективным: он не требует значительных энергозатрат и способствует частичной стабилизации разнообразных органических отходов и сточных вод [2].

Отходы агропромышленного комплекса представляют особую ценность в качестве органических субстратов для биопроцессов. Пшеничная солома, являясь типичным лигноцеллюлозным остатком, содержит значительное количество клетчатки и структурных углеводов [1]. Свиной навоз, в свою очередь, богат азотистыми соединениями, белками, минеральными компонентами и естественной микробиотой. Совместное использование этих материалов в процессе ко-ферментации оправдано их взаимодополняющими свойствами: солома служит углеродным субстратом, а навоз регулирует соотношение C/N и улучшает буферные характеристики среды [3].

Использование реальных агроотходов сопряжено с рядом существенных ограничений [1]. Нестерильные субстраты содержат метаногенов, гомоацетогенов и иные микроорганизмы-конкуренты, которые могут потреблять образующийся водород либо перенаправлять метаболические потоки в менее выгодные направления. В связи с этим

критически важным этапом темновой ферментации выступает предварительная обработка субстрата или инокулята [3]. Современные исследования показывают, что термическая обработка, применение химических ингибиторов и их комбинации эффективно снижают активность водородпотребляющих микроорганизмов и повышают выход H_2. В частности, E. M. Bouchareb с соавторами продемонстрировали, что физико-химическая предобработка субстрата существенно повышает эффективность темновой ферментации за счёт улучшения доступности органического вещества и подавления нежелательных метаболических путей [2].

В качестве продуцента водорода использовали термофильный анаэробный штамм *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum SP-H2*, выделенный из осадка сточных вод Люберецких очистных сооружений и ранее описанный как активный продуцент H_2 из простых сахаров и сточных вод. Для штамма характерны оптимум роста при 55-60 °C и pH 7,5, что определило выбор термофильного режима культивирования в данной работе [1].

В качестве субстратов использовали отходы агропромышленного комплекса - пшеничную солому и свиной навоз. Перед началом экспериментов навоз высушивали при 55 °C в течение 5-7 сут, затем оба субстрата измельчали и просеивали: навоз через сито 0,25 мм, солому через сито 0,5 мм. Химический и компонентный состав исходных субстратов определяли стандартными аналитическими методами.

Для подбора оптимального соотношения ко-субстратов готовили смеси с массовыми долями соломы и навоза 0:100, 33:66, 66:33 и 100:0 в пересчете на сухое вещество. Общая концентрация субстратов составляла 10 г/л. Такое построение эксперимента позволяло проследить влияние широкого диапазона C/N - от азотобогатых до углеродобогатых вариантов - на выход водорода и профиль метаболитов.

Количественную оценку биогаза проводили манометрически — по давлению в газовой фазе, с последующим приведением объёма к нормальным условиям согласно уравнению Менделеева-Клапейрона. Компонентный состав газовой фазы (H_2, CO_2) исследовали методом газовой хроматографии (хроматограф «Кристалл 5000.2»). Кумулятивный выход водорода вычисляли с учётом динамики изменения концентрации и объёма газовой фазы.

Анализ летучих жирных кислот и этанола выполняли на том же газовом хроматографе с пламенно-ионизационным детектором и колонкой DB-FFAP при программируемом нагреве термостата от 100 до 165 °C. Пробы предварительно обрабатывали муравьиной кислотой (до pH 2–3). Для определения муравьиной, янтарной и молочной кислот применяли метод капиллярного электрофореза (прибор «Капель-105М»).

Результаты проведённого исследования свидетельствуют о том, что эффективность темновой ферментации смеси пшеничной соломы и свиного навоза с использованием термофильного штамма *T. thermosaccharolyticum SP-H2* можно значительно повысить за счёт комплексного регулирования состава субстрата, режима предобработки и типа применяемой железосодержащей добавки.

Использование реальных агроотходов оказывает разнонаправленное влияние на процесс: пшеничная солома обогащает субстрат углеродом и поставляет ферментируемые углеводы, однако её лигноцеллюлозная структура затрудняет гидролиз. Свиной навоз, в свою очередь, улучшает минеральный состав среды, но одновременно увеличивает азотную нагрузку и вносит конкурентную микрофлору. В связи с этим максимальная эффективность процесса достигалась не при использовании отдельных компонентов (моновариантов), а при оптимальном соотношении соломы и навоза в смеси.

Библиографический список

1. Litti, Yu. V., Potekhina, M. A., Zhuravleva, E. A. et al. Dark fermentative hydrogen production from simple sugars and various wastewaters by a newly isolated Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum SP-H2 // International Journal of Hydrogen Energy. - 2022. - Vol. 47, Issue 58. - P. 24310-24327. - URL: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.05.235

2. Chen, H., Wu, J., Wang, H. et al. Dark co-fermentation of rice straw and pig manure for biohydrogen production: effects of different inoculum pretreatments and substrate mixing ratio //

Environmental Technology. - 2021. - Vol. 42, No. 28. - P. 4539-4549. - URL: https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1770340

3. Ren, Y., Si, B., Liu, Z. et al. Promoting dark fermentation for biohydrogen production: Potential roles of iron-based additives // International Journal of Hydrogen Energy. - 2022. - Vol. 47. - P. 10499-10518. - URL: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.137

УДК 631.91.095.337

ПЛОЩАДЬ АССИМИЛЯЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ АЗОТНО-ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

***Ахметжанов Даниэль Мухаррямович**, аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, dany.almazov@mail.ru*

***Серегина Инга Ивановна**, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, seregina.i@inbox.ru*

***Аннотация.** В полевом эксперименте исследовался вопрос влияния разных азотно-цинковых удобрений на площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы. Выявлено, что на разных этапах развития растений площадь ассимиляционной поверхности увеличивается неравнозначно. В фазу кущения наибольшая площадь поверхности наблюдалась в варианте с применением КАС + Zn.*

***Ключевые слова**: яровая пшеница, азотно-цинковые удобрения, площадь ассимиляционной поверхности.*

Наиважнейшей задачей современного сельского хозяйства является получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, особенно зерновых. Ведущей культурой среди зерновых на сегодняшний день является яровая пшеница [1].

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов, наиболее важным из которых является применение минеральных удобрений. Особое внимание следует уделять азотным удобрениям, от которых в большей мере зависит получение высоких урожаев, однако на сегодняшний день известно, что правильно подобранные дозы и формы микроудобрений так же могут повышать урожайность [2].

Особую роль в жизни растений яровой пшеницы играет цинк. Входя в состав нескольких сотен антиоксидантных ферментов, цинк участвует в ряде биохимических реакций, которые происходят в следствие активизации защитных механизмов растений. Цинк может повышать стрессоустойчивость растений к различным биотических и абиотическим факторам, таким как засуха, затопление или отравление тяжёлыми металлами [3].

Известно, что продуктивность растений во многом зависит от заложенного в фазу выхода в трубку количества зачаточных цветков [4]. Однако именно эта фенологическая фаза является периодом критического потребления влаги, поэтому необходимо усилить поступление влаги и питательных элементов в растения на протяжении всех фенологических фаз, особенно перед и во время фазы выхода в трубку.

Кроме того, важной составляющей образования органических веществ в растении является фотосинтез. Фотосинтетическая активность и фотосинтетический потенциал растений во многом зависят от площади ассимиляционной поверхности листьев, стеблей и колосьев [5].

В связи с этим целью исследования было изучить влияние разных азотно-цинковых удобрений на площадь ассимиляционной поверхности растений яровой пшеницы.

Полевой эксперимент был проведён на базе полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева на опытном участке кафедры агрономической, биологической химии и радиологии.

Минеральное питание создавали путём внесения в качестве основного удобрения (фон) калийных удобрений в виде сульфата калия (50% действующего вещества). Кроме того, изучалось действие азотно-цинковых удобрений. В качестве азотных удобрений были использованы следующие: карбамид (46% действующего вещества), сульфат аммония (21% действующего вещества), аммонийная селитра (34% действующего вещества) и КАС (32% действующего вещества).

Площадь ассимиляционной поверхности определялась по линейным размерам объекта [6].

В результате исследования было выявлено, что наибольшая площадь ассимиляционной поверхности в фазу кущения наблюдалась в варианте с применением КАС + Zn, в фазу выхода в трубку – в варианте с применением сульфат аммония + Zn, в фазу колошения – в варианте с применением КАС и карбамид + Zn.

Библиографический список

1. Наймушина А. Ю., Яичкин В. Н. Влияние сорта на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №. 3 (71). – С. 45-48.
2. Seregina I., Akhmetzhanov D., Trukhachev V. [et al.] // Effect of different zinc concentrations on the growth functions of spring wheat seedlings / BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference “VAVILOV READINGS-2023” (VVRD 2023). Volume 67 (2023), Saratov, 25–26 мая 2023 года. Vol. 67. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02026. – DOI 10.1051/bioconf/20236702026. – EDN TSVGKV.
3. Старовойтова О. А. и др. Влияние форм эссенциальных микроэлементов (Fe, Cu и Zn) на урожайность и качество картофеля //АгроЭкоИнженерия. – 2025. – №. 1 (122). – С. 60-76.
4. Аллаярова И. Н. и др. ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ХОСТЫ //Агрохимический вестник. – 2025. – №. 4. – С. 60-64.
5. Дружинин В. Г., Прахова Т. Я. Фотосинтетическая деятельность сафлора красильного в зависимости от применения микроудобрений //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – №. 4. – С. 367-370.
6. Ниловская Н. Т., Остапенко Н. В. Методика проведения морфофизиологического контроля за состоянием зерновых культур. – 1999.

УДК 631.48+631.421.1

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ДРЕВОСТОЯМИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС» ИМЕНИ М.Г. СИНИЦЫНА И НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НИЖЕГОРОДСКОЕ ПОВОЛЖЬЕ» ИМ. В.А. ЛЕБЕДЕВА

***Мартынова Полина Николаевна**, аспирант 1 г.о. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, lina.martynova25@mail.ru*

***Каменных Наталья Львовна,** к.б.н., доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, nl-povetkina@mail.ru*

***Наумов Владимир Дмитриевич**, научный руководитель, д.б.н., профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, naumovsoil@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В работе представлены результаты исследования морфогенетических и лесорастительных особенностей дерново-подзолистых почв южно-таежной зоны в условиях коренных лесных экосистем заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына и национального парка «Нижегородское Поволжье» имени В.А. Лебедева. Выявлены существенные различия в морфологии почвенного профиля, мощности лесной подстилки и фракционном составе подстилок в зависимости от породного состава древостоя.*

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, лесная подстилка, состав древостоя, фракционный состав, кислотность, гумус.

Лесная растительность выступает в качестве активного агента почвообразования, трансформирующего свойства почвы. Характер и масштаб этих изменений во многом определяются видовой структурой древостоя. Ключевым фактором, детерминирующим формирование лесных почв, является структура лесного биоценоза, которая задается природой самого древостоя. Эволюция почв под лесной растительностью протекает неоднородно как в пространстве, так и во времени, что обусловлено вариациями в интенсивности аккумуляции биогенных элементов и особенностями деструкции органического вещества. Лесная подстилка представляет собой важное звено любой лесной экосистемы, связывающее биологический и почвенный круговороты вещества, и играет ключевую роль в почвообразовательных процессах [1]. Несмотря на обширную изученность дерново-подзолистых почв в целом, механизмы влияния конкретного породного состава древостоев на скорость, направленность и качественные параметры процесса разложения лесной подстилки остаются дискуссионными.

Цель исследования – выявить особенности морфогенеза, строения и свойств лесных дерново-подзолистых почв под влиянием древостоев различного породного состава на примере заповедника «Кологривский лес» и национального парка «Нижегородское Поволжье».

Сравнительный анализ фракционного состава подстилок на участках заповедника и национального парка под лиственным и хвойным составом древостоя позволяет качественно оценить влияние типа растительности.

Видовая структура древесного яруса выступает в качестве ведущего фактора, обусловливающего фракционный состав и морфологию лесной подстилки. Установлено чёткое разделение двух типов растительности: лиственного, в котором преобладает листовой опад (58,80–62,15% от общей массы), и хвойного, где доминируют хвоинки (27,41–32,19%). Выявленные соотношения подтверждают более медленную трансформацию хвойного опада по сравнению с лиственным.

В структуре подстилок под хвойными насаждениями отмечается высокое содержание ветвей (19,36–20,91%). Кроме того, здесь присутствует фракция шишек (12,15–13,47%), которая в лиственных подстилках полностью отсутствуют [4].

Доля моховой фракции в составе лесной подстилки характеризуется невысокими значениями. В то же время под пологом лиственных насаждений этот показатель выше (1,81–2,66%), чем под хвойными (1,43%), что может быть обусловлено неидентичными условиями, формирующимися под кронами лиственных деревьев.

Фракция детрита относится к числу значимых и отличается относительной стабильностью по всем исследуемым группам. Исключительная ситуация зафиксирована на участке хвойного леса в Кологриве, где доля детрита минимальна (2,01%). Это может быть следствием более активного разложения органического материала в условиях лучшей аэрации почвенного профиля [4].

При сравнительном изучении почвенных профилей в заповеднике «Кологривский лес» установлено, что морфологическое строение лесной подстилки под разными древостоями демонстрирует четкую зависимость от породного состава насаждений. Под пологом хвойных пород формируется более мощная подстилка (до 9 см), характеризующаяся плотным строением и пониженной интенсивностью деструкции органики. Под лиственными породами

мощность подстилки не превышает 5 см, она имеет рыхлое сложение, представлена преимущественно листовым опадом и быстрее разлагается.

Слабое развитие гумусово-элювиального горизонта A_1 в обоих исследуемых профилях обусловлено промывным типом водного режима, характерным для южнотаёжных лесов. При этом под березовым древостоем окраска горизонта более однородна, тогда как под еловым наблюдается пестрота с белесыми включениями, свидетельствующая о более ранней и интенсивной стадии подзолообразования. Мощность подзолистого горизонта под хвойными насаждениями выше и сопровождается формированием осветлённых языков: процесс оподзоливания выражен интенсивнее. Под лиственным древостоем подзолистый горизонт менее мощный, окраска его более однородна. Под ельником иллювиальная часть профиля сильно оглеена, тогда как под березняком признаки оглеения в иллювиальной толще отсутствуют. Горизонты B_1 и B_2 под обоими типами насаждений имеют более светлую окраску, что типично для данной генетической толщи [6].

На территории национального парка «Нижегородское Поволжье» также выявлены чёткие различия в морфологическом строении дерново-подзолистых почв под влиянием насаждений разного породного состава. Наибольшая мощность лесной подстилки (7 см) отмечена под хвойным древостоем (ельник пихтовый), тогда как под лиственными породами этот показатель составляет 4 см [4].

Под хвойным древостоем гумусово-элювиальный горизонт достигает значительной мощности (30 см), отличается тёмной окраской и мелкокомковато-ореховатой структурой. В противоположность этому, под лиственными породами мощность гумусового горизонта не превышает 10 см. Подзолистый горизонт A_2 под лиственными породами имеет большую мощность (14 см); процесс оподзоливания проявляется в виде ярко выраженных языков, проникающих в нижележащие горизонты.

Под хвойными породами, несмотря на меньшую абсолютную мощность горизонта A_2 (9 см), процесс подзолообразования протекает более интенсивно и является ведущим почвообразовательным процессом, определяющим морфологию всего профиля. В условиях дополнительного увлажнения, особенно в переходном горизонте A_2B, наблюдаются признаки оглеения: железо-марганцевые конкреции, каменистые включения с сизоватыми пятнами, а также сизые глеевые затёки, интенсивность которых возрастает вниз по профилю [5].

На основании проведенного морфогенетического анализа можно сделать выводы о том, что видовой состав древостоя выступает ведущим фактором, определяющим выраженность подзолистого и дернового процессов. Под пологом хвойных пород складываются условия, приводящие к образованию почв глеевого типа. Контрастность почвенных профилей под разными насаждениями обусловлена не столько варьированием мощности горизонтов, сколько их качественными отличиями: наличием либо отсутствием глеевой дифференциации, степенью контрастности и морфологическими особенностями элювиально-иллювиальной толщи. Смена доминирующей древесной породы даже в пределах одной коренной экосистемы южной тайги существенно изменяет направленность почвообразования: еловый древостой способствует развитию более кислых и переувлажнённых почв, тогда как берёзовый формирует условия для улучшенной аэрации и менее интенсивного подзолообразования [2,3].

В ходе исследования проведён анализ физико-химических свойств почв, формирующихся под разными типами древостоев в пределах изучаемых территорий. В результате чего установлено, что на территории национального парка «Нижегородское Поволжье» под хвойным древостоем зафиксировано наибольшее содержание гумуса (3,09%) в горизонте A_1. С глубиной концентрация органического вещества планомерно убывает, достигая минимальных значений (0,36%) в почвообразующей породе. Под лиственным пологом гумусовый горизонт A_1 имеет мощность 30 см и характеризуется содержанием гумуса 2,61%, что несколько ниже показателя в верхнем горизонте хвойного профиля. Сравнительный анализ свидетельствует о том, что под хвойными породами органическое вещество концентрируется преимущественно в поверхностном слое малой мощности, тогда

как под лиственными насаждениями профиль отличается более глубоким, но менее интенсивным гумусонакоплением.

На территории заповедника «Кологривский лес» под пологом хвойных насаждений зафиксировано высокое содержание гумуса (10,15%) в переходном горизонте A_0A_1, что обусловлено присутствием слаборазложившихся органических остатков. В нижележащем гумусово-элювиальном горизонте A_1 концентрация органического вещества снижается до 3,33%, а в элювиальном горизонте до 0,70%. Под лиственным древостоем максимальная величина гумуса (2,02%) приурочена к горизонту A_1, с последующим уменьшением до 0,42% в горизонте BC. Хвойный древостой формирует резко контрастный профиль с высоким накоплением гумуса в верхних органогенных слоях, тогда как лиственный – более равномерное, но низкое содержание гумуса по всему профилю.

Под хвойными породами на обоих участках солевая вытяжка показывает более низкие значения (2,99–3,95), чем под лиственными (3,38–5,19). Наиболее кислые условия (pH_{KCl} – 2,99) отмечены в Кологриве, что согласуется с максимальной мощностью хвойной подстилки и преобладанием фракций хвои, богатых фенольными соединениями. Там же контраст между хвойными и лиственными насаждениями по кислотности выражен ярче, чем в «Нижегородском Поволжье», что может быть связано с более мощной хвойной подстилкой и замедленной минерализацией.

В профилях под хвойными породами чётко выражено снижение pH_{KCl} в элювиальной части профиля с последующим незначительным повышением в иллювиальной толще. Под лиственными породами такая закономерность прослеживается слабее, а в Нижегородском Поволжье значения pH_{KCl} и pH_{H_2O} практически совпадают, что может свидетельствовать о низкой обменной кислотности.

Полученные данные подтверждают, что породный состав древостоя является ведущим фактором, определяющим как содержание и распределение гумуса, так и кислотность дерново-подзолистых почв. Хвойные насаждения формируют более кислые профили с высокой обменной кислотностью и концентрацией органического вещества в поверхностных горизонтах. Лиственные насаждения способствуют развитию более глубокого гумусового горизонта, снижению обменной кислотности и уменьшению контрастности между водной и солевой вытяжками.

Библиографический список

1. Богатырев Л.Г. Географические аспекты функционирования лесных подстилок // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. № 1. С. 30–36.

2. Гемонов А.В. Некоторые особенности почвенного покрова заповедника «Кологривский лес» / А.В. Гемонов, А.В. Лебедев, П.В. Чернявин // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес»: Сборник научных трудов / Ответственный редактор А.В. Лебедев. Выпуск 1. – Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2017. – С. 52–59.

3. Дубенок Н.Н. Динамика лесов заповедника «Кологривский лес» / Дубенок Н.Н., Чернявин П.В., Лебедев А.В., Гемонов А.В // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 3. С. 5–18.

4. Дрожжина Е.Ю. Фракционный состав лесной подстилки дерново-подзолистых почв южнотаежной лесной зоны под древостоями различного состава природного заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына и Национального парка «Нижегородское поволжье» им. В.А. Лебедева / Дрожжина Е.Ю., Мартынова П.Н. // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 194 – 198.

5. Мартынова П.Н. Морфогенетическая характеристика дерново-подзолистых почв под древостоями различного состава Национального парка «Нижегородское Поволжье» им. В.А. / Мартынова П.Н., Рахимов А.Ф., Каменных Н.Л. // Сборник трудов Всероссийской

молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 234 – 239.

6. Рахимов А.Ф. Морфогенетическая характеристика дерново-подзолистых почв под древостоями различного состава Государственного Природного Заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына / Рахимов А.Ф., Мартынова П.Н., Каменных Н.Л. // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 245 – 250.

УДК 631.417.2:528.94:004.94

ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЕМОВ В ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ РЕЛЬЕФА В УСЛОВИЯХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Агеев Кирилл Дмитриевич, *аспирант кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, k.ageev@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель – **Минаев Николай Викторович**, к.б.н., доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева*

***Аннотация**. В работе выполнено цифровое картографирование мощности гумусового горизонта черноземов выщелоченных и оподзоленных на основе морфометрических параметров рельефа. Использованы методы машинного обучения (Random Forest) и геостатистики (обычный кригинг). Установлено, что на уровне всей территории связь мощности гумусового горизонта с параметрами рельефа выражена слабо. Вместе с тем анализ катены показал наличие локальной зависимости, проявляющейся на уровне отдельных морфологических элементов рельефа. Полученные результаты свидетельствуют о масштабной неоднородности факторов формирования почвенного профиля.*

***Ключевые слова:** цифровая модель рельефа, гумусовый горизонт, катена, кригинг, Random Forest, геостатистика.*

Мощность гумусового горизонта является важнейшей характеристикой почвенного профиля, определяющей его агрономические свойства и плодородие. Одним из факторов, влияющих на пространственную изменчивость данного показателя, является рельеф, который определяет перераспределение влаги, тепла и почвенного материала [2]. Она имеет связь и с другими агрохимическими показателями (как содержание гумуса, кислотность, питательные элементы и др.), что в свою очередь может быть отражено в оценке их взаимосвязей [4], а также ифнормационно-энергетической оценке почв и их свойств [5, 6].

Современные методы цифрового почвенного картографирования (Digital Soil Mapping) позволяют использовать морфометрические параметры рельефа для моделирования почвенных свойств. Однако степень проявления связи между рельефом и мощностью гумусового горизонта может существенно варьировать в зависимости от масштаба исследования [3].

Целью работы является оценка возможности моделирования мощности гумусового горизонта черноземов на основе параметров рельефа, а также выявление различий в характере этой зависимости на разных пространственных уровнях.

В качестве исходных данных использованы результаты почвенного обследования, представленные точечными измерениями мощности гумусового горизонта, общее число точек

обследования 254. В качестве факторов использованы морфометрические параметры рельефа, полученные на основе цифровой модели рельефа с разрешением 30 м: высота (DEM), уклон (slope), индекс увлажнения (TWI), топографический индекс позиции (TPI), фактор LS, а также экспозиция склона (в виде sin и cos).

Исследование проведено для территории участков пашни Тульского НИИСХ – филиала ФИЦ «Немчиновка», расположенных в Плавском районе Тульской области. Площадь исследуемого участка составляет 5500 га. Территория находится в пределах лесостепной зоны Центральной России и характеризуется рельефом, расчленённым на ясно выраженные элементы склонов и водоразделов. Материнские породы на исследуемой территории относительно однообразны, а структура почвенного покрова сравнительно несложная и представлена преимущественно черноземам разной степени смытсости [1].

Для моделирования мощности гумусового горизонта были использованы метод случайного леса (Random Forest) и метод обычного кригинга. Оценка точности полученных моделей проводилась с применением стандартных статистических показателей, включающих среднеквадратичную ошибку (RMSE), среднюю абсолютную ошибку (MAE) и коэффициент детерминации (R^2) [7].

Дополнительно был выполнен анализ катены, включающий построение профиля рельефа и мощности гумусового горизонта, проведение корреляционного анализа, оценку пространственной структуры с использованием вариограммы, а также анализ трендов вдоль профиля.

Результаты моделирования показали низкую объясняющую способность рельефных факторов на уровне всей территории. Для модели Random Forest коэффициент детерминации составил около $R^2 \approx 0.03$, для кригинга – $R^2 \approx 0.07$, что свидетельствует о слабой зависимости мощности гумусового горизонта от используемых морфометрических параметров.

Анализ важности признаков показал, что наибольший вклад в модель вносят уклон и абсолютная высота, однако их влияние остаётся ограниченным.

В отличие от анализа на уровне всей территории, исследование катены выявило более выраженную зависимость. Корреляционный анализ показал существенную связь мощности гумусового горизонта с высотой ($\rho = 0.77$), уклоном ($\rho = -0.69$) и фактором LS ($\rho = -0.61$). При этом линейный тренд вдоль катены выражен слабо, тогда как полиномиальная модель второго порядка объясняет до 30% вариации показателя, что указывает на нелинейный характер зависимости.

Построенная картограмма на основе множественной линейной регрессии, которая была построена на основе точек полевого обследования и предикторов на основе цифровой модели рельефа (крутизна, индекс конвергенции и длинна склона), показала достаточно низкую связь с предикторами, поскольку R2 составила всего 0,11, но отражает принципиальное изменение мощности гумусового горизонта черноземов по мере удаления от водоразделов. Так или иначе чем дальше от водораздела и круче склон, тем меньше мощность гумусового горизонта. Сложность моделирования связана с тем, что почва формирует структуру почвенного покрова и несмотря на общий тренд почвы разной степени смытости, а соответственно и мощности гумусового горизонта будут встречаться совместно. (рис. 1).

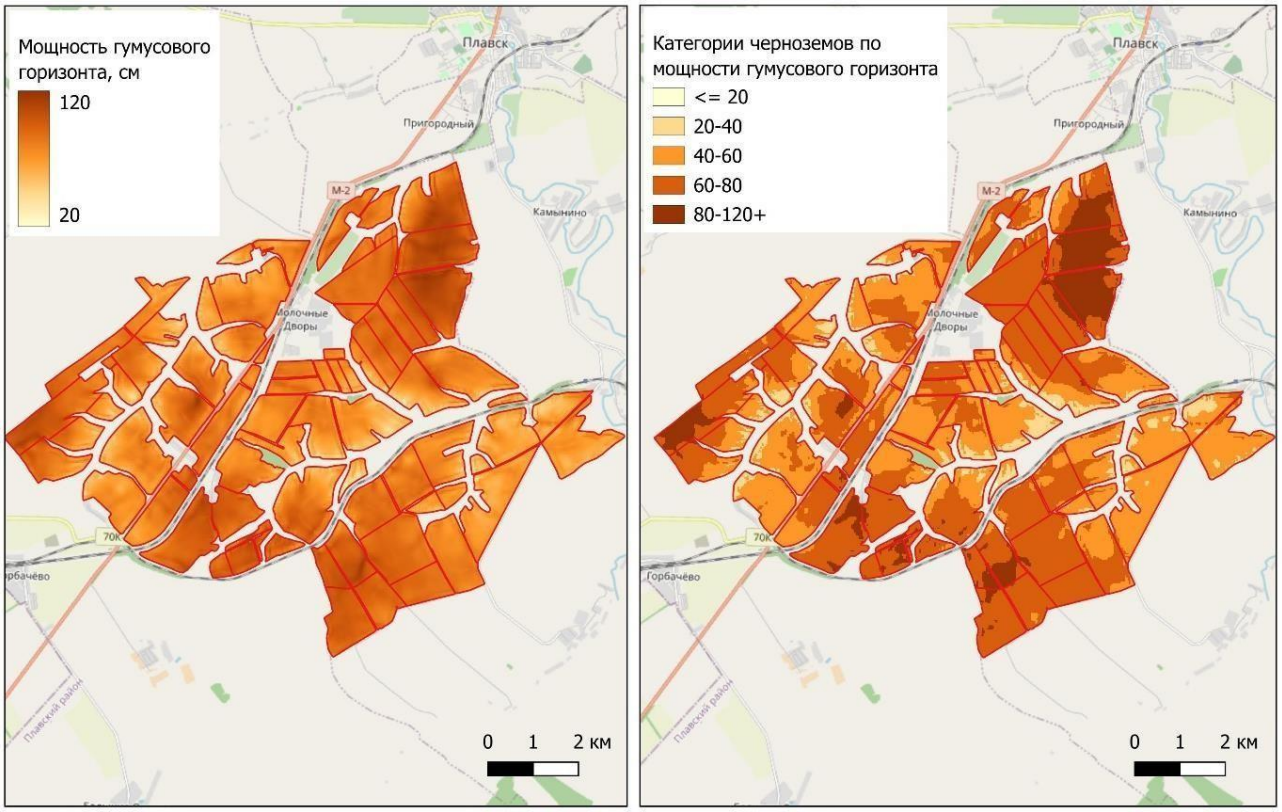


Рис. 1. Картограммы мощности гумусового горизонта (слева) на основе множественной регрессии и категорий по мощности гумусового горизонта (сперва)

Экспериментальная вариограмма показала наличие пространственной зависимости с радиусом корреляции порядка 300-400 м при значительной доле микромасштабной изменчивости (около 40%).

Сравнение результатов моделирования показало, что на уровне всей территории используемые методы показали низкую точность (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение точности моделей цифрового картографирования

Метод	**RMSE**	**MAE**	**R^2**
Random Forest	12.69	9.82	0.026
Кригинг	15.37	11.69	0.075
Множественная регрессия	—	—	0.110

Таким образом, полученные результаты показывают, что связь мощности гумусового горизонта с параметрами рельефа проявляется преимущественно на локальном уровне (катена), тогда как при переходе к более крупному пространственному охвату она нивелируется вследствие неоднородности почвообразующих условий.

Моделирование мощности гумусового горизонта на основе морфометрических параметров рельефа на уровне всей территории показало низкую точность ($R^2 < 0.1$), при этом наибольшее влияние среди факторов оказывают уклон и абсолютная высота, однако их объясняющая способность остается ограниченной. В то же время анализ катены выявил более выраженную зависимость между рельефом и мощностью гумусового горизонта, а пространственная структура показателя характеризуется радиусом корреляции порядка 300-400 м. Таким образом, установлено, что связь между рельефом и почвенными

характеристиками носит преимущественно локальный характер и существенно зависит от масштаба анализа. Дополнительные точки почвенного обследования могут улучшить качество модели, что будет показано в дальнейших исследованиях.

Библиографический список

1. Бородина, К. С. Предварительная оценка содержания гумуса и структурного состояния почв лесостепной зоны в условиях залежи / К. С. Бородина, Н. В. Минаев // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 342-345

2. Минаев, Н.В. Идентификация масштабных уровней организации рельефа пашни / Н. В. Минаев, А. А. Никитин, Д. Н. Козлов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2019. – № 96. – С. 3-21. – DOI 10.19047/0136-1694-2019-96-3-21

3. Минаев, Н.В. Разработка крупномасштабной цифровой модели автоматизированного почвенно-агроэкологического картографирования на примере представительных ландшафтов Владимирского Ополья / Н. В. Минаев, А. В. Бузылев, Е. Б. Таллер // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 3(33). – С. 24

4. Прохоров, А.А. Оценка чувствительности агрохимических показателей почв к снижению содержания почвенного органического углерода / А. А. Прохоров, Б. А. Борисов, О. Е. Ефимов, Н. В. Минаев // Агрохимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 26-31. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-005

5. Савич, В.И. Информационная оценка взаимосвязей свойств, процессов и режимов почв / В. И. Савич, В. А. Седых, Н. В. Минаев // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6(54). – DOI 10.51419/202126642.

6. Савич, В.И. Информационно-энергетическая оценка плодородия почв / В. И. Савич, К. С. Бородина, Н. В. Минаев // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 3(57). – DOI 10.51419/202133307

7. Malone, B.P. Using R for Digital Soil Mapping / B.P. Malone, B. Minasny, A.B. McBratney. – Springer, 2017. – 262 p.

УДК 632.937.1.05

ОЦЕНКА АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ШТАММОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОЗБУДИТЕЛЮ БУРОЙ ГНИЛИ КАРТОФЕЛЯ

***Доморацкая Дана Алексеевна**, аспирант кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, danadomoratskaya@mail.ru*

***Калашников Андрей Алексеевич,** младший научный сотрудник лаборатории «Государственная коллекция карантинных организмов» ФГБУ ВНИИКР, andreysm.uch@mail.ru*

***Киракосян Рима Нориковна**, к.б.н., доцент кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, r.kirakosyan@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** Проведен опыт in vitro по поиску антагонистов возбудителя бурой гнили картофеля с 39 штаммами бактерий; было выявлено 20 штаммов, проявляющих антагонистическую активность, впервые выявлена такая активность у родов Lysinibacillus sp. и Stenotrophomonas sp.*

***Ключевые слова:** бурая гниль картофеля, антагонисты, биологическая защита растений.*

Применение организмов-антагонистов в борьбе с инфекционными заболеваниями

является актуальным в данный момент направлением в биологической защите растений. Актуальность метода обусловлена негативными последствиями применения химических пестицидов: загрязнение окружающей среды, развитие устойчивости (резистентности) у патогенов, гибель нецелевых видов и накопление токсичных остатков в продукции, что является критичным показателем, когда речь идет о растениях, используемых человеком в пищу – как, например, картофель, активно поражаемый карантинной для ЕАЭС бактерией-полифагом *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al., вызывающей бурую гниль картофеля и являющейся видом с высоким риском интродукции на территорию Российской Федерации, где организм входит в список отсутствующих на территории карантинных вредных организмов [1, 2]. По литературным данным и по результатам проведенных нами ранее исследований, выявлено, что представители родов *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp. и *Streptomyces* sp. являются наиболее эффективными антагонистами бактериальных возбудителей болезней растений и возбудителя бурой гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* в частности [3, 4, 5, 6, 7].

Целью работы являлось исследование антагонистической активности различных штаммов бактерий (роды *Achromobacter* sp., *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Lysinibacillus* sp., *Paenarthobacter* sp., *Peribacillus* sp., *Pseudoarthrobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Stenotrophomonas* sp.) по отношению к возбудителю бурой гнили картофеля *Ralstonia solanacearum* методом сокультивирования в жидкой среде R2A с учетом результатов методом ПЦР «в реальном времени» (ПЦР-РВ). Для этого в стерильные микропробирки на 1,5 мл вносили 0,5 мл суспензии клеток целевого фитопатогена и 0,5 мл суспензии клеток одного из потенциальных штаммов-антагонистов в одинаковой концентрации (10^5 КОЕ/мл), в качестве контрольных образцов выступали пробирки с жидкой средой без внесения каких-либо клеток (отрицательный контроль), а также пробирки с 1 мл суспензии клеток *Ralstonia solanacearum* (положительный контроль). Всего таким образом тестировали 39 штаммов бактерий, все варианты опыта были заложены в четырехкратной повторности. Далее пробирки инкубировали при температуре 25°С при режиме 200 об./мин в шейкере-инкубаторе ES-20 («BioSan», Латвия), аликвоты для выделения ДНК и последующей постановки ПЦР-РВ отбирали через 1, 3, 6, 12 и 24 часа. ДНК из аликвот выделяли с помощью набора «ФитоСорб-Автомат-48» (ЗАО «Синтол», Россия) на станции для выделения нуклеиновых кислот Allsheng Auto-Pure 96 (Hangzhou Allsheng Instruments Co., Ltd., Китай). ПЦР-РВ ставили с помощью набора «Бурая бактериальная гниль-РВ (*Ralstonia solanacearum*)» (ООО «Агродиагностика», Россия) на амплификаторе CFX Opus 96 Real-Time PCR System («Bio-Rad», США). Таксономическая принадлежность всех использованных в работе бактерий была установлена методами секвенирования участка 16S рДНК по Сэнгеру и MALDI-TOF, список представлен в таблице 1.

Таблица 1

Список использованных в работе штаммов бактерий

№ штамма	Латинское название	№ штамма	Латинское название
299	*Pseudomonas* sp.	647	*Pseudomonas* sp.
341	*Arthrobacter* sp.	654	*Pseudomonas* sp.
342	*Arthrobacter* sp.	694	*Peribacillus* sp.
359	*Pseudomonas azotoformans*	701	*Achromobacter* sp.
367	*Stenotrophomonas maltophilia*	708	*Bacillus pumilus*
395	*Pseudomonas* sp.	720	*Pseudomonas umsongensis*
396	*Pseudomonas* sp.	739	*Bacillus velezensis*
415	*Arthrobacter bacter*	741	*Lysinibacillus macroides*

489	*Arthrobacter* sp.	748	*Pseudomonas glycinea*
532	*Pseudomonas koreensis*	750	*Pseudomonas aeruginosa*
537	*Pseudomonas fluorescens*	753	*Pseudomonas glycinea*
548	*Pseudomonas fluorescens*	755	*Pseudomonas reidholzensis*
558	*Pseudomonas orientalis*	757	*Pseudomonas oryzihabitans*
559	*Pseudomonas gessardii*	777	*Stenotrophomonas* sp.
573	*Pseudomonas* sp.	788	*Bacillis cereus*
629	*Pseudomonas* sp.	797	*Pseudoarthrobacter chlorophenolicus*
633	*Pseudomonas* sp.	799	*Pseudomonas fragi*
634	*Pseudomonas* sp.	806	*Arthrobacter enclensis*
645	*Pseudomonas* sp.	807	*Paenarthobacter nicotinovorans*
646	*Pseudomonas* sp.		

После проведенного учета результатов методом ПЦР-РВ было выявлено, что из 39-ти протестированных штаммов 20 проявили подавляющее действие на возбудитель бурой гнили картофеля с разрушением генетического аппарата фитопатогена, данные представлены ниже в виде гистограммы (рисунок 1).

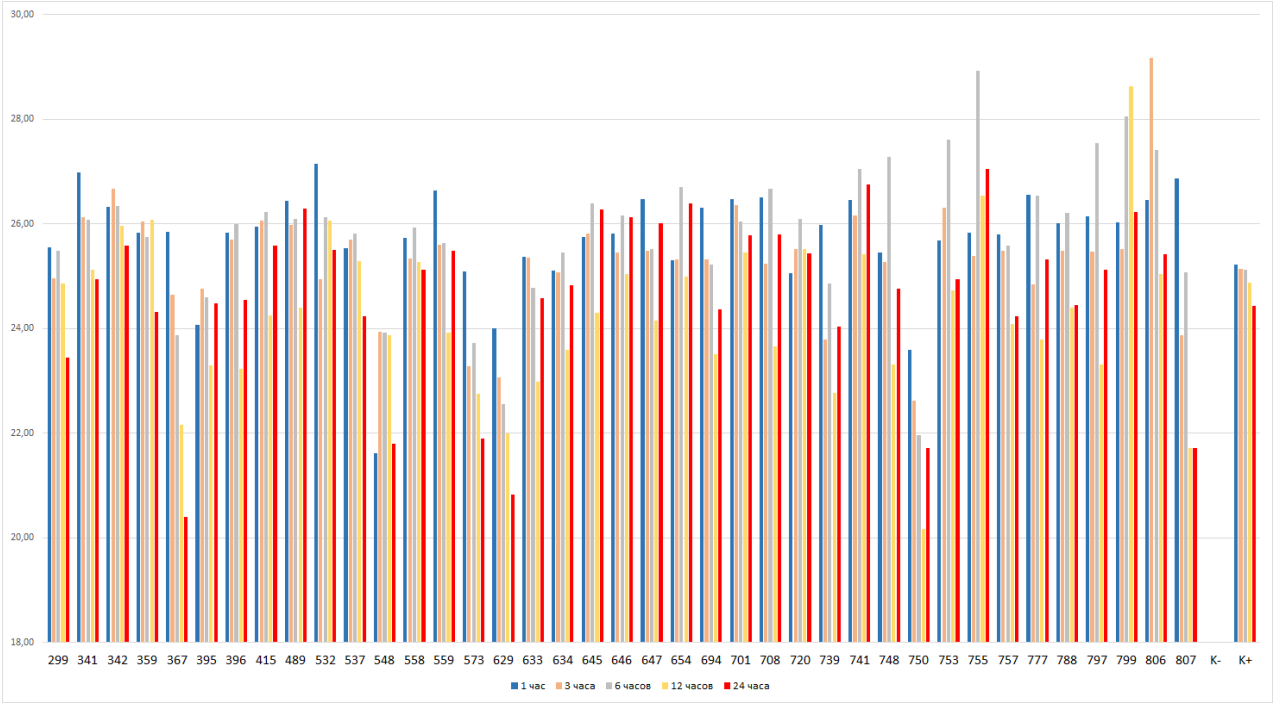


Рис. 1 Гистограмма, отображающая динамику изменения количества детектируемой ДНК *Ralstonia solanacearum* с помощью ПЦР-РВ

По горизонтальной оси – номера штаммов, по вертикальной – интенсивность флуоресценции, выраженная в ОЕФ.

Таким образом, исходя из полученных нами данных о динамике популяций культуры возбудителя бурой гнили в присутствии исследуемых штаммов (чем выше числовое значение порогового цикла флуоресценции (ОЕФ), тем ниже количество ДНК патогена в пробе), были

выявлены бактерии, проявившие наибольшую антагонистическую активность по отношению к возбудителю бурой гнили картофеля; они принадлежат к родам *Arthrobacter* spp. (*Arthrobacter* sp., *Arthrobacter bacter*), *Pseudoarthrobacter* spp. (*Pseudoarthrobacter chlorophenolicus*), *Bacillus* spp. (*Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis*), *Pseudomonas* spp. (*Pseudomonas gessardii*, *Pseudomonas glycinea*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas umsongensis*, *Pseudomonas reidholzensis*), *Lysinibacillus* spp. (*Lysinibacillus macroides*), *Stenotrophomonas* spp. (*Stenotrophomonas* sp.). Полученные данные подтверждают информацию из литературных источников о том, что бактерии родов *Bacillus* sp. и *Pseudomonas* sp. проявляют себя, как эффективные антагонисты, а также впервые была выявлена антагонистическая активность бактерий родов *Lysinibacillus* sp. и *Stenotrophomonas* sp. по отношению к *Ralstonia solanacearum*.

Библиографический список

1. EPPO Global Database: сайт. — URL: https://gd.eppo.int/taxon/RALSSO (дата обращения: 21.04.2026).
2. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30.11.2016 № 158 «Об утверждении единого перечня карантинных объектов Евразийского экономического союза» [Электронный ресурс] // Евразийская экономическая комиссия : официальный сайт. – URL: https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01413200/ (дата обращения: 23.04.2026).
3. Доморацкая, Д. А. Поиск бактериальных антагонистов возбудителя бурой гнили картофеля / Д. А. Доморацкая, Р. Н. Киракосян, А. А. Калашников // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 436-438. – EDN EGQUWL.
4. Vailleau F., Genin S., Guidot A., et al. The *Ralstonia solanacearum* Species Complex: A Quick Diagnostic Guide for an Increasingly Important Group of Phytopathogens // Annual Review of Phytopathology. 2023. Vol. 61. P. 65–87. DOI: 10.1146/annurev-phyto-021621-120319
5. Singh S. Biocontrol Agents for Sustainable Management of Plant Pathogens: A Review // Vigipallia. 2025. URL: https://vigipallia.parlons-fin-de-vie.fr/doc/OAI_1/oai-HAL-hal-05283054v1 (дата обращения: 21.04.2026).
6. Köhl J., Kolnaar R., Ravensberg W. J. Mode of Action of Microbial Biological Control Agents Against Plant Diseases: Relevance Beyond Efficacy // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Art. 845. DOI: 10.3389/fpls.2019.00845, Zeng Z., Cao W., Pu H., et al. Biocontrol mechanism of a newly isolated *Streptomyces* sp. JL2001 against *Ralstonia solanacearum* via aerugine // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2025. Vol. 213. Art. 106351. DOI: 10.1016/j.pestbp.2025.106351.
7. Rai R., Srinivasamurthy R., Dash P. K., Gupta P. Isolation, characterization and evaluation of the biocontrol potential of *Pseudomonas protegens* RS-9 against *Ralstonia solanacearum* in Tomato // Indian Journal of Natural Products and Resources. 2017. Vol. 8. № 4. P. 595–603.

УДК 633.11

РОЛЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В МИРОВОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

***Григорьев Виктор Викторович**, аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, v.v.grigoryev@avgust.com*

Серегина Инга Ивановна *доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, профессор, д.б.н., iseregina@rgau-msha.ru*

Аннотация: В статье рассматриваются особенности выращивания озимой пшеницы в различных регионах мира с учетом климатических условий, почвенных ресурсов, применяемых агротехнологий и сортовых различий. Особое внимание уделяется влиянию региональных факторов на урожайность культуры, устойчивость растений к стрессам и перспективам повышения эффективности производства в условиях глобальных климатических изменений.

Ключевые слова: Озимая пшеница, региональные особенности, мировое сельское хозяйство, устойчивость к стрессам, технологии возделывания, продуктивность посевов.

Озимая пшеница — одна из важнейших зерновых культур мира, обеспечивающая значительную часть продовольственного баланса во многих странах умеренного пояса. В отличие от яровой пшеницы, она высевается осенью, входит в зиму в фазе всходов или кущения, а весной возобновляет рост и формирует урожай раньше, чем яровые формы. Главное биологическое отличие озимой пшеницы состоит в потребности в яровизации: для перехода к колошению и цветению растению необходимо пройти период воздействия пониженных температур. Именно поэтому озимая пшеница особенно хорошо приспособлена к зонам с прохладной осенью, относительно устойчивой зимой и достаточной влажностью в начале вегетации. [1]

Региональные различия в выращивании озимой пшеницы очень велики. В одних частях мира главной задачей является защита растений от сильных морозов и зимнего вымерзания, в других — борьба с весенне-летней засухой, жарой и дефицитом воды. Поэтому одна и та же культура в разных странах требует различных сортов, сроков сева, систем орошения и направлений селекции. По сути, мировое распространение озимой пшеницы показывает, насколько тесно растение связано с климатом, почвой и сезонной динамикой влаги.

В Европе озимая пшеница занимает одно из центральных мест в растениеводстве, однако условия её выращивания сильно различаются между севером, центром и югом континента. Для северных и части центральных районов важна зимостойкость, то есть способность растений переносить морозы, ледяную корку и неблагоприятные условия перезимовки. Вместе с тем в более тёплых частях Европы всё большую роль играют не столько зимние повреждения, сколько засуха и высокие температуры в конце вегетации. Исследования по адаптации пшеницы в Европе показывают, что на фоне климатического потепления особенно опасными становятся жара и водный дефицит в критические фазы — во время мейоза и цветения, когда формируется число зерен в колосе.

Для южной Европы характерна стратегия так называемого «ухода от стресса»: сорта быстрее проходят вегетацию и раньше созревают, чтобы избежать сильной летней жары и иссушения почвы. Однако такая адаптация часто сопровождается снижением потенциальной урожайности. Поэтому современная селекция в Европе всё больше ориентируется не только на скороспелость, но и на физиологическую устойчивость к жаре и засухе, развитие более эффективной корневой системы, сохранение зелёной листовой поверхности дольше обычного («stay-green») и более точную настройку фаз развития под распределение влаги в сезоне. [2]

В Северной Америке, особенно в США и Канаде, озимая пшеница также выращивается в нескольких резко отличающихся природных зонах. По данным FAO, районы северных Великих равнин относятся к числу территорий, где требуются наиболее зимостойкие сорта пшеницы в мире. Это связано с суровыми зимами, резкими температурными колебаниями и риском зимнего вымерзания. Здесь от сорта требуется не просто высокая урожайность, а способность пережить сложную зиму и быстро тронуться в рост весной. При этом чрезмерная зимостойкость тоже может иметь обратную сторону: признаки, усиливающие

морозоустойчивость, иногда замедляют весеннее развитие и могут снижать урожайный потенциал.

США демонстрируют хороший пример региональной специализации озимой пшеницы. Твёрдая краснозёрная озимая пшеница Hard Red Winter даёт около 40% всего американского производства пшеницы и выращивается главным образом в районе Великих равнин — от северного Техаса до Монтаны. Мягкая краснозёрная озимая пшеница Soft Red Winter обычно обеспечивает ещё 15–20% производства и распространена в штатах вдоль Миссисипи и на востоке страны. Такое размещение показывает, что даже в пределах одной страны озимая пшеница представлена несколькими производственными поясами с разными хозяйственными задачами: от хлебопекарного зерна для крупных засушливых равнинных зон до более мягких сортов для других агроэкологических условий.[3]

Для России и в целом Причерноморского региона озимая пшеница имеет стратегическое значение, так как именно здесь располагаются огромные площади зернового производства мирового значения. FAO относит Россию и Украину к числу территорий, где зимостойкость особенно критична, а повреждения от зимовки возникают чаще, чем во многих других регионах мира. Континентальный климат, неустойчивый снежный покров, ледяная корка и резкие оттепели с последующими морозами делают перезимовку ключевым этапом формирования урожая. По этой причине здесь особенно важны сорта с высокой устойчивостью к вымерзанию, хорошей закалкой осенью и способностью быстро восстанавливаться весной.

Однако для Причерноморья важна не только зима. Значительная часть посевов размещена в богарных условиях, поэтому весной и в начале лета растения нередко сталкиваются с дефицитом влаги. Отсюда возникает типичный для региона компромисс: сорт должен быть достаточно зимостойким, но в то же время не слишком «медленным», чтобы успеть использовать весеннюю влагу и завершить налив зерна до наступления сильной жары. Именно поэтому селекция здесь стремится сочетать зимостойкость с ранним весенним развитием и устойчивостью к засухе.

В Китае крупнейшим районом возделывания озимой пшеницы является Хуанхай-Хуайхайская равнина. По данным Nature, это самый крупный концентрированный регион производства озимой пшеницы в стране, дающий более 60% национального валового сбора этой культуры. Значение региона для продовольственной безопасности Китая настолько велико, что любые климатические сдвиги здесь сразу приобретают общегосударственное значение. Особую роль играет фенология — календарь развития растений. Наблюдения показывают, что на фоне потепления фазы развития озимой пшеницы в Северном Китае в среднем смещаются на более ранние сроки, что повышает риск попадания чувствительных стадий под поздние заморозки или жару во время налива зерна.

Ещё одна важнейшая особенность китайского региона — острая проблема воды. Более широкая Хуанхай-Хуайхайская зона стала одним из крупнейших районов истощения подземных вод в мире, а пшеница является здесь главным водопотребляющим полевым растением. Исследования показывают, что максимальную урожайность в условиях Северо-Китайской равнины часто можно получить не за счёт бесконечного увеличения поливов, а через их точную настройку: в обычные годы эффективны два полива, в сухие — три, тогда как избыточное орошение снижает водоотдачу и усиливает давление на водные ресурсы. Таким образом, специфика китайской озимой пшеницы состоит в сочетании высокой продуктивности с необходимостью очень точного управления сроками развития и расходом воды. [4]

В странах Средиземноморья, Западной Азии и Северной Африки озимая пшеница выращивается в условиях более мягкой зимы, но гораздо более жёстких ограничений по влаге и температуре весной и летом. FAO указывает, что в таких районах нередко преобладают факультативные формы пшеницы: они имеют менее выраженную потребность в яровизации, раньше трогаются в рост весной и раньше зацветают. Это удобно там, где зима сравнительно мягкая, осенние дожди запаздывают или требуется поздний посев. В этих условиях опасность

зимних повреждений ниже, зато возрастает значение раннеспелости и способности «уйти» от конца сезона, когда наступают жара и засуха.

Современные международные программы селекции, в частности работы CIMMYT, показывают, что для жарких и сухих регионов особенно важны мощные и здоровые корни, высокая энергия начального роста, более прохладный полог в стрессовых условиях, запас водорастворимых углеводов в стеблях, сохранение зелёных листьев и колосьев, а также признаки, защищающие фотосинтез от перегрева и окислительного стресса. Иными словами, если в северных странах главная проблема — пережить зиму, то в средиземноморском и полузасушливом поясе задача иная: максимально эффективно использовать ограниченную влагу и выдержать высокие температуры в конце вегетации. [5]

Таким образом, озимая пшеница — это не просто единая культура, а целая группа агроэкологических стратегий, зависящих от региона. В северных широтах решающими становятся морозостойкость и успешная перезимовка; в Европе всё большее значение приобретают адаптация к жаре и засухе; в США важна региональная специализация сортов; в России и Украине необходимо сочетание зимостойкости и использования весенней влаги; в Китае ключевыми факторами становятся фенология и экономное орошение; в Средиземноморье и Западной Азии на первый план выходят раннеспелость и жаро-засухоустойчивость. Именно поэтому дальнейшее развитие производства озимой пшеницы во всём мире будет зависеть от точного соответствия сорта конкретному климату, почве и водному режиму региона.

Библиографический список

1. Линдси, Л. Требования к яровизации озимой пшеницы / Л. Линдси. — Текст: электронный // C.O.R.N. Newsletter : [сайт]. — 2020-04. — URL: https://agcrops.osu.edu/newsletter/corn-newsletter/2020-04/vernalization-requirements-winter-wheat (дата обращения: 11.04.2026).

2. Моделирование потенциала повышения урожайности пшеницы путём адаптации идеотипов пшеницы к изменению климата / М. А. Семенов, П. Стратонович, М. Альгабари, М. Дж. Гудинг. — Текст: электронный // Journal of Experimental Botany. — 2014. — Т. 65, № 12. — С. 3327–3340. — DOI: 10.1093/jxb/eru145. — URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4026126/ (дата обращения: 13.04.2026).

3. Пшеничный сектор: краткий обзор. — Текст: электронный // Служба экономических исследований: [сайт] / Министерство сельского хозяйства США. — 08.04.2026. — URL: http://www.ers.usda.gov/topics/crops/wheat/wheat-sector-at-a-glance (дата обращения: 13.04.2026).

4. Чжан, Ц.-Ц. Набор данных об изменчивости фенологии озимой пшеницы на равнине Хуанхуайхай в Китае за 1981–2021 гг. / Ц.-Ц. Чжан, Д.-Л. У, Ц. Гао. — Текст: электронный // Scientific Data. — 2025. — Т. 12. — Ст. 1203. — DOI: 10.1038/s41597-025-05368-z. — URL: https://www.nature.com/articles/s41597-025-05368-z (дата обращения: 15.04.2026).

5. Браун, Х. Й. Селекция озимой и факультативной пшеницы / Х. Й. Браун, Н. Н. Сэулеску. — Текст: электронный // Хлебная пшеница: улучшение и производство / под ред. Б. К. Кёртиса, С. Раджарама, Х. Гомес Макферсона. — Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций, 2002. — (Серия ФАО по растениеводству и защите растений ; № 30). — URL: https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e0f.htm (дата обращения: 15.04.2026).

УДК 631.43

ВОДОПРОЧНОСТЬ АГРОНОМИЧЕСКИ ЦЕННЫХ АГРЕГАТОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НА ПАШНЕ И ЦЕЛИНЕ

***Бородина Кира Сергеевна**, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.bor@ rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В работе представлена оценка водопрочности агрономически ценных агрегатов выщелоченного чернозёма лесостепной зоны в зависимости от характера землепользования. Объектом исследования послужили почвы пахотных и целинных участков, расположенных в Тульской области. Определение водопрочности агрегатов проводилось методом выдерживания в стоячей воде с учётом скорости и степени их распада. Установлено, что на целинных участках все исследованные фракции агрегатов (2-10 мм) характеризуются максимальной водопрочностью (100 %), тогда как на пашне данный показатель варьирует в пределах 79-98 % и снижается с увеличением размера агрегатов. Показано, что различия обусловлены воздействием агротехнических приёмов, приводящих к разрушению структуры, снижению содержания органического вещества и биологической активности почвы. Полученные результаты подтверждают, что водопрочность агрегатов может служить информативным показателем структурного состояния почвы и её устойчивости к деградационным процессам.*

***Ключевые слова:** водопрочность агрегатов, структура почвы, чернозём выщелоченный, агрономически ценные агрегаты, землепользование*

Структура почвы является одним из ключевых факторов, определяющих её плодородие и устойчивость к внешним воздействиям. Особое значение имеет вибропрочность почвенных агрегатов – их способность сохранять целостность при механических нагрузках, включая обработку почвы и влияние природных факторов. От степени устойчивости агрегатов зависит водопроницаемость, аэрация и противоэрозионная устойчивость почвы. В условиях современного сельского хозяйства изучение структуры почвы и её механической прочности приобретает особую актуальность, поскольку напрямую влияет на эффективность агротехнологий и сохранение плодородия земель. В рамках информационного подхода структура почвы рассматривается не только как морфологическая характеристика, но и как фактор, определяющий энергетическую эффективность функционирования почвенной системы. Следовательно, водопрочность агрегатов может служить индикатором устойчивости почвенных процессов [4, 5].

Целью в данной работе являлась оценка водопрочности агрономически ценных агрегатов чернозема выщелоченного на пашне и целине.

Объектом исследования является чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый агроландшафтов лесостепной зоны, расположенные на пахотных угодьях Тульского НИИСХ Филиала ФИЦ «Немчиновка», который находится в Плавском районе Тульской области вблизи п. Молочные Дворы.

Предварительно были проведены оценочные исследования [2]. Для отбора образцов были выбраны 2 участка в непосредственной близости друг к другу с разным характером использования: пашня и целина – участок с разнотравной растительностью, который не подвергался распашке. Почва на всех участках представлена черноземом выщелоченным среднемощным среднегумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке. Исследование черноземов заметно отличаются в своей агроэкологической оценке в сравнении с серыми лесными почвами [2].

На каждом участке на площадках размером 10х10 м были заложены разрезы и отобраны образцы из верхнего пахотного горизонта на глубину 0-20 и для целины 5-20 см. Отбор образцов почв на этих площадках проводили в июне 2025 года.

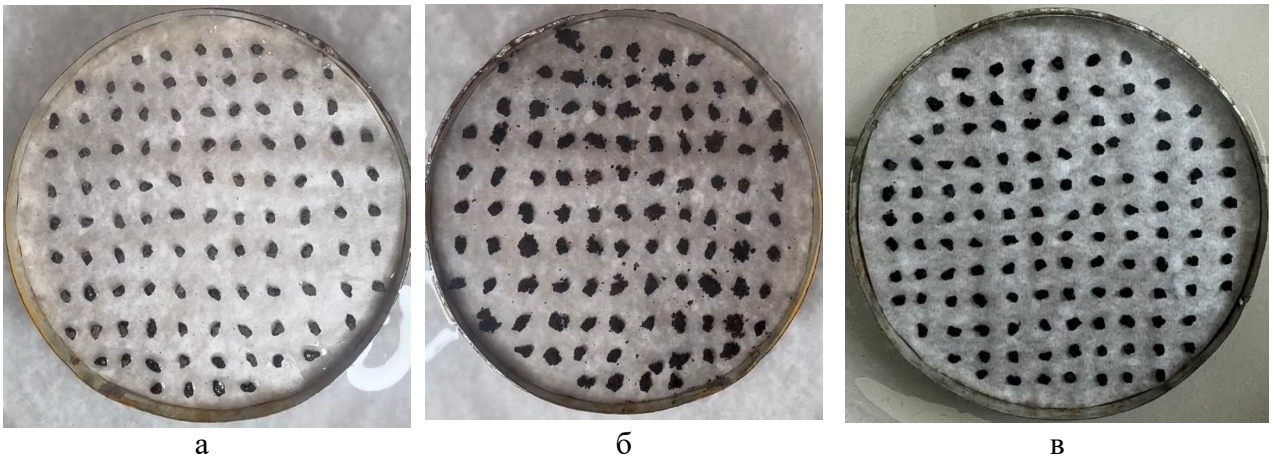
Определение водопрочности почвенных агрегатов проводилось в стоячей воде по методу, предложенному П.И. Андрианов и модифицированном Н.А. Качинский. Метод основан на учёте количества и скорости распада почвенных агрегатов при их выдерживании в воде без механического воздействия, что позволяет оценить устойчивость структуры к увлажнению.

Для анализа используют воздушно-сухую почву, предварительно разделённую на фракции по размеру. Исследованию подвергают агрегаты одного размерного диапазона (в данной работе было выбрано 4 фракции почвенных агрегатов), которые размещают на фильтровальной подложке в ячейках и подвергают постепенному насыщению водой с последующим полным погружением. В ходе опыта фиксируют количество агрегатов, разрушившихся за определённые интервалы времени, обычно с минутной дискретностью в течение заданного периода наблюдений.

Обработка результатов основана на учёте как полностью распавшихся, так и частично разрушенных агрегатов с введением поправочных коэффициентов, отражающих время их распада в течении 10 минут. Агрегаты, сохранившие целостность к концу опыта, принимаются за максимально водопрочные. Итоговая оценка выражается в виде показателя водопрочности структуры, рассчитываемого в процентах.

Данный метод позволяет охарактеризовать не только общее содержание водопрочных агрегатов, но и динамику их разрушения, что делает его информативным при оценке структурного состояния почв и их устойчивости к водному воздействию.

Результаты визуального наблюдения наглядно демонстрируют разницу в водопрочности агрегатов 3-5 мм (рис. 1). На участке пашни видно заметное разрушение агрегатов под действием воды. В то время как на пашне в течении 10 минут все агрегаты остаются в неразрушенном состоянии.



а б в

Рис. 1 Водопрочность агрегатов размером 3-5 мм (а – пашня, начало опыта; б – пашня, через 10 минут; в – целина, через 10 минут)

Проведена оценка водопрочности агрономически ценных агрегатов чернозёма выщелоченного в слое Апах (0-20 см) для пашни и в слое А (5-20 см) для целины в зависимости от варианта землепользования (табл. 1).

Полученные данные свидетельствуют о выраженных различиях в устойчивости почвенной структуры. В условиях пашни водопрочность агрегатов изменяется в зависимости от их размера и составляет 79-98 %: минимальные значения характерны для крупных агрегатов (7-10 мм), тогда как в более мелких фракциях (2-3 мм) показатель достигает максимума. В

почве целины все исследованные фракции демонстрируют 100 %-ную водопрочность, что указывает на высокую стабильность структуры и её устойчивость к водному воздействию.

Таблица 1

Водопрочность агрономически ценных агрегатов ($А_{пах}$ 0-20 см, для целины А5-20 см) чернозема выщелоченного по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2025 г

Вариант	Размер агрегатов, мм			
	7-10	5-7	3-5	3-2
Пашня	79%	84%	95%	98%
Целина	100%	100%	100%	100%

Выявленные различия обусловлены рядом факторов, связанных с характером землепользования. На целинных участках сохраняется естественный баланс органического вещества, высокая биологическая активность и развитая корневая система растений, способствующие формированию прочных агрегатов за счёт гумусовых и биополимерных связей. Кроме того, отсутствие механического воздействия предотвращает разрушение макроагрегатов и поддерживает оптимальное соотношение пор различного размера.

В условиях пашни, напротив, регулярная механическая обработка почвы приводит к деструктурированию агрегатов, особенно крупных, снижению содержания органического вещества и нарушению почвенной биоты. Это отражается в уменьшении водопрочности, прежде всего в фракциях 7-10 мм. Повышенные значения водопрочности в более мелких агрегатах могут быть связаны с их относительной устойчивостью к механическому разрушению и более плотной упаковкой частиц. Можно отметить о чувствительности структуры к изменению баланса органического вещества, в отличии от агрохимических показателей [3].

Аналогичные закономерности отмечены в ряде исследований, посвящённых влиянию агрогенного воздействия на структурное состояние чернозёмов. Так, в работах Н.А. Качинский и последующих исследованиях [6, 7] по агрофизике почв показано, что распашка и интенсивное земледелие приводят к снижению водопрочности агрегатов вследствие уменьшения содержания гумуса и разрушения природных структурных связей, тогда как целинные почвы характеризуются максимальной устойчивостью агрегатного состава.

Таким образом, полученные результаты подтверждают, что сохранение природного состояния почвы или применение щадящих агротехнологий является ключевым условием поддержания высокой водопрочности структуры и, как следствие, её устойчивости к эрозионным процессам.

Библиографический список

1. Бородина, К.С. Предварительная оценка содержания гумуса и структурного состояния почв лесостепной зоны в условиях залежи / К.С. Бородина, Н.В. Минаев // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 342-345.

2. Минаев, Н. В. Агроэкологическая оценка серых лесных почв Владимирского Ополья методами дистанционного зондирования / Н. В. Минаев, Н. Л. Поветкина, Д. В. Мусенова // Плодородие. – 2017. – № 1(94). – С. 48-50

3. Оценка чувствительности агрохимических показателей почв к снижению содержания почвенного органического углерода / А. А. Прохоров, Б. А. Борисов, О. Е. Ефимов, Н. В. Минаев // Агрохимический вестник. – 2024. – № 6. – С. 26-31. – DOI 10.24412/1029-2551-2024-6-005

4. Савич, В. И. Информационно-энергетическая оценка плодородия почв / В. И. Савич, К. С. Бородина, Н. В. Минаев // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 3(57). – DOI 10.51419/202133307

5. Савич, В. И. Информационная оценка взаимосвязей свойств, процессов и режимов почв / В. И. Савич, В. А. Седых, Н. В. Минаев // АгроЭкоИнфо. – 2022. – № 6(54). – DOI 10.51419/202126642.

6. Шеин, Е.В. Реометрический подход в современных исследованиях почвенной структуры // Агрофизика. – 2024. – № 1. – С. 5–18.

7. Rabot, E. Soil structure as an indicator of soil functions: A review / E. Rabot, M. Wiesmeier, S. Schlüter, H. Vogel // Geoderma. – 2018. – Vol. 314. – P. 122-137.

УДК 504.054 : 502.37 : 631.461

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЕННО-ТЕХНОГЕННЫХ ГРУНТОВ НА ОБЪЕКТАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

***Бодякшина Мария Андреевна**, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А, Тимирязева, grpancake@gmail.com*

***Козлов Андрей Владимирович**, д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории эволюционной биогеохимии и геоэкологии ВГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, kozlov.av@geokhi.ru*

***Аннотация:** В статье рассматривается роль микробиологического фактора в формировании экологической устойчивости почвенно-техногенных грунтов на объектах захоронения отходов после их рекультивации. Акцент сделан на значении микробиологической и ферментативной активности почв как ключевых индикаторов их восстановительных процессов и общего экологического состояния. В статье дается обзор на исследования микробиологических процессов, протекающих на восстановленных техногенных почвах на примере рекультивированного карьера на правобережье реки Невы, аллювиальных почв с остаточным содержанием нефтепродуктов, мерзлотных почв нефтебаз, техногрунтов месторождения Кара-Арна в Казахстане и золоотвала в Курской агломерации.*

***Ключевые слова:** биотестирование, экотоксиканты, накопленный экологический вред, рекультивация, экологическая устойчивость, почвенно-техногенные грунты, микробиологическая активность.*

В условиях активной хозяйственной деятельности человека большое количество территорий подвергается антропогенному воздействию, приводящему к нарушению целостности биоэкосистем. Одной из особо важных проблем в России является возникновение техногенных ландшафтов в результате захоронения отходов. К ним относятся полигоны, стихийные свалки, карьеры, нефтебазы, золоотвалы теплоэнергостанций и многие другие объекты. В процессе жизненного цикла теногенных грунтов в почву проникают экотоксиканты – тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть, никель), нефтепродукты, углеводороды, фенолы, пестициды, диоксины, соли, различные щелочи и кислоты. Данные загрязнители подавляют жизнедеятельность почвенной микрофлоры, нарушают естественную структуру почвы и снижают содержание гумуса [1, 3].

Актуальность темы обусловлена необходимостью разработки эффективных методов оценки и восстановления нарушенных территорий с учетом микробиологических процессов, протекающих в толще почвенных и иных масс у данных объектов. Понимание механизмов

взаимодействия микроорганизмов с загрязнителями позволяет оптимизировать стратегии рекультивации и минимизировать экологические риски. Одним из ключевых показателей устойчивости экосистемы является микробиологический фактор, определяющий биохимическую активность почв и их способность к самовосстановлению [2].

Ферментативная активность почвы представляет собой комплексный интегральный показатель, отражающим направленность протекающих в ней биохимических процессов. Ферментативная активность почвы позволяет оценить общее функциональное состояние почвы [5]. Прежде всего, ферменты поступают в почву благодаря жизнедеятельности разнообразных организмов – бактерий, грибов, актиномицетов, растений и представителей почвенной фауны. Далее выделенные вещества закрепляются на поверхности почвенных частиц, в том числе на глинистых минералах и гумусовых соединениях. Такое закрепление способно продлевать ферментативную активность даже после гибели клеток, которые изначально продуцировали эти ферменты. Кроме того, на работу ферментов существенно влияют физико-химические условия среды: влажность, температура, кислотность, а также присутствие токсичных веществ, способных как активировать, так и подавлять биохимические реакции [5].

Для комплексной оценки экологических рисков загрязненного почвенного покрова используют химические анализы и экотоксикологические исследования, включая биотестирование. Биотестирование представляет собой интегральный метод оценки качества среды с использованием тест-организмов. Этот подход особенно актуален для почв со сложным составом токсикантов, где химические методы не позволяют достоверно прогнозировать экологическое состояние из-за кумулятивного токсического эффекта [8]. К преимуществам биотестирования относятся оценка суммарной токсичности среды, высокая чувствительность к различным экотоксикантам, оперативность и экономичность, а также возможность применения в экологическом мониторинге природных и техногенных сред [11]. Многие исследователи выступают за включение биотестирования наряду с химическими методами в систему природоохранной стратегии [6].

Рассмотрим несколько примеров использования микробиологических методов для определения устойчивости экосистем нарушенных территорий после проведения рекультивационных мероприятий. Так, исследования почвогрунтов карьера, образованного при добыче кирпичных глин на правобережье реки Невы, продемонстрировали расхождение результатов, полученных разными методами [1]. Так, данные химических и физико-химических анализов, включавших оценку реакции среды, засоления, концентрации тяжелых металлов и органических поллютантов, показали допустимый уровень загрязнения (малую токсичность) почвогрунтов карьера. Однако применение методов биотестирования, в том числе фитотестирования, выявило острую токсичность почвогрунтов во всех образцах. Несовпадение результатов объясняется разной чувствительностью тест-культур к токсикантам [1].

Микробиологические исследования, проведенные в Республике Татарстан, Чувашской Республике и Московской области на аллювиальных болотных иловато-глеевых, дерновых и луговых почвах, показали взаимосвязь восстановления экосистем от типа почвы и уровня загрязнения. Почва территорий сохраняла токсичность после проведения рекультивационных мероприятий из-за остаточных нефтепродуктов и вторичных метаболитов, образующихся при трансформации углеводородов. Скорость восстановления свойств почвы определялась активностью микробного пула. Для оценки в работе был применен анализ качественного и

количественного состава микрофлоры, определение ферментативной активности, измерение интенсивности почвенного дыхания [9]. Длительное воздействие нефтепродуктов на мерзлотные почвы нефтебаз привело к снижению общей численности и разнообразия микроорганизмов, нарушению процессов нитрификации (уже при 0,5 % нефтяного загрязнения) и редукции численности и разнообразия микроскопических грибов [2].

Микробиологический фактор являлся ключевым при исследовании почв и грунтов территории амбаров нефтяного месторождения Кара-Арна, расположенного в южной части Эмбинского нефтеносного района, в 150 км к юго-востоку от областного центра – г. Атырау. Указанные территории загрязнены нефтяными эмульсиями и нефтяными шламами от предприятия АО «Матен Петролеум». По результатам исследований почвы, загрязненные нефтяными эмульсиями и шламами, характеризуются угнетением роста растений как основной питательной базы микроорганизмов, а также снижением интенсивности микробиологических процессов (бактерии, актиномицеты, грибы) с течением времени рекультивации (2011 < 2012 < 2013 < 2014). Наибольшая активность микрофлоры наблюдается в ранние годы восстановительных мероприятий [10]. По результатам исследований были сделаны выводы о том, что окислительно-восстановительные ферментативные процессы в почве подвергаются значительным изменениям при попадании нефти. Участие уреазы, дегидрогеназы и каталазы в окислении углеводородов позволяет рассматривать активность этих ферментов в качестве диагностического теста для определения степени экологического нарушения нефтезагрязненных почвенных экосистем [12, 13].

Микробиологические методы также применялись для оценки проведения восстановления территории золоотвала теплоэлектростанции в Курской области. Данная агломерация отличается покрытием естественного почвенного покрова золой на глубину 5-15 м, неоднородным рельефом (насыпи, овраги, ямы) и растительностью с высокой биомассой, но, при этом, бедным видовым составом произрастающей флоры. Исследования показали зависимость ферментативной активности (пероксидаза, каталаза) от степени техногенной нагрузки. Наибольшую пероксидазную активность продемонстрировали аллювиально-пойменные глееватые почвы (203,2 мг 1,4-бензохинона/30 мин.), наименьшую – урбаноземы и техноземы (32,9-33,4 мг 1,4-бензохинона/30 мин.) [4].

Исследования показали, что для оценки степени техногенной нагрузки необходимо производить мониторинг состояния почвенного покрова и изучать наиболее динамичные и информативные показатели физико-химического состояния почв. Также важным фактором для оценки устойчивости систем является изучение показателей ферментативной активности, степень которой напрямую зависит от степени антропогенной преобразованности территории. Таким образом, микробиологический фактор выступает ключевым элементом формирования экологической устойчивости почвенно-техногенных грунтов не только для выбора метода рекультивации, а также для последующей оценки почв и почвогрунтов после биоремедиации. Ферментативная активность и состав микробного сообщества служат надежными индикаторами состояния почвы и эффективности восстановительных мероприятий. Комплексное применение химических анализов и биотестирования позволяет высокоточно оценить токсичность и биологическую активность грунтов, выявить скрытые эффекты загрязнения, а также разработать стратегии долгосрочной рекультивации и экологического мониторинга [7].

Дальнейшее изучение микробиологических процессов в техногенных почвах необходимо для совершенствования методов экологической реабилитации нарушенных

территорий. В частности, перспективным направлением является исследование состояния микробиоценозов почв и почвогрунтов после проведения биоремедиации [3].

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Библиографический список

1. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Капелькина Л.П., Бардина В.И. Биологическая оценка токсичности городских почв в почвенно-экологическом мониторинге // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – № 2. – С. 87-91.
2. Гузев В.С., Левин С.В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной биологии. – М.: Изд-во МАКС Пресс, 2001. – С. 178-219.
3. Далбаева Е.А., Ерофеевская Л.А., Салтыкова А.Л., Вит А.А. Оценка состояния микробоценоза нефтезагрязненных почв после биоремедиации // Целостность и ресурс в экстремальных условиях. – 2022. – С. 272-274.
4. Долгополова Н.В., Новоселова А.В., Вишневецкий Д.Е., Галкин А.И. Влияние активности ферментов почвенных грунтов антропогенного преобразования в курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 45-52.
5. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
6. Григорьев Ю.С. Новые методы биологического контроля загрязнения окружающей среды // Экопрогресс. – 2014. – Т. 19. – № 2. – С. 28-29.
7. Маслов М.Н., Маслова О.А., Ежелев З.С. Микробиологическая трансформация органического вещества в нефтезагрязненных тундровых почвах после рекультивации // Почвоведение. – 2019. – № 1. – С. 70-78.
8. Олькова А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России // Успехи современной биологии. – 2014. – Т. 134. – № 6. – С. 614-622.
9. Петров А.М., Вершинин А.А., Каримуллин Л.К., Акайкин Д.В., Тарасов О.Ю. Динамика эколого-биологических характеристик дерново-подзолистых почв в условиях длительного нефтяного загрязнения // Почвоведение. – 2016. – № 7. – С. 848-856.
10. Сейтменбетова А.Т., Досбергенов С.Н. Состояние микробиоты рекультивированных техногрунтов территории амбаров нефтяного месторождения Кара-Арна // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 72-81.
11. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 190-198.
12. Усачева Ю.Н. Функциональная активность и численность микроорганизмов в условиях нефтяного загрязнения // Вестник Нижневартовского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 56-59.
13. Усманов И.Ю., Юмагулова Э.Р., Иванов В.Б., Коркина Е.А., Щербаков А.В., Иванов Н.А., Рябуха А.В. Адаптация экосистем Среднего Приобья в зоне нефтедобычи: иерархия и длительность процессов // Вестник НВГУ. – 2016. – № 2. – С. 87-94.

УДК 631.4

ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ООПТ «КАЛУЖСКИЙ БОР»

***Дятлов Илья Сергеевич**, аспирант кафедры Микробиологии и Иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ylia-d@yandex.ru*

Ефимова Софья Андреевна, *бакалавр кафедры Агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, sofya.yefimova.2003@bk.ru*

Кавкаева Алина*, бакалавр кафедры Ландшафтной архитектуры РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alinakavkaeva90@gmail.com*

Аннотация: *в работе приведено описание и систематизация существующей литературы по морфологии, химии и микробиологии почв Калужского бора. Лесной массив является ценным для исследования, поскольку лесной массив в существующих границах существует уже с 16 века, кроме того, территория Калужского бора имеет сложный и разнообразный рельеф и высокое разнообразие растительности.*

Ключевые слова: Калужский бор, ЭПП, почвообразование, почвенный профиль, микроорганизмы

Введение. Калужский бор является особо охраняемым объектом федерального значения в черте города Калуга, что делает его охрану и оценку более сложным и значимым для науки. Почвы Калужского бора можно отнести к так называемым городским почвам [7]. Морфология, химия, микробиология почв изучалась в разной степени в последние несколько лет [1-5], но структурированной и полной информации о почвенном покрове Калужского бора до сих пор нет. Продолжение разносторонних исследований калужского бора может дать большой потенциал к пониманию процессов в почвах, находящихся в рамках ООПТ, находящихся в черте города [6].

Основная часть. Морфология. Описанные в научной литературе почвы [1-5] располагаются на высотах 159-200 м над уровнем моря. В почвообразующих породах преобладают двучленные отложения и моренные суглинки от лёгких до тяжёлых, иногда карбонатные [1-3]. К морфологически описанным в научной литературе типам почв Калужского бора относятся болотно-подзолистые, дерново-подзолистые и дерново-глеевые. Их морфологию разберём ниже.

Болотно-подзолистые дерново-подзолистые формируются на пониженных элементах рельефа под смешанной растительностью с преобладающей лиственной растительностью. Оглеение в профиле начинается с гумусового горизонта A_1 или переходного A_2B и сохраняется до материнской породы. Особенностью данных почв является достаточно мощный горизонт A_o характеризующийся как перегнивший.

Дерново-подзолистые в Калужском бору являются одними из ключевых и распространённых почв. Формируются на высотах 162-200 м. В нижних горизонтах почти всех почв в независимости от расположения в рельефе проявляется глеевые процессы. Формируются под смешанными, лиственными и хвойными лесами, а также под луговой травянистой растительностью. По мощность гумусового горизонта средне и глубоко дерновые. Взаимосвязь между растительностью и мощностью гумусового горизонта не прослеживается.

Кроме дерново-подзолистых и болотно-подзолистых в Калужском бору встречаются дерново-глеевые почвы. Данные почвы встречаются реже чем дерново-подзолистые. Встречаются на склонах и в понижениях на высотах 160-185 м под мелколиственными, смешанными лесами, а также травянистыми сообществами сныти. Оглеение встречается с горизонтов A_2B и B.

Химия. Горизонт **A_o.** В болотно-подзолистых почв характеризуется как перегнойный с очень кислой средой по pH_{H2O} (pH – 5,0…5,5) и очень сильно кислой средой по pH_{KCl} (<4). [4] Кислотность лесной подстилки у дерново-подзолистых почв варьирует от сильно кислой до среднекислой в зависимости от растительного покрова.

Гумусовый горизонт **A_1** для болотно-подзолистых почв характеризуется как очень сильно кислый с pH_{H2O} <5 и pH_{KCl} <4 [4] при среднем содержании гумуса на уровне ~3,5% [4]. В то время как у дерново-подзолистых почв кислотность гумусового горизонта находится на

уровне очень кислой и pH_{KCl} – 4…5 pH_{H2O} – 5,0…5,5 [4], а по содержанию гумуса относятся к средне гумусовым (содержание гумуса в диапазон 3-5%) [4], что связано с различным водным режимом и растительностью.

Элювиально-гумусовые горизонты **A_1A_2** у болотно-подзолистых почв не выделяется. С другой стороны, у дерново-подзолистых почв в горизонтах A_1A_2 определяются как сильнокислые по pH_{KCl} и среднекислые по pH_{H2O}. При этом уровень содержания гумуса в горизонте снижается до 1-2% [4] (слабо гумусный горизонт).

Элювиальный горизонт **A_2**. В болотно-подзолистых почвах характеризуется как очень сильно кислый, значимых отличий от по значениям от гумусового горизонта и перегнойной подстилки не имеет. Содержание гумуса крайне мало (менее 1%) [4] – перенесено путём вымывания из вышележащих горизонтом. С другой стороны, в дерново-подзолистых почвах кислотности иллювиального горизонта A_2 чуть выше, чем у элювиально-гумусовых горизонтов A_1A_2 и классифицируется как средне и сильнокислые, но содержание гумуса находится на очень низком уровне 0,2-0,83% [4].

Элювиально-Иллювиальные горизонты **A_2B**. Горизонт в болотно-подзолистой характеризуется как очень сильно кислый, значимых отличий от по значениям от подзолистого горизонта при очень низком содержании гумуса (менее 0,5%) [4]. В дерново-подзолистых почвах переходные к иллювиальному горизонты характеризуется как средне и сильнокислые, при содержании гумуса 0,1-0,16 % [4].

Иллювиальные горизонты **B**. У дерново-подзолистых почв на карбонатных почвообразующих породах кислотность характеризуется как среднекислая и сильнокислая при очень низком содержании гумуса (менее 0,1%) [4]. В дерново-подзолистых почвах на некарбонатных почвообразующих породах горизонт В характеризуется как средне и сильно кислые при очень низком содержании гумуса (~0,1%) [4]. Для иллювиальных горизонтов в болотно-подзолистых почвах характерна очень сильно кислая реакция среды для водной и солевой вытяжки. Содержание гумуса – 0,21% [4]., что является очень низким содержанием.

Переходные к породе горизонты **BC**. У Болотно-подзолистых почв горизонт характеризуется как сильнокислый по водной и солевой вытяжке с очень низким содержанием гумуса. В дерново-подзолистых почвах кислотность переходного горизонта ВС по водной вытяжке характеризуется как слабощелочная, а по солевой как нейтральная. Содержание гумуса в горизонте крайне низкое ~0,1%.

Выводы. Почвы исследуемого лесного массива являются различными дерново-подзолистыми, болотно-подзолистыми и дерново-глеевыми почвами. Дерново-глеевые и болотно-подзолистые почвы встречающимися в замкнутых или слабодренированных понижениях (Болотно-подзолистые и дерново-глеевые) и на склонах (дерново-глеевые). В профиле почв на склонах и в понижениях оглеение встречается зачастую с горизонта В, а в некоторых случаях и с вышележащих начиная с лесной подстилки (A_o). Авторы это связывают с близко лежащими грунтовыми водами и периодически избыточным поверхностным увлажнением [1-3].

Кислотность в горизонтах почвенных профилей варьирует, что связано с различными характеристиками почвообразующих пород почв (карбонатная и не карбонатная морена, опесчаненность, растительность, условия увлажнения) [1-3], что в свою очередь влияет на микробиологические показатели почв [4-7], что в свою очередь обуславливает комплексную взаимосвязь ЭПП, протекающих в почвах.

Тем самым почвы Калужского бора соответствуют почвам подзоны южной тайги России, что делает его типичным для данной подзоны.

В имеющейся литературе нет описания аллювиальных почв описываемой территории, хотя на территории Калужского бора присутствуют реки, ручьи и крупные овражно-балочные комплексы.

Библиографический список

1. Апальков, В. А. Морфогенетическая оценка почв катены Калужского бора / В. А. Апальков, С. А. Ефимова, Н. Л. Каменных // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева : Сборник трудов, Москва, 27–29 ноября 2025 года. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 185-188. – EDN AOJXNX.

2. Жукова, Е. М. Морфогенетическая характеристика почв Калужского бора / Е. М. Жукова, А. М. Селянина // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием IX Вильямсовские чтения, Москва, 27–28 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 246-251. – EDN AJMRCC.

3. Еремина, У. В. Морфогенетическая оценка почв катены Калужского филиала РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева / У. В. Еремина // СБОРНИК ТРУДОВ Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием VIII Вильямсовские чтения, посвященной 160-летию выдающегося ученого, одного из основоположников агрономического почвоведения В.Р. Вильямса (1863-1939), Москва, 30 ноября – 02 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 20-22. – EDN DMGVGD.

4. Ефимова, С. А. Влияние характера растительности на содержание гумуса и кислотность почв Калужского бора / С. А. Ефимова, Н. Л. Каменных // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева : Сборник трудов, Москва, 27–29 ноября 2025 года. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 393-398. – EDN SQKTXB.

5. Козлов А.В., Ефимова С.А., Брохова К.А., Дятлов И.С., Каменных Н.Л. Особенности изменения численности сапротрофных микроорганизмов в органогенных горизонтах подзолистой остаточно карбонатной грунтово-глееватой почвы Калужского бора // Материалы Международной научно-практической конференции «Устойчивое управление почвенными ресурсами в условиях изменения климата», посвященной 80-летию Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова. – Алматы: – 2025. – С. 213-218.

6. Козлов А.В., Брохова К.А., Ефимова С.А., Дятлов И.С., Каменных Н.Л. Динамика численности сапротрофных микроорганизмов в органогенных горизонтах дерново-подзолистой почвы под хвойной растительностью лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Материалы Международной научно-практической конференции «Устойчивое управление почвенными ресурсами в условиях изменения климата», посвященной 80-летию Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова. – Алматы: – 2025. – С. 202-206.

7. Кавкаева, А. Городские почвы: специфика формирования, свойства и экологические функции / А. Кавкаева, К. И. Киреев, И. С. Дятлов // Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева : Сборник трудов, Москва, 27–29 ноября 2025 года. – Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 220-225. – EDN OAGMFM.

УДК 633.358:631.811

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ КРЕМНИЯ, ТРАНС-ЗЕАТИНА И СУЛЬФАТА КОБАЛЬТА В ПОСЕВАХ ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Некрасов Андрей Романович *– аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nekrasov2001andrey@gmail.com*

Серегина Инга Ивановна*, доктор биологических наук, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; iseregina@rgau-msha.ru*

Аннотация. В настоящей статье рассматривается эффективность совместного применения кремния, транс-зеатина и сульфата кобальта и их влияние на урожайность гороха посевного сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100 в условиях Центральной Нечерноземной Зоны. При совместном применении SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$ прибавка урожая у сорта Немчиновский 50 составила 5,8-8,9%, у сорта Немчиновский 100 прибавка составила 6,1-9,1%.

Ключевые слова: горох посевной, кремний, транс-зеатин, сульфат кобальта, урожайность.

Введение. Горох посевной – важнейшая продовольственная культура для агропромышленного комплекса Российской Федерации. На современном этапе развития сельского хозяйства первостепенной задачей становится экономически и экологически оправданное увеличение урожайности гороха. [1] Повышения урожайности и качества продукции можно достичь при оптимизации систем питания культур и рациональном применении удобрений. И в данном случае речь идет не только о макроэлементах, но также о мезо- и микроэлементах, регуляторах роста и адаптогенах. В условиях климатической дестабилизации именно грамотное применение микроудобрений, фитогормонов, стимуляторов способствует нормальной жизнедеятельности растений и раскрытию их генетического потенциала. Незаменим в данном случае кремний, который способствует укреплению клеточных мембран и клеточных стенок, увеличивает водный потенциал, скорость фотосинтеза и улучшает осмотическую адаптацию. [2]

Транс-зеатин, входящий в группу цитокининов, способствует активному делению клеток и стимуляции иммунной системы, что необходимо в условиях биотического и абиотического стресса растений. Кобальт в свою очередь, в посевах бобовых культур, способствует мобилизации почвенной биоты и как следствие, усилению азотфиксирующей способности культур. В результате увеличивается как количество клубеньковых бактерий, так и удельная азотфиксирующая способность. [3]

Подводя итог вышесказанному, группа авторов пришла к выводу, что оценка эффективности совместного применение SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$ в посевах гороха посевного в условиях ЦНЧЗ является актуальной темой для изучения.

Цель работы - выявить эффективность совместного применения кремния, транс-зеатина и сульфата кобальта, а также сроки и способы внесения агрохимикатов и оценить влияние на урожайные показатели гороха посевного. В соответствии с целью работы были решены следующие задачи:

- Проанализировать метеорологические условия за вегетационный период гороха посевного;
- Оценить урожайность гороха посевного методом прямого учета;

- Выявить основные структурные элементы урожая, повлиявшие на урожайность гороха посевного
- Определить частные индексы по структурным элементам урожая и вывести комплексные индексы.
- Провести сравнительный анализ вариантов опыта
-

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был заложен полевой опыт на опытном участке в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

В качестве фонового удобрения использовалась аммиачная селитра в дозе 90 кг/га и сульфат калия в дозе 60 кг/га в действующем веществе. Повторность опыта – четырехкратная. Агротехника общепринятая для ЦНЧЗ. В опыте высевались сорта гороха посевного – Немчиновский 50 и Немчиновский 100. Сев – середина второй декада мая, уборка – начало второй декады августа.

Результаты и их обсуждение. Метеорологическая характеристика за вегетационный период гороха посевного в 2025 году не являлась привычной для региона возделывания. САТ за период с 1 мая по 31 августа составила 2140,4 С˚ что является оптимальным для гороха посевного, но сумма осадков за аналогичный период превысила среднемноголетние данные в 1,5 раза и составила 434,2 мм.

Наибольшее количество осадков пришлось на период со 2 декады июля по 1 декаду августа включительно, что в свою очередь поспособствовало активному развитию микозов. Также, стоит отметить, что в этом периоде горох обоих сортов уже находился в фазе молочно-восковой спелости и из-за продолжительных дождей был затянут процесс уборки урожая.

Таблица 1

Среднедекадные показатели температуры воздуха и количества осадков в 2025 году за период с 1 мая по 31 августа (по данным обсерватории В. А. Михельсона)

Месяц (декада)	Сумма среднесуточной температуры воздуха, C^0	Средняя многолетняя среднесуточная температура, C^0	Сумма осадков, мм	Средняя многолетняя сумма осадков, мм
1 декада мая	7,9	11,9	51,6	15,0
2 декада мая	11,2	13,1	19,1	18,0
3 декада мая	20,6	14,3	1,3	20,0
1 декада июня	19,7	15,9	19,7	26,0
2 декада июня	16,3	16,5	49,2	29,0
3 декада июня	15,3	17,8	20,6	22,0
1 декада июля	20,7	18,0	13,7	35,0
2 декада июля	22,9	18,6	103,2	30,0
3 декада июля	21,9	18,3	66,9	26,0
1 декада августа	19,5	18,3	56,5	26,0
2 декада августа	17,2	16,6	20,7	23,0

3 декада августа	16,7	15,3	11,7	29,0
Сумма за период	2140,4	-	434,2	299,0

Несмотря на негативное влияние погодных условий, в рамках исследования урожайность изучаемых сортов не снизилась в сравнении со стандартными значениями. Для сорта Немчиновский 50 – 21 ц/га, для сорта Немчиновский 100 – 23 ц/га. Как уже было сказано ранее, оценка урожайности проводилась методом прямого учета всей площади делянки с дальнейшим взвешиванием.

Урожайность фонового варианта составила 210,7 г/м^2, что в пересчете на гектар составляет 21,07 ц/га. Наибольшая урожайность была отмечена в вариантах с совместным применением кремния, транс-зеатина и сульфата кобальта, что статистически достоверно подтверждается на 5-% уровне значимости. $НСР_{05}$ – 5,3. На графике можно увидеть, что прибавка урожая в сравнении с фоновым вариантом составила от 5,8% у 8 варианта, до 8,9% у 9 варианта.

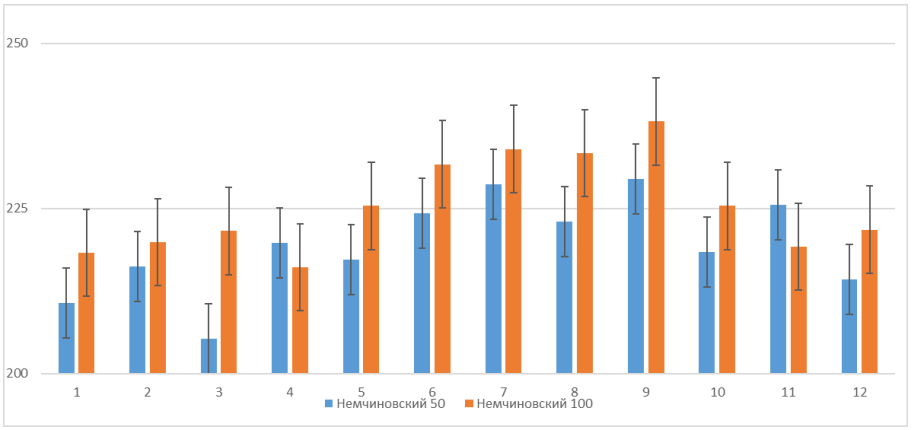


Рис. 1. Урожайность гороха сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100, г/м^2

Урожайность фонового варианта у сорта Немчиновский 100 составила 218,3 г/м^2. Наибольшая урожайность была также отмечена в вариантах с совместным применением SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$, что статистически достоверно подтверждается на 5-% уровне значимости. $НСР_{05}$ – 6,6. На графике можно увидеть, что прибавка урожая в сравнении с фоновым вариантом составила от 6,1% у 6 варианта, до 9,1% у 9 варианта.

В результате исследований также была проведена оценка показателей структуры урожая гороха посевного сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100. В дальнейшем результаты были подвергнуты не только дисперсионному анализу, но также и оценены методом частных и комплексных индексов. Суть данного метода заключается в присвоении частного индекса каждому значению и выводится путем отношения частного показателя к среднему значению по показателю. Комплексные индексы, в свою очередь, выводятся путем перемножения частных индексов по каждому варианту. В результате оценки отмечено, что наибольшие индексы получили варианты с совместным применением SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$.

Таблица 2

Оценка показателей структуры урожая гороха сортов Немчиновский 50 и Немчиновский 100 методом частных и комплексных индексов

Вариант опыта	Комплексный индекс Немчиновский 50	Комплексный индекс Немчиновский 100
$N_{90}K_{60}$	0,54	0,74

$N_{90}K_{60}+SiO_2$	0,62	0,62
$N_{90}K_{60}+SiO_2+ C_{10}H_{13}N_5O$ (0,001 мг/л)	0,56	0,70
$N_{90}K_{60}+ C_{10}H_{13}N_5O$ (0,001 мг/л)	0,84	1,02
$N_{90}K_{60}+ CoSO_4$ (0,05 г/м^2)	1,09	0,94
$N_{90}K_{60}+SiO_2+ CoSO_4$ (0,05 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,001 мг/л) – предпосевное внесение	1,42	1,41
$N_{90}K_{60}+SiO_2+ CoSO_4$ (0,1 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,0015 мг/л) – предпосевное внесение	1,46	1,51
$N_{90}K_{60}+SiO_2+ CoSO_4$ (0,05 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,001 мг/л) – подкормка	1,13	1,40
$N_{90}K_{60}+SiO_2+ CoSO_4$ (0,01 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,0015 мг/л) - подкормка	1,36	1,42
$N_{90}K_{60}$+ApaSil	1,03	1,36
$N_{90}K_{60}$+ApaSil+ $CoSO_4$ (0,05 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,001 мг/л)	1,27	0,78
$N_{90}K_{60}$+ApaSil+ $CoSO_4$ (0,01 г/м^2) + $C_{10}H_{13}N_5O$ (0,0015 мг/л)	0,84	0,62

Заключение. В результате проведенных исследований, группа авторов пришла к выводу, что совместное применение SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$ положительно влияет на урожайность гороха посевного. В ходе анализа отмечены статистически достоверные различия между фоновым вариантом и вариантами с совместным применением различных форм кремния, транс-зеатина и сульфата кобальта. Прибавка урожая составила от 5,8% до 8,9% у сорта Немчиновский 50 и от 6,1% до 9,1% у сорта Немчиновский 100 соответственно. Также, в рамках исследований, было подтверждено положительное влияние совместного применения SiO_2, $CuSO_4$ и $C_{10}H_{13}N_5O$ на элементы структуры урожая и доказано методом частных и комплексных индексов.

Библиографический список

1. Голопятов М. Т. Влияние биологически активных веществ и микроудобрений на продуктивность и качество зерна сортов гороха с разной архитектоникой листового аппарата. // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». - №3(27). – 2018. - С. 32-38.
2. Некрасов А. Р., Серегина И. И. Влияние биопрепаратов при выращивании гороха посевного. // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летнему юбилею основоположника агрохимической науки академика Д. Н. Прянишникова. М.: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2025. - С. 631-635
3. Некрасов А. Р., Серегина И. И. Применение биопрепаратов в посевах гороха посевного в условиях ЦНЧЗ. // Константиновские чтения : сборник научных трудов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2026.

УДК 631.363

ЧИСТЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ GMP КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ РЕЗЕРВУАР СТРЕСС-УСТОЙЧИВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Ткаченко Николай Андреевич, *аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ntkachenko037@gmail.com*

Селицкая Ольга Валентиновна, *доцент кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, oselitskaya@rgau-msha.ru*

Аннотация: Исследован культивируемый микробиом чистых помещений классов A–D GMP-производств (2023–2025). Во всех классах преобладают грамположительные кокки, среди культивируемых в данных условиях мезофильных аэробов; в классе A при минимальной обсеменённости повышена доля спорообразующих палочек и грибов. Среди идентифицированных изолятов доминируют *Micrococcus luteus, Staphylococcus hominis* и *Bacillus cereus*. Таксономический состав сообщества и описанные в литературе свойства доминирующих групп позволяют рассматривать микробиом чистых помещений GMP как резервуар микроорганизмов, преддаптированных к множественным стрессам. Это делает их перспективными кандидатами для скрининга продуцентов гидролитических ферментов и агентов биоконтроля.

Ключевые слова: микробиом чистых помещений, GMP, грамположительные кокки, спорообразующие бактерии, покоящиеся формы, агробиотехнологический потенциал, стресс-устойчивость.

Введение. Современное сельское хозяйство всё острее нуждается в микробных препаратах, способных функционировать в лимитирующих условиях: при низкой влажности, высоких температурах, в присутствии остаточных пестицидов и на фоне дефицита питательных веществ. Источником таких микроорганизмов могут служить не только природные экстремальные экосистемы, но и техногенные среды, где хроническое действие стрессоров формирует сообщества с конститутивно повышенной устойчивостью. Одним из наиболее жёстких техногенных местообитаний являются чистые помещения фармацевтических производств, функционирующие в соответствии с правилами надлежащей производственной практики (GMP). Постоянное применение дезинфектантов (спирты, четвертичные аммониевые соединения, пероксид водорода, УФ-облучение), строгий контроль влажности и температуры, а также крайне низкое содержание доступного органического субстрата создают комплекс лимитирующих факторов, сопоставимый с таковым в аридных и техногенно нарушенных почвах [1]. Выживать и персистировать в таких условиях способны лишь специализированные, часто полирезистентные бактерии и грибы, обладающие механизмами защиты от окислительного стресса, высушивания и действия биоцидов.

Традиционно микробиологический мониторинг чистых помещений нацелен исключительно на выявление потенциально опасных контаминантов (стафилококки, бациллы, грамотрицательные бактерии) для обеспечения стерильности продукции [2]. Однако тот же мониторинг фактически производит непреднамеренный отбор наиболее устойчивых к многократным обработкам клеток и покоящихся форм, концентрация которых нарастает с повышением класса чистоты. Такой «встроенный» селективный режим даёт уникальную возможность охарактеризовать микробное сообщество, уже прошедшее через множественные стрессовые фильтры, и выявить в его составе таксоны, перспективные для агробиотехнологии. Штаммы, выделенные из чистых помещений, могут сочетать устойчивость к обезвоживанию и окислительному стрессу со способностью к продукции гидролитических ферментов, и антимикробных метаболитов, что делает их кандидатами в компоненты микробных

консорциумов для переработки растительных отходов, биоконтроля и повышения засухоустойчивости культур.

Цель настоящего исследования — на основе трёхлетнего (2023–2025) анализа культивируемого микробиома чистых помещений классов A–D действующих GMP-производств выявить доминирующие группы микроорганизмов и, опираясь на их таксономическое положение и литературные данные о свойствах близкородственных штаммов, выделить наиболее перспективные таксоны-кандидаты для последующего целенаправленного агробиотехнологического скрининга.

Материалы и методы. Пробы (смывы, аспирация воздуха, седиментация) отбирали в течение 2023–2025 гг. на GMP-производствах в зонах классов A–D согласно стандартной методике. Всего получено 8854 положительных пробы из 327 291, суммарно давших 73 002 КОЕ.

Культивирование проводили на трипказо-соевом агаре с нейтрализатором дезинфектантов при 28°C (3 сут) и затем при 32°C (2 сут). КОЕ подсчитывали, для всех изолятов выполняли окраску по Граму, каталазный и оксидазный тесты. Видовую идентификацию грамположительных кокков и спорообразующих палочек выполняли на анализаторе VITEK 2 Compact (bioMérieux) с картами GP и BCL; грамотрицательные палочки идентифицировали картами GN. Плесневые грибы учитывали только по морфотипам.

Статистическая обработка заключалась в расчёте абсолютных сумм КОЕ и долей типов микроорганизмов по классам чистоты; для идентифицированных изолятов определяли частоту встречаемости.

Результаты. Общая структура микробиома по классам чистоты. За три года суммарное число КОЕ составило: класс D — 56 789, C — 15 277, B — 912, A — 24 (табл. 1). Во всех классах преобладали грамположительные кокки, однако их доля снижалась с 98,7% в D и 83,8% в C до 78,7% в B и 50,0% в A. Напротив, доля спорообразующих палочек последовательно возрастала от 0,86% (D) до 20,8% (A), что указывает на селективное преимущество спор в условиях интенсивной дезинфекции. Плесневые грибы, оставаясь минорными в B–D (≤1,4%), в классе A достигали 29,2% (7 колоний из 24). Грамотрицательные палочки в классе A не обнаружены.

Наиболее часто идентифицируемые виды. Методом биохимического профилирования (VITEK 2 Compact) было идентифицировано 39 изолятов — следует подчеркнуть, что эта выборка охватывает лишь незначительную часть общей популяции (менее 0,05% от суммарного числа КОЕ), и потому данные о частотах видов не могут быть напрямую перенесены на весь микробиом. Они отражают спектр микроорганизмов, отобранных для углублённого анализа, и должны рассматриваться как предварительная характеристика микробиома.

Таблица 3

Абсолютное количество и доля основных типов микроорганизмов в различных классах чистоты

Класс чистоты	Σ CFU	Грам+ кокки, CFU (%)	Грам- палочки, CFU (%)	Споровые палочки, CFU (%)	Грибы, CFU (%)
A	24	12 (50.0%)	0 (0.0%)	5 (20.8%)	7 (29.2%)
B	912	718 (78.7%)	148 (16.2%)	33 (3.6%)	13 (1.4%)
C	15 277	12 804 (83.8%)	2 113 (13.8%)	291 (1.9%)	69 (0.5%)
D	56 789	56 039 (98.7%)	193 (0.34%)	487 (0.86%)	70 (0.12%)

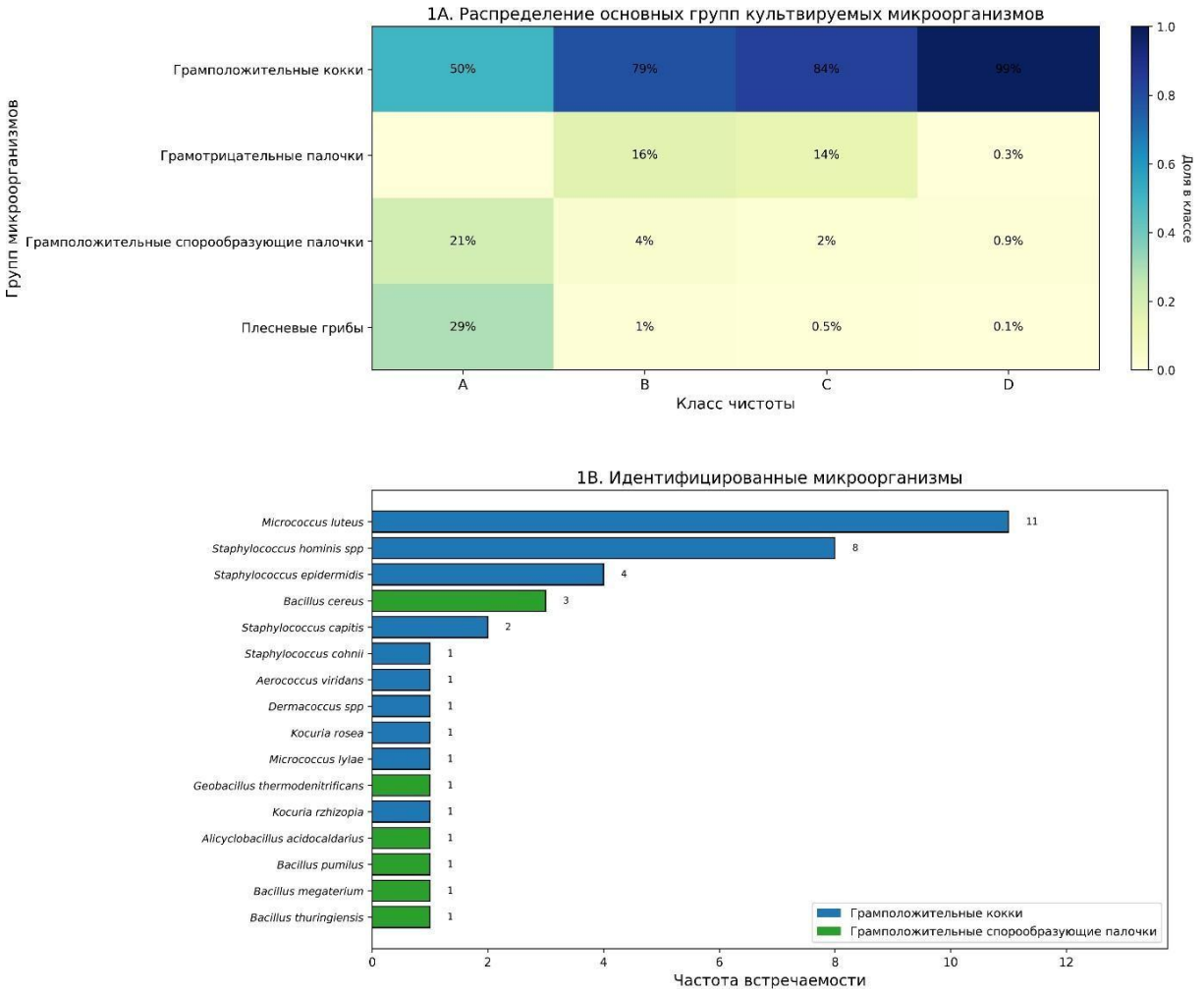


Рис. 6 Структура микробиома чистых помещений

Среди 39 идентифицированных изолятов доминировали *Micrococcus luteus* (11; 28,2%), *Staphylococcus hominis* (8; 20,5%), *S. epidermidis* (4; 10,3%) и *Bacillus cereus* (3; 7,7%). Остальные 13 таксонов, включая *S. capitis*, *Kocuria* spp., *Aerococcus viridans*, *B. pumilus*, *B. megaterium* и *B. thuringiensis*, выделены однократно (таблица 2).

Все идентифицированные бактерии относились к двум морфофизиологическим группам — грамположительным коккам и грамположительным спорообразующим палочкам, что хорошо согласуется с общей картиной микробиома, наблюдаемой при рутинном мониторинге.

Таблица 4

Идентифицированные микроорганизмы

№	Микроорганизм	Частота встречаемости	Доля среди идентифицированных, %	Тип
1	*Micrococcus luteus*	11	28,2	Грам$^+$ кокки
2	*Staphylococcus hominis*	8	20,5	Грам$^+$ кокки
3	*Staphylococcus epidermidis*	4	10,3	Грам$^+$ кокки
4	*Bacillus cereus*	3	7,7	Грам$^+$ Спорообразующие палочки
5	*Staphylococcus*	2	5,1	Грам$^+$ кокки

	capitis			
6	*Staphylococcus cohnii*	1	2,6	Грам$^+$ кокки
7	*Aerococcus viridans*	1	2,6	Грам$^+$ кокки
8	*Dermacoccus* spp.	1	2,6	Грам$^+$ кокки
9	*Kocuria rosea*	1	2,6	Грам$^+$ кокки
10	*Micrococcus lylae*	1	2,6	Грам$^+$ кокки
11	*Geobacillus thermodenitrificans*	1	2,6	Грам$^+$ Спорообразующие палочки
12	*Kocuria rhizophila*	1	2,6	Грам$^+$ кокки
13	*Alicyclobacillus acidocaldarius*	1	2,6	Спорообразующие палочки
14	*Bacillus pumilus*	1	2,6	Спорообразующие палочки
15	*Bacillus megaterium*	1	2,6	Спорообразующие палочки
16	*Bacillus thuringiensis*	1	2,6	Спорообразующие палочки
Всего	–	**39**	**100**	

Обсуждение. Классы B–D: типичная микробиота. Абсолютное преобладание грамположительных кокков согласуется с литературными данными. *M. luteus* устойчив к УФ и окислительному стрессу, синтезирует каротиноиды [3,4]. Стафилококки-комменсалы адаптированы к высушиванию и спиртам. *Kocuria rosea, K. rhizophila*,. рассматриваются как PGPR-агенты [5].

Спорообразующие палочки представлены *B. cereus,* а также *B. pumilus, B. megaterium, B. thuringiensis*, термофильными *Geobacillus thermodenitrificans* и *Alicyclobacillus acidocaldarius*. Споры обеспечивают выживание при дезинфекции; кроме того, эти виды – продуценты термостабильных ферментов и агенты биоконтроля: макролактины *B. cereus* подавляют фитопатогенов [6], *B. thuringiensis* индуцирует устойчивость растений, а *B. megaterium* и *B. pumilus* снижают потребность в удобрениях [7].

Класс A: селекция покоящихся форм. Минимальная обсеменённость ожидаема, однако её структура показательна. Отсутствие грамотрицательных бактерий и повышенная доля спор и грибов при снижении доли кокков указывают на выживание преимущественно покоящихся форм. Кокки, вероятно, вносятся персоналом и не успевают элиминироваться. Такая картина отражает селективное давление дезинфектантов и сближает чистые помещения с гипер-аридными экосистемами, где стресс-устойчивые кокки и спорообразующие бактерии доминируют и могут служить основой для повышения засухоустойчивости культур.

Вывод. Выявленный спектр микроорганизмов потенциально может обладать свойствами, полезными для агробиотехнологии по литературным данным (ферменты, антимикробные метаболиты, стресс-толерантность). Идентифицированные таксоны являются мишенями для дальнейшего выделения и функционального скрининга, что требует дальнейшего более детального исследования.

Библиографический список

1. European Commission. EudraLex. Volume 4. EU Guidelines for Good Manufacturing Practice for Medicinal Products for Human and Veterinary Use. Annex 1: Manufacture of Sterile Medicinal Products. — 2022.

2. Moheb N., Mohamed A.F., Elbaghdady K.Z., Saeed A.M., Abu-Elghait M. Monitoring and controlling bacteria in cleanrooms of pharmaceutical plant model: an in vitro study // Environmental Monitoring and Assessment. — 2024. — Vol. 197. — Monitoring and controlling bacteria in cleanrooms of pharmaceutical plant model. — No. 1. — P. 3.

3. Chang Y.-C. Decoding the Impact of a Bacterial Strain of *Micrococcus luteus* on Arabidopsis Growth and Stress Tolerance / Y.-C. Chang, P.-H. Lee, C.-L. Hsu, W.-D. Wang, Y.-L. Chang, H.-w. Chuang // Microorganisms. — 2024. — Vol. 12, № 11. — Art. 2283. — DOI: 10.3390/microorganisms12112283.

4. Havis S., Bodunrin A., Rangel J., Zimmerer R., Murphy J., Storey J.D., Duong T.D., Mistretta B., Gunaratne P., Widger W.R., Bark S.J. A Universal Stress Protein That Controls Bacterial Stress Survival in Micrococcus luteus // Journal of Bacteriology. — 2019. — T. 201. — № 24. — C. 10.1128/jb.00497-19.

5. Almalkawi N, Farkas M, Márton D, Pápai M, Amara I, Takács S, Daood H, Táncsics A, Tajti K, Wirth R, Maróti G, Cserháti M and Kriszt B (2025) Plant growth-promoting effect of Kocuria sp. and Brevibacillus sp. strains on tomato under different irrigation conditions. Front. Sustain. Food Syst. 9:1712126. doi: 10.3389/fsufs.2025.1712126.

6. Hu J., Dong B., Wang D., Meng H., Li X., Zhou H. Genomic and metabolic features of Bacillus cereus, inhibiting the growth of Sclerotinia sclerotiorum by synthesizing secondary metabolites // Archives of Microbiology. — 2022. — Vol. 205. — No. 1. — P. 8.

7. Biedendieck R., Knuuti T., Moore S.J., Jahn D. The “beauty in the beast”—the multiple uses of Priestia megaterium in biotechnology // Applied Microbiology and Biotechnology. — 2021. — Vol. 105. — No. 14. — P. 5719-5737.

УДК 633.11.004.12 321:631.811.1

ВЛИЯНИЕ ПОДВИЖНОГО АЛЮМИНИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ И АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗ В ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ

Терешенков Павел Владимирович, *аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* ***tereshenkovp@list.ru***

Новиков Николай Николаевич, *научный руководитель, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* ***tshanovikov@gmail.com***

Аннотация: В статье представлены результаты исследования влияния подвижного алюминия в почве на урожайность ярового ячменя сорта «ТСХА 14», а также его воздействие на активность высокоактивного фермента антиоксидантной защиты растений - каталазы.

Ключевые слова: *подвижный алюминий, урожайность, овёс, каталаза, антиоксидантные ферменты, токсичность алюминия.*

Введение. Воздействие подвижного алюминия запускает ряд негативных процессов в растениях: нарушается поглощение ключевых минеральных элементов питания (калия, кальция, магния, фосфора, меди, марганца), что в свою очередь приводит к подавлению развития корневой системы и роста растений; повреждаются мембраны хлоропластов, что снижает содержание хлорофилла и провоцирует хромосомные аберрации; подавляется активность нитратредуктазы, нарушая азотистый обмен. Подвижный алюминий ингибирует фосфорилирование сахаров с участием АТФ. Помимо прочего, алюминий снижает устойчивость к неблагоприятным факторам среды, таким как засуха и низкие температуры [1-3].

Устойчивость к токсическому действию подвижного алюминия в почве заметно варьирует в зависимости от культуры и сорта и определяется наличием защитных механизмов у растений. Важным механизмом защиты является способность растений синтезировать соединения, образующие с ионами алюминия нерастворимые комплексы. Особую роль в обеспечении алюмотолерантности играет кальцийсодержащий белок - калмодулин, который участвует в сигнальных путях стрессоустойчивости. Ряд исследований подтверждают его повышенную экспрессию у растений с высокой устойчивостью к алюминию [4-7].

В научной литературе алюминий чаще рассматривается как токсичный элемент, особенно в высоких концентрациях, который негативно влияет на рост и развитие растений. Однако в некоторых исследованиях упоминается о потенциальной положительной роли алюминия в небольшом количестве, в частности как микроэлемента. Исследования показали, что алюминий участвует в активации ряда ферментов, стимулирует рост корней, ассимиляционного аппарата растений и повышает интенсивность фотосинтеза в листьях. Умеренное воздействие алюминия может запускать адаптационные механизмы, повышающие устойчивость растений к другим стрессовым факторам: нейтрализация активных форм кислорода за счёт активизации антиоксидантных ферментов (каталазы, пероксидазы); снижение влияния не только алюминия, но и других токсикантов при условии синтеза защитных соединений (органических кислот, полисахаридов) [8-11].

Цель исследования - оценить влияние различных уровней содержания подвижного алюминия в почве на урожайность овса, а также на активность антиоксидантного фермента каталазы в созревших и пророщенных зерновках.

Актуальность работы обусловлена недостаточно изученным воздействием алюминия на биохимические показатели качества зерновых культур и широким распространением кислых почв с повышенной концентрацией подвижного алюминия, который выступает одним из ключевых факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур.

На единой методической основе проведено сравнительное исследование реакции двурядного ярового ячменя на алюминиевую токсичность и выяснение биохимических механизмов адаптации.

Методика исследований. Влияние алюминия на растения изучали в полевом опыте с сортом двурядного ярового ячменя на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве полевой опытной станции РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024 г. Опыт проводился в 5-кратной повторности с размерами делянок 1 м^2. Схема опыта включала следующие варианты: 1 – фон 1 (N60P60K60) без Al; 2 – фон 1 + Al 30 мг/кг почвы; 3 – фон 1 + Al 50 мг/кг почвы; 4 – фон 1 + Al 100 мг/кг почвы; 5 – фон 2 (N90P90K90) без Al; 6 – фон 2 + Al 30 мг/кг почвы. Удобрения в фонах вносили перед посевом ячменя в виде нитроаммофоски, алюминий также перед посевом в виде безводного хлорида алюминия.

Посев ячменя производили из расчета 6 млн./га всхожих семян. Гидротермический коэффициент Селянинова за период вегетации был равен 1,6, который свидетельствует об избыточном увлажнении.

Результаты исследования и их обсуждение. В связи с неблагоприятными погодными условиями, образовавшими почвенную корку на средне-суглинистой почве, наличием в почве избытка обеспеченности ряда элементов питания растений в полевом опыте (в большей части фосфора) сформировался невысокий урожай зерна ячменя 67,6–86 г/делянку (табл. 1) с невысоким содержанием сырого протеина (9,2–10,5 %), так как за вегетационный период выпало много осадков.

Таблица 1

Урожайность и содержание сырого протеина в зерне ячменя при применении возрастающих доз алюминия

Вариант	Созревшее зерно			Пророщенное зерно		
	pH 5.5	pH 7	pH 8	pH 5.5	pH 7	pH 8
Контроль (без удобрения)	0,29	1,35	1,16	0,48	1,62	1,84
Фон$_1$ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) без Al	0,33	0,75	1,47	0,45	0,70	1,92
Фон$_1$ + Al 30 мг/кг почвы	0,36	1,12	1,26	0,70	1,8	2,13
Фон$_1$ +Al 50 мг/кг почвы	0,35	1,33	1,32	0,65	1,85	1,85
Фон$_1$ + Al 100 мг/кг почвы	0,28	1,32	1,14	0,73	2,1	2,08
Фон$_2$ ($N_{90}P_{90}K_{90}$)без Al	0,40	0,80	1,40	1,02	1,73	2,51
Фон$_2$ +Al 30 мг/кг почвы	0,41	1,04	1,45	0,98	1,58	1,97
$НСР_{05}$	**0,05**	**0,23**	**0,12**	**0,20**	**0,40**	**0,21**

Варианты опыта	Масса зерна с делянки	Сырой протеин, %
Контроль (без удобрения)	67,6	9,6
Фон$_1$ ($N_{60}P_{60}K_{60}$) без Al	75,5	9,8
Фон$_1$ + Al 30 мг/кг почвы	76,8	10,2
Фон$_1$ +Al 50 мг/кг почвы	81,9	9,9
Фон$_1$ + Al 100 мг/кг почвы	77,4	9,8
Фон$_2$ ($N_{90}P_{90}K_{90}$) без Al	88,4	9,2
Фон$_2$ +Al 30 мг/кг почвы	86,2	10,5
$НСР_{05}$	6,5	0,4

Достоверного влияния на урожайность от добавления алюминия не подтверждено данными этого эксперимента - все наблюдаемые изменения укладываются в пределы экспериментальной ошибки. Однако отмечается тенденция к снижению урожайности при увеличении доз подвижного алюминия.

По полученным данным можно предположить, что алюминий в небольших дозах может играть роль корректирующего элемента: на фоне умеренных и повышенных доз NPK он не только существенно не снижает урожайность, но и в ряде случаев оказывает влияние на увеличение содержания протеина.

Анализ данных по активности изоформ каталазы в созревшем и пророщенном зерне ячменя в условиях кислой, нейтральной и щелочной среды (pH 5,5; pH 7,0; pH 8,0) в вариантах с добавлением в почву подвижного алюминия (30, 50 и 100 мг/кг) позволил выявить ряд закономерностей. В условиях умеренного минерального питания растений (фон 1) добавление в почву алюминия способствовало росту активности нейтральных каталаз в зрелом зерне ячменя. В пророщенных зерновках аналогичный эффект распространялся на все изоформы фермента - кислые, нейтральные и щелочные каталазы. При повышенном уровне питания (фон 2) наблюдалась иная закономерность: внесение алюминия привело к снижению активности щелочных каталаз.

Усиление минерального питания (фон 2) стимулировало активность кислых, и нейтральных каталаз в созревшем зерне, и всех типов каталаз - в пророщенном. Подобная динамика согласуется с результатами ранее проведённых исследований [12,13]. Повышение каталазной активности в проростках под влиянием алюминия усиливало устойчивость клеток к окислительному стрессу, типичному для естественных условий произрастания.

Библиографический список

1. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука, 1985. – 264 стр.
2. Шабалова Н. И. и др. Влияние кислотности почвы на подвижность алюминия и его токсичность для растений // Агрохимия. 2005. № 3. С. 82–88.
3. Фроловская, Т. П. Влияние алюминия на растения и способы регулирования ег о действия : дис. … канд. биол. наук / Т. П. Фроловская ; Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный уни верситет им. М. В. Ломоносова, биолого-почвенный факультет. — Воронеж, 1963.
4. Sade H., Meriga B., Surapu V., Gadi J., Sunita M.S., Suravajhala P., Kavi Kishor P.B. Toxicity and tolerance of aluminium in plants: tailoring plants to suit to acid soils // Biometals, 2016, vol. 29, no. 2, pp. 187–210.
5. Zhang J., Liu S., Zhang L., Chen L. Effekt of aluminium stress on the expression of calmodulin and role of calmodulin in aluminium tolerance // Biosci. Bioeng. 2016, vol. 122, no. 5, pp. 558–562.
6. Амосова Р.В., Николаева О.Н., Сынзыныс Б.И. Механизмы алюмотолерантности у культурных растений // Сельскохозяйственная биология, 2007, Т. 1, С. 36–42.
7. Aniol A. Aluminium uptake by roots of rye seedling of differing tolerance to aluminium toxicity // Euphytica, 1996, vol. 92, no 1/2, pp. 155–162.
8. Bojorquez-Quintal J.E.A., Escalante-Magana C., Echevvarria-Machado I., Martinez-Estevez M. Aluminium, a frend or of higher plants in acid soils // Front Plant Sci., 2017, vol. 8.
9. Bose J., Babourina O., Rengel Z. Role of magnesium in alleviation of aluminium toxity in plants // J. Exp. Bot., 2011, vol. 62, pp 2251–2264.
10. Пухальская Н.В. «Проблемные вопросы алюминиевой токсичности» // Агрохимия. 2005. № 8. С. 70–82.
11. Новиков Н.Н., Таразанова Т.В. Лабораторный практикум по биохимии растений. – М.: Изд. РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2012. – 97 с.
12. Новиков Н.Н., Налиухин А.Н., Соколов А.А. Формирование урожая и качества зерна овса в зависимости от режима питания растений и применения фиторегуляторов // Плодородие. 2023. № 4. С. 28–33.
13. Новиков Н.Н., Налиухин А.Н., Филатов Е.А. Влияние режима питания и фиторегуляторов (новосил, эпин-экстра) на урожай и биохимические показатели качества зерна ячменя в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Плодородие. 2024. № 5 (140). С. 64–70.

УДК 631.811.1: 631.841.7:633.11

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КАПСУЛИРОВАННОГО КАРБАМИДА ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ

Волкова Марина Алексеевна, *аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail marina.volkova.2012@mail.ru*

Научный руководитель – ***Лапушкин Всеволод Михайлович****, к.б.н., доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail lapushkin@rgau-msha.ru*

Аннотация. *Показаны результаты полевых опытов по изучению действия капсулированных форм мочевины с разной толщиной покрытия в посевах яровой пшеницы.*

Ключевые слова: *азотные удобрения, пролонгированные удобрения, капсулированная мочевина, монокальцийфосфат, яровая пшеница, урожайность.*

Разработка новых форм высокоэффективных азотных удобрений остается актуальной задачей современного сельского хозяйства [1]. Это связано с тем, что при внесении традиционных форм азотных удобрений в почву наблюдаются значительные потери азота вследствие улетучивания аммиака, иммобилизации, нитрификации и денитрификации [2,3]. В результате снижается эффективность удобрений и возрастает экологическая нагрузка.

Одним из наиболее распространенных азотных удобрений является мочевина. Однако после внесения в почву она быстро подвергается превращениям, сопровождающимся потерями азота [2-4]. В связи с этим представляет интерес разработка форм мочевины пролонгированного действия, обеспечивающих более равномерное высвобождение азота.

К перспективным решениям относится капсулированная мочевина. Вместе с тем применение таких удобрений нередко ограничивается высокой стоимостью сырья и сложностью технологии производства [1-6]. Поэтому сохраняет актуальность поиск доступных и экологически безопасных материалов для создания новых форм удобрений пролонгированного действия.

В данной работе изучалась эффективность мочевины с покрытием гранул монокальцийфосфатом, разработанной в НИУИФ имени профессора Я.В. Самойлова [5-6]. Использование монокальцийфосфата представляет интерес благодаря его доступности, невысокой стоимости и экологической безопасности.

Цель исследования. Целью исследования являлось оценить влияние мочевины капсулированной монокальцийфосфатом с разной толщиной покрытия на урожайность яровой пшеницы.

Методика исследований. Для изучения капсулированных форм мочевины на территории Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2023-2024 гг. были проведены мелкоделяночные опыты с яровой пшеницей сорта Любава.

Почва опытного участка дерново-подзолистая неглубокоподзолистая легкосуглинистая, характеризовалась следующими агрохимическими показателями: по степени кислотности близкая к нейтральной (pH сол. 5,6), степень насыщенности основаниями – высокая (V – 86%), содержание подвижных форм фосфора – очень высокое (271 мг/кг по Кирсанову), калия – среднее (113 мг/кг по Кирсанову).

Схема опыта включала в себя 6 вариантов: 1. Фон РК, 2. Фон+Nм (вариант сравнения); 3. Фон+Nм 50 мкм, 4. Фон+Nм 100 мкм.

Учетная площадь опытной делянки составляла 1 м^2. Повторность опыта – 5-кратная. Расположение делянок многорядное ступенчатое. Посев пшеницы осуществлялся с помощью селекционной сеялки. Уборку урожая осуществляли вручную по достижении зерна полной спелости.

Статистическую обработку экспериментального материала проводили в программе STATISTICA 10 методом дисперсионного анализа, с последующим расчетом наименьшей существенной разницы. Анализ растительных образов проводили по общепринятым методикам.

Результаты исследования. Капсулированные формы мочевины способствовали улучшению азотного питания растений и оказали положительное влияние на продуктивность яровой пшеницы.

К фазе колошения-цветения потребление азота в вариантах с капсулированными формами карбамида было выше на 43-71% по сравнению с обычным карбамидом. Наибольшим поглощением азота отличались растения, удобренные капсулированной мочевиной с толщиной покрытия 100 мкм.

В обоих опытах было отмечено улучшение показателей структуры урожая. В среднем за два года в вариантах с капсулированными формами количество зерен в колосе увеличилось на 7,1%, масса колоса – на 6,7-8,9%, масса зерна с колоса – на 6,3-7,1%, масса 1000 зерен – на 1,3-7,6% относительно обычной мочевины. По совокупности показателей лучшие

зафиксированы в варианте, где применялась капсулированная мочевина с толщиной покрытия 50 мкм.

Обе формы капсулированного карбамида обеспечили получение существенных прибавок урожая как относительно фонового варианта, так и относительно варианта сравнения. Наибольший урожай в среднем за два года отмечался в варианте, где применялась мочевина с тонким покрытием (50 мкм). Прибавка относительно фона составила 58%, относительно стандартной формы карбамида – 14%. Мочевина с толстым покрытием повышала урожай зерна пшеницы на 50% относительно фона и на 8% в сравнении с обычным карбамидом.

Капсулирование мочевины монокалийфосфатом повышало коэффициент использования азота на 14-17%, тогда как в варианте с обычном карбамидом КиN составлял 59%.

Таким образом, в полевых опытах установлено, что капсулированная мочевина с покрытием на основе монокальцийфосфата заметно превосходит по эффективности стандартный карбамид. Данная форма азотного удобрения улучшает режим азотного питания в течение периода вегетации, что положительно влияет на элементы структуры урожая и на формирование урожая в целом. Кроме того, при применении данных форм мочевины отмечено значительное увеличение коэффициента использования азота.

Библиографический список.

1. The effect of slow-release coated fertilizers on the yield of spring wheat / V. M. Lapushkin, A. A. Lapushkina, F. G. Igraliev [et al.] // 14–18 марта 2023 года. Vol. 1212, 2023. – P. 12021. – DOI 10.1088/1755-1315/1212/1/012021. – EDN ZLTTSA.

2. Агрономическая эффективность мочевины пролонгированного действия при выращивании яровой пшеницы / В. М. Лапушкин, М. А. Волкова, А. А. Лапушкина [и др.] // Агрохимия. – 2024. – № 4. – С. 35-40. – DOI 10.31857/S0002188124040049. – EDN DLZQKV.

3. Волкова, М. А. Трансформация карбамида пролонгированного действия в почве и его эффективность в посевах яровой пшеницы / М. А. Волкова, В. М. Лапушкин // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 32-38. – DOI 10.25680/S19948603.2024.140.07. – EDN CDNLQW.

4. Продуктивность и качество яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания при выращивании на дерново-подзолистой почве / В. М. Лапушкин, М. А. Волкова, А. А. Лапушкина, О. А. Муравьева // Агрохимический вестник. – 2022. – № 3. – С. 17-22. – DOI 10.24412/1029-2551-2022-3-003. – EDN SFKTAH.

5. Лапушкин В.М. Агрономическая эффективность мочевины пролонгированного действия при выращивании яровой пшеницы / В. М. Лапушкин, М. А. Волкова, А. А. Лапушкина [и др.] // Агрохимия. – 2024. – № 4. – С. 35-40. – DOI 10.31857/S0002188124040049.

6. Волкова М. А. Трансформация карбамида пролонгированного действия в почве и его эффективность в посевах яровой пшеницы / М. А. Волкова, В. М. Лапушкин // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 32-38. – DOI 10.25680/S19948603.2024.140.07.

УДК 579.61

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ АДРЕНОБЛОКАТОРОВ НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ БИОПЛЕНОК K. SCHROETERI И S. AUREUS К ГОРМОНАМ КАТЕХОЛАМИНОВОГО РЯДА

***Дювенжи Екатерина Валерьевна**, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ekaterina.dyvenji@mail.ru*

***Ганнесен Андрей Владиславович**, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов ФИЦ Биотехнологии РАН, andrei.gannesen@gmail.com*

***Аннотация**: катехоламины способны оказывать стимулирующее действие на моновидовые биопленки K. schroeteri и S. aureus через 24 часа инкубации. Бета-адреноблокаторы – тимолол и метопролол в некоторых случаях способны снимать стимулирующий эффект гормонов, что говорит о непосредственном участии аналогов бета-адренорецепторов у бактерий.*

***Ключевые слова**: бактериальные биопленки, антибиотикорезистентность, гормоны человека, блокаторы бета-адренорецепторов*

Введение. Бактериальные биопленки представляют собой сложные микробные сообщества, заключенные во внеклеточный полимерный матрикс. Бактериальные биопленки являются одной из глобальных проблем мировой системы здравоохранения из-за их имманентной устойчивости к антибиотикам, действию иммунной системы хозяина и других неблагоприятных внешних факторов. Поэтому ранняя диагностика и поиск новых и альтернативных методов лечения имеют важное значение для химиотерапии инфекций, вызываемых биопленками патогенов. Одним из перспективных методов преодоления бактериальной устойчивости к антибиотикам является комбинированная терапия – использование антибиотиков совместно с другими активными соединениями [1].

Микробная эндокринология – относительно новое междисциплинарное направление исследований, изучающее взаимосвязи микробиоты человека и с его организмом посредством гуморальных сигналов. В настоящее время получено достаточно много данных о влиянии гормонов человека на бактериальные сообщества. Проводились отдельные исследования совместного действия факторов гуморальной регуляции и антибиотиков на биопленки микроорганизмов [2]. Однако, до сих пор неизвестно какие молекулярные механизмы задействованы в бактериальном ответе на присутствие гормонов человека. В частности, у многих грамположительных бактерий не известны рецепторы гормонов. Таким образом, существует необходимость в понимании и исследовании этих молекулярных механизмов, в т.ч. бактериальных рецепторов, что позволит в будущем разработать наилучшие стратегии для преодоления биопленочных инфекций.

Материалы и методы. В работе использовали штаммы бактерий *S. aureus* 209P и *K. schroeteri* H01. В качестве исследуемых соединений использовали гормоны адреналин, норадреналин, дофамин, а также блокаторы бета-адренорецепторов – тимолол и метопролол.

Для исследования влияния активных соединений на микробные сообщества использовали количественные и качественные методы анализа, а именно подсчет КОЕ, оценку биомассы клеток (окрашивание биопленок различными красителями), оценку жизнеспособности клеток. Также проводился анализ кинетических параметров роста культур и исследование микробных сообществ с помощью микроскопии.

Результаты. Было показано, что гормоны стимулировали рост биопленок *K. schroeteri* и стафилококка (рис.1). Тимолол снимал стимулирующий эффект адреналина и норадреналина в отношении биопленок *K. schroeteri*. В присутствии метопролола дофамин также не оказывал значительного стимулирующего эффекта. У биопленок *S. aureus* можно наблюдать отсутствие значительного стимулирующего эффекта норадреналина в присутствии тимолола.

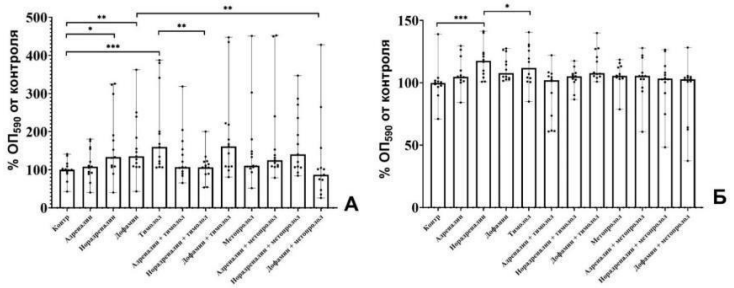


Рис. 1 Влияние гормонов на моновидовые биопленки в присутствии бета-адреноблокаторов через 24 часа инкубации. А - *K. schroeteri*; Б - *S. aureus*;

Заключение. Изучение молекулярных механизмов действия гормонов человека на бактериальные биопленки является важным направлением исследований, так как гуморальные соединения являются перспективными агентами для преодоления антибиотикорезистентности биопленок за счет комбинирования их с уже существующими антибиотиками. Проведенные эксперименты с добавлением бета-адренорецепторов показало возможный механизм действия катехоламинов. В некоторых случаях добавление тимолола и метопролола снимало стимулирующий эффект гормонов, что говорит о возможном наличии в бактериальных клетках рецепторов, функционально напоминающих адренергические рецепторы человека.

Библиографический список

1. Zhao A., Sun J., & Liu Y. Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies // Frontiers in cellular and infection microbiology. – 2023. – V.13.
2. Ashraf A., & Hassan M. I. Microbial Endocrinology: Host metabolism and appetite hormones interaction with gut microbiome // Molecular and cellular endocrinology. – 2024. – P. 592.

УДК 631.811

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Лебедева Александра Анатольевна, *магистрант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, pon1talebedeva@yandex.ru*

Гусева Юлия Евгеньевна, *доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, uguseva@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Серые лесные почвы характеризуются комплексом агрохимических свойств, обусловленных их генезисом. Они обладают достаточно высокой емкостью катионного обмена, значительными запасами гумуса (особенно темно-серые подтипы) и удовлетворительной обеспеченностью элементами питания. Однако при интенсивном сельскохозяйственном использовании без систематического внесения органических и минеральных удобрений происходит деградация этих почв: подкисление, снижение содержания гумуса, обеднение почвенного поглощающего комплекса обменными основаниями и уменьшение запасов подвижных форм фосфора и калия.*

Ключевые слова: *фосфор, серая лесная почва, фосфатный режим, агрохимические показатели почвы.*

Серые лесные почвы отличаются невысоким естественным плодородием: они имеют кислую реакцию среды, содержание гумуса обычно колеблется от 2 до 5%, а запасы основных элементов питания часто находятся на низком или среднем уровне. Знание их агрохимической характеристики важно для грамотного расчета доз удобрений, проведения известкования и выбора возделываемых культур, что позволит не только значительно повысить их урожайность, но и предотвратить деградацию почв, избежав истощения [1, 2, 4, 5].

Реакция среды серых лесных почв варьирует от слабокислой до близкой к нейтральной в зависимости от подтипа и степени оподзоленности. Значения pH солевой вытяжки (pH_{KCl}) составляют: для светло-серых и серых почв – 4,4-5,0 ед., для темно-серых – 5,5-6,5 ед [3].

Серые лесные почвы обладают относительно высокой поглотительной способностью, что обусловлено значительным содержанием илистых частиц и органического вещества. Сумма обменных оснований (S) возрастает по мере уменьшения интенсивности оподзоливания: у светло-серых почв она варьирует от 12,2 до 31,0 ммоль(экв)/100 г (в среднем

17,2 ммоль(экв)/100 г), а у темно-серых почв достигает в среднем 25,3-32,1 ммоль(экв)/100 г. Степень насыщенности основаниями гумусового горизонта в темно-серых лесных почвах может достигать 79% от емкости катионного обмена с варьированием значений от 67 до 95%. В пахотных серых лесных почвах сумма обменных оснований составляет 17,2 мг-экв/100 г – ниже, чем в целинных аналогах (22,1 мг-экв/100 г).

Содержание общего азота в серых лесных почвах тесно коррелирует с запасами гумуса. Нитратный азот характеризуется высокой динамичностью.

При оценке фосфатного режима серых лесных почв ключевое значение имеет не только валовое содержание фосфора, но и его фракционный состав – распределение по формам соединений, определяющее доступность элемента для растений. В кислой среде светло-серых и серых подтипов значительная часть фосфора закрепляется в труднодоступные формы вследствие активного связывания полуторными оксидами. Преобладающими соединениями выступают фосфаты железа и алюминия (Fe-P и Al-P), характерные для почв с кислой реакцией среды и высоким содержанием полуторных оксидов. При использовании метода Кирсанова в анализ попадают именно эти труднорастворимые формы, что может приводить к завышению оценки реальной доступности фосфора для растений. Напротив, в темно-серых лесных почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной, и приближающихся по свойствам к оподзоленным черноземам, преобладают фосфаты кальция (Ca-P), которые являются более доступными для большинства сельскохозяйственных культур. Органические фосфаты составляют существенную долю общего фосфора, особенно в верхних гумусовых горизонтах; они подлежат минерализации под действием ферментов – фосфатаз.

Серые лесные почвы характеризуются комплексом агрохимических свойств, обусловленных их генезисом. Они обладают достаточно высокой емкостью катионного обмена, значительными запасами гумуса (особенно темно-серые подтипы) и удовлетворительной обеспеченностью элементами питания. Однако при интенсивном сельскохозяйственном использовании без систематического внесения органических и минеральных удобрений происходит деградация этих почв: подкисление, снижение содержания гумуса, обеднение почвенного поглощающего комплекса обменными основаниями и уменьшение запасов подвижных форм фосфора и калия.

Фосфатный режим почв Нечернозёмной зоны формируется под воздействием сложного комплекса природных и антропогенных факторов. Господствующими почвами здесь являются дерново-подзолистые и серые лесные различного гранулометрического состава, для которых характерен ряд специфических черт, определяющих их низкую потенциальную обеспеченность фосфором.

В исследовании Н.А. Груздевой и Д.И. Еремина [3] представлены результаты многолетнего мониторинга содержания подвижного фосфора в трёх подтипах серых лесных почв – светло-серой, серой и темно-серой – на фоне длительного применения только органических удобрений при полном отсутствии минеральных фосфорных удобрений. В работе подчёркивается, что даже длительное применение органических удобрений (до 315 т/га за 21 год) не компенсирует дефицит фосфора, особенно на светло-серых и серых лесных почвах.

В работе К.М. Павловой с соавторами [6] было выяснено, что длительное использование удобрений на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве со средним уровнем плодородия в условиях юго-восточной части Нечерноземной зоны приводит к изменению агрохимических показателей. Сельскохозяйственное использование земель с внесением органических и минеральных удобрений увеличивало кислотность почвы по сравнению с залежью и лесополосой. Применение только минеральных удобрений или сочетания NPK, соломы, навоза и сидерата приводило к снижению массовой доли гумуса, что авторы связывают с увеличением продуктивности растений и отчуждением органического вещества с поля.

Г.Л. Яговенко [7] проводил исследования в длительном стационарном полевом опыте на серой лесной легкосуглинистой почве, целью которых было изучение влияния доли люпина

в севообороте, способа его использования и фона удобрений на фосфатный режим и продуктивность культур. Было установлено, что включение люпина в севообороты способствует замедлению снижения содержания доступного фосфора в пахотном слое, даже при отрицательном балансе элемента (дефицит составлял от 3 до 38 кг/га в год в зависимости от варианта). На фоне систематического применения фосфорных удобрений в дозах, не компенсирующих вынос, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) снижалось в среднем на 3,3-7,4 мг/100 г почвы, что привело к переходу обеспеченности из VI в V группу.

Длительное сельскохозяйственное использование почв без сбалансированного применения удобрений ведёт к деградации: подкислению, снижению содержания гумуса и обеднению ППК обменными основаниями. Даже применение органических удобрений не всегда компенсируют дефицит фосфора, особенно на лёгких подтипах. Для сохранения плодородия и предотвращения истощения почв необходимо рациональное применение удобрений с учётом агрохимической характеристики почвы, включая определение нуждаемости в известковании, расчёт доз известковых, фосфорных удобрений и грамотный подбор сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

8. Гусева, Ю. Е. Влияние разных форм азота и бора на урожай и вынос макроэлементов льном-долгунцом (Linum usitatissimum L.f. elongata) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве / Ю. Е. Гусева, Г. А. Смолина, А. М. Пронин // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 3. – С. 85-95. – DOI 10.26897/2949-4710-2023-3-85-95. – EDN QFVAVF.

9. Гусева, Ю. Е. Практикум по системе удобрения : Учебное пособие / Ю. Е. Гусева, А. Н. Налиухин, В. А. Демин. – Москва : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 136 с. – EDN DKBFER.

10. Еремин, Д. И. Гранулометрия пахотных серых лесных почв Северного Зауралья / Д. И. Еремин, Н. А. Груздева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1(69). – С. 18-22. – EDN YSHRMH.

11. Кидин, В. В. Использование растениями элементов питания из разных слоев дерново-подзолистой почвы / В. В. Кидин, Ю. Е. Гусева // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 01 января – 31 2015 года. Том Выпуск 286, Часть 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – С. 17-19. – EDN YRRGLK.

12. Налиухин А.Н., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Гусева Ю.Е. / Эффективность фосфорных удобрений: результаты исследований в длительных полевых опытах России, Великобритании и Китае // Агрохимия. – 2024. – № 12. – С. 89-100. – DOI 10.31857/S0002188124120128. – EDN VUJQJX.

13. Павлова К. М., Виноградов Д. В., Березнов А. В., Габибов М. А. / Агрохимическое состояние темно-серых лесных почв при длительном использовании под пашню // Плодородие. – 2024. – № 5(140). – С. 9-12. – DOI 10.25680/S19948603.2024.140.02. – EDN FQMBLK.

14. Яговенко, Л. Л. Гумусное состояние серых лесных почв в севооборотах с люпином / Л. Л. Яговенко, Г. Л. Яговенко // Плодородие. – 2007. – № 5(38). – С. 17-18. – EDN KUCKRZ.

УДК 606.635

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РИЗОСФЕРНЫХ И ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ У КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Холиков Суруш Исхокович, *аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, surushholikov499@gmail.com*

Козлов Андрей Владимирович, *д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории эволюционной биогеохимии и геоэкологии ВГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, kozlov.av@geokhi.ru*

Аннотация: *Обзор посвящен анализу современных направлений в исследованиях о молекулярно-биологических механизмах взаимодействия ризосферных и патогенных микроорганизмов с культурными растениями. Подчеркнута роль достижений геномики, молекулярной и системной биологии в изучении данных процессов. Обсуждаются перспективы применения полученных знаний для разработки устойчивых аграрных практик и повышения урожайности культур.*

Ключевые слова: *организм растения, ризосфера, PGPR-бактерии, стимуляция роста, урожайность культур.*

Ризосфера рассматривается как высокодинамичная прикорневая зона почвы, находящаяся под влиянием корней растений и характеризующаяся крайне высокой биологической активностью [2]. В данной микросреде происходят сложные межорганизменные взаимодействия на уровне «микро-биом-растение» и формируются сложные сообщества истинных бактерий, грибов, архей и простейших [3]. Баланс между полезными микроорганизмами и фитопатогенами во многом определяет устойчивость растений к заболеваниям [7]. Растения играют роль ключевых факторов в определении сложной среды обитания, по сути формирующей состав и функционирование микробных сообществ. Приведены данные о влиянии полезных и патогенных микроорганизмов на физиологическое состояние растений и их продуктивность. Современные исследования направлены на переход от описательных подходов к изучению молекулярно-биологических механизмов взаимодействия, что стало возможным благодаря развитию геномных технологий [4].

Ризосфера как сложная биологическая система. Ризосфера функционирует как интегрированная биологическая система, в которой растения выступают ключевыми регуляторами состава микробных сообществ. Существенную роль в этом процессе играют различные корневые экссудаты, являющиеся источниками питания и сигнальными молекулами, определяющими структуру микробиома [2, 3]. Ризосферные микроорганизмы взаимодействуют на основе кооперации и конкуренции, формируя особые устойчивые ассоциации. Здесь важное значение имеют ризобактерии, стимулирующие рост растений (PGPR) и способствующие повышению доступности питательных веществ, а также подавлению фитопатогенов [1, 5, 6].

Молекулярные механизмы взаимодействия растений и микроорганизмов. Взаимодействие растений и микроорганизмов в ризосфере реализуется через сложную систему молекулярных сигналов. Растения способны изменять состав корневых экссудатов в ответ на стрессовые воздействия и инфицирование, тем самым регулируя структуру микробного сообщества [2, 5]. Микроорганизмы, в свою очередь, используют сигнальные молекулы, включая механизмы кворумного зондирования для координации колонизации корней, формирования биоплёнок и синтеза антимикробных соединений [3, 5]. Иммунная система растений, представленная механизмами PTI и ETI, обеспечивает распознавание

патогенов и активацию защитных реакций [4]. При этом полезные микроорганизмы способны индуцировать системную устойчивость растений (ISR), усиливая их защитный потенциал [6].

Взаимодействие ризосферных микроорганизмов и патогенов. В ризосфере реализуются различные формы антагонистических взаимодействий между полезными микроорганизмами и патогенами. Конкуренция за питательные ресурсы и экологические ниши ограничивает развитие фитопатогенов [1]. Дополнительным механизмом является синтез антимикробных соединений, включая антибиотики и гидролитические ферменты [2]. Важную роль играет образование биоплёнок, способствующее защите корневой системы растений и препятствующее колонизации патогенами [2]. Также отмечается способность некоторых микроорганизмов нарушать сигнальные системы патогенов, в частности процессы *quorum sensing*, снижая их вирулентность [3].

Роль omics technologies. Развитие омиксных технологий (omics technologies) существенно расширило возможности изучения ризосферных взаимодействий, обеспечив переход к системному анализу таксономической структуры и функционального потенциала микробных сообществ. Применение методов высокопроизводительного секвенирования (NGS) позволяет проводить комплексную характеристику ризосферного микробиома на различных уровнях организации.

Метагеномика, включая *shotgun*-метагеномику, обеспечивает анализ генетического репертуара микробных сообществ без необходимости культивирования и позволяет выявлять гены, вовлечённые в ключевые процессы, такие как азотфиксация, мобилизация фосфора и синтез вторичных метаболитов [4]. Это создает основу для реконструкции метаболических путей и оценки функциональной роли отдельных таксонов.

Транскриптомика (RNA-seq) и протеомика отражают функциональную активность микробиома на уровне экспрессии генов и белкового синтеза [5]. Эти подходы позволяют выявлять дифференциальную экспрессию генов в ответ на биотические и абиотические факторы, а также характеризовать адаптационные реакции микроорганизмов и растений.

Метаболомика направлена на анализ низкомолекулярных метаболитов и сигнальных соединений, включая молекулы, участвующие в процессах кворумного зондирования и межклеточной коммуникации [2]. Данный подход позволяет исследовать метаболические взаимодействия и химическую сигнализацию в системе «растение-микробиом».

Интеграция данных в рамках мультиомиксных (multi-omics) подходов и системной биологии обеспечивает построение регуляторных и метаболических сетей, описывающих взаимодействия в ризосфере [5]. Дополнительные возможности предоставляют метатранскриптомика и метапротеомика, позволяющие оценивать функциональную активность микробных сообществ *in situ*.

Существенную роль играет развитие биоинформатических инструментов, включая методы машинного обучения и сетевого моделирования, обеспечивающих интерпретацию больших массивов данных и выявление ключевых функциональных узлов микробиома.

Таким образом, омиксные технологии формируют методологическую основу для комплексного исследования ризосферы и открывают перспективы направленного управления микробиомом растений с целью повышения их продуктивности и устойчивости к стрессам [4, 5].

Биотехнологические применения.Полученные в ходе исследований знания находят широкое практическое применение в современном сельском хозяйстве и агробиотехнологии. В частности, использование биоудобрений на основе ризосферных микроорганизмов, относящихся к группе PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria), способствует интенсификации роста и развития растений за счёт повышения доступности макро- и микроэлементов, синтеза фитогормонов (таких как ауксины, цитокинины и гиббереллины), а также индукции системной устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам [6, 7].

Применение PGPR-ассоциированных биоинокулянтов повышает продуктивность сельскохозяйственных культур, оптимизирует минеральное питание растений и снижает

зависимость от химических удобрений. Кроме того, биологический контроль фитопатогенов с использованием антагонистических микроорганизмов рассматривается как экологически безопасная и устойчивая альтернатива традиционным пестицидам. Механизмы биоконтроля включают продукцию антибиотических соединений, конкуренцию за субстраты и экологические ниши, а также индуцированную системную устойчивость растений [4].

Современные подходы в данной области также предполагают разработку и применение синтетических микробных консорциумов с заданными функциональными характеристиками. Такие консорциумы конструируются с учётом межвидовых взаимодействий, метаболической кооперации и устойчивости к внешним воздействиям, что позволяет целенаправленно регулировать микробиом ризосферы и повышать эффективность агроэкосистем [5,6].

Проблемы и перспективы. Несмотря на значительный прогресс, изучение ризосферных взаимодействий осложняется высокой структурно-функциональной дифференциацией и глубиной, пространственно-временной гетерогенностью и динамичностью микробных сообществ [6]. Существенным ограничением остаётся так называемая «проблема некультивируемости» (unculturable majority), препятствующая полной характеристике таксономического и функционального разнообразия микробиома. Кроме того, значительные трудности связаны с интерпретацией мультиомных данных, необходимостью их интеграции и реконструкции причинно-следственных связей в сложных регуляторных и метаболических сетях.

Дополнительным вызовом является контекст-зависимость взаимодействий в системе «растение-микробиом-среда», включая влияние абиотических факторов (температура, влажность, химический состав почвы) и генотипа растения-хозяина на структуру и функции прикорневых микробных сообществ. Ограниченная воспроизводимость результатов при переходе от лабораторных условий к полевым также затрудняет практическое внедрение новых разработанных биопрепаратов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с углублённым изучением редких и некультивируемых микроорганизмов с использованием методов single-cell genomics, метагеномной сборки геномов (MAGs) и пространственно-ориентированных подходов. Особое значение приобретает разработка синтетических микробных сообществ (synthetic microbiomes) с предсказуемыми функциональными свойствами, а также применение методов генной инженерии и редактирования генома (например, CRISPR/Cas-систем) для модификации как микроорганизмов, так и собственно растений. Важным направлением является использование методов машинного обучения и системной биологии для моделирования микробных экосистем и прогнозирования их поведения. Всё это открывает возможности для направленного управления ризосферным микробиомом и оптимизации агроэкосистем [6, 7].

Современные достижения в области молекулярной биологии, геномики и омиксных технологий существенно углубили понимание молекулярных, генетических и биохимических механизмов взаимодействия растений, ризосферных микроорганизмов и фитопатогенов. Интеграция мультиомиксных данных и применение системно-биологических подходов позволили перейти от описательного уровня к построению комплексных моделей функционирования ризосферы как высокоорганизованной биологической системы. Полученные результаты формируют теоретическую и методологическую основу для разработки инновационных стратегий устойчивого сельского хозяйства, включая создание высокоэффективных биоинокулянтов, управление микробиомом растений и снижение антропогенной нагрузки на агроэкосистемы. В долгосрочной перспективе дальнейшее развитие данного направления будет способствовать повышению продуктивности сельскохозяйственных культур, их устойчивости к стрессовым факторам и обеспечению продовольственной безопасности.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Библиографический список

1. Chepsergon J., Moleleki L.N. Rhizosphere bacterial interactions and impact on plant health // Current Opinion in Microbiology. – 2023. – Vol. 73. – 102297. DOI: 10.1016/j.mib.2023.102297 (PubMed)
2. Ge J., Li D., Ding J., Xiao X., Liang Y. Microbial coexistence in the rhizosphere and the promotion of plant stress resistance // Environmental Research. – 2023. – Vol. 222. – 115298. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115298 (PubMed)
3. Liu S., Tao C., Zhang L. et al. Plant pathogen resistance is mediated by recruitment of specific rhizosphere fungi // The ISME Journal. – 2023. – Vol. 17. – P. 931-942. DOI: 10.1038/s41396-023-01406-z (Nature)
4. Wu L., Weston L.A., Zhu S., Zhou X. Rhizosphere interactions: root exudates and the rhizosphere microbiome // Frontiers in Plant Science. – 2023. – Vol. 14. – 1281010. DOI: 10.3389/fpls.2023.1281010 (Frontiers)
5. Иванов С.А., Петрова Н.В. Молекулярные аспекты взаимодействия растений и микробиоты почвы // Биология почв. – 2022. – Т. 54. – № 3. – С. 45-58.
6. Михайлов П.Д., Орлова Т.Н. Биотехнологические аспекты использования PGPR в сельском хозяйстве // Агробиология. – 2022. – Т. 54. – № 7. – С. 21-35.
7. Козлов А.В. Методы почвенной микробиологии и энзимологии в экосистемных исследованиях. – М.: Плодородие, 2023. – 152 с.

УДК 631.445.25:631.45

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА К ХАРАКТЕРУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

***Брюнел Анга**, аспирант кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* brunel.anga@bk.ru

***Аннотация:** Проведена сравнительная оценка показателей состояния органического вещества залежной темно-серой лесной почвы Тульской области и ее аналога, остававшегося под пашней. Содержание легкой фракции органического вещества достоверно возросло в почве залежи, этот показатель был наиболее чувствительным к изменению характера использования почвы.*

***Ключевые слова:** темно-серая лесная почва, лабильный углерод почвы, перманганат-окисляемый углерод почвы, легкая фракция органического вещества почвы.*

Органический углерод почвы является одним из наиболее широко используемых показателей качества почвы наряду с pH и доступными фосфором и калием [4]. Он влияет на различные химические, физические и биологические свойства почвы и играет первостепенную роль во многих функциях сельскохозяйственных почв, таких как круговорот питательных веществ, образование почвенных агрегатов, удержание воды и обеспечение среды обитания для биоразнообразия. Органический углерод почвы также играет важную роль в регулировании климата, потенциально увеличивая секвестрацию углерода, компенсируя выбросы от сжигания ископаемого топлива и противодействуя снижению урожайности, вызванному экстремальными погодными явлениями [5].

Поскольку органический углерод играет важную в обеспечении плодородия почвы, его истощение является одной из главных угроз для сельскохозяйственных почв. Поэтому сельскохозяйственные меры, направленные на увеличение запасов углерода, становятся приоритетными во всем мире. Органический углерод является важным показателем качества почвы и устойчивого сельского хозяйства, однако, разные составные части углерода почвы играют разную роль. Лабильный органический углерод почвы является наиболее активным

компонентом почвенного углерода и включает в себя углерод микробной биомассы, растворенный органический углерод, легкоокисляемый органический углерод и легкую фракцию органического углерода [2,6]. Активные фракции органического углерода являются основным источником энергии для почвенных микроорганизмов, которые могут не только регулировать доступность питательных веществ для сельскохозяйственных культур и оптимизировать физико-химические свойства почвы, но и участвовать в круговороте углерода. Поэтому понимание изменений активных фракций почвенного углерода важно для выявления процессов и механизмов круговорота углерода и для содействия устойчивому использованию наземных экосистем [1,3,7].

Активные фракции органического углерода в почве более чувствительны к круговороту углерода, чем общее содержание органического углерода при различных методах обработки почвы, таких как внесение удобрений, возвращение соломы и изменение землепользования, что оказывает различное влияние на активные фракции органического углерода в почве. Таким образом, лабильный углерод обладает потенциалом в качестве индикатора функций почвы, в частности: круговорота питательных веществ (измеряемого, например, содержанием питательных веществ в почве и минерализацией углерода), образования почвенных агрегатов (измеряемого, например, водостойкими агрегатами), секвестрации углерода (обычно определяемой по изменениям общего содержания органического углерода) и обеспечения среды обитания для биоразнообразия (в настоящее время оцениваемого с помощью биологических индикаторов, таких как микробная биомасса и численность групп животных) [5].

Целью исследования являлось проведение сравнительной оценки чувствительности показателей состояния органического вещества (содержания гумуса, содержания перманганат-окисляемого органического вещества, содержания и запасов легкой фракции органического вещества с плотностью <1,6 г/см^3) к изменению характера использования темно-серой лесной почвы (под пашней и под залежью).

Объектами исследований являлись темно-серые лесные среднемощные глубоковскипающие тяжелосуглинистые почвы на тяжелом покровном суглинке Веневского района Тульской области. Почвы располагались на соседних полях, при этом одно из них постоянно использовалось под пашню, а другое находилось под залежью более 15 лет. На каждом поле был заложен почвенный разрез, отбор образцов почвы проводили на площадках размером 10х10 м из пахотного (на залежи - бывшего пахотного) и подпахотного горизонтов в четырехкратной повторности. В отобранных образцах провели определение содержания гумуса по методике Тюрина в модификации Симакова, содержания перманганат-окисляемого органического вещества [3], содержания легкой фракции органического вещества (легкоразлагаемого органического вещества) по методике Ганжары и Борисова [2], физические свойства почв определяли общепринятыми методами. Для статистической обработки результатов использовали программный комплекс STRAZ.

В таблице 1 представлены результаты определения показателей состояния органического вещества исследуемых почв. В почве бывшего пахотного горизонта залежи отмечена отчетливая тенденция к увеличению содержания гумуса по сравнению с пахотным аналогом, однако, эти различия оказались недостоверными. Для подпахотных горизонтов данная тенденция была выражена еще слабее. Также была заметна тенденция к увеличению содержания перманганат-окисляемого органического вещества в бывшем пахотном горизонте залежной почвы, по сравнению с пахотной почвой, в подпахотном горизонте залежи увеличение было менее заметно, однако, вследствие значительного разброса величин этого показателя в повторностях, различия между вариантами с разным характером использования были недостоверными.

Наиболее заметные и достоверные различия между бывшим пахотным горизонтом почвы под залежью по сравнению с соответствующим горизонтом пахотной почвы были отмечены для содержания и запасов легкой фракции органического вещества – в залежной почве эти показатели увеличились более чем вдвое.

Таблица 1

Показатели состояния органического вещества темно-серых лесных почв

Угодье	Горизонт, глубина, см	Содержание гумуса, %	Содержание перманганат-окисляемого углерода, мг/кг	Легкая фракция органического вещества <1,6 г/см^3	
				Содержание, %	Запасы т/га
Пашня	А пахотный 0-25	3,86	348	0,34	11,1
	A_1A_2 подпахотный 25-40	2,74	243	0,14	5,0
Залежь	А бывший пахотный 0-25	4,24	474	0,73	22,4
	A_1A_2 подпахотный 25-40	2,87	317	0,18	6,4
$НСР_{05}$		0,49	172	0,12	-

В целом, все исследованные показатели состояния органического вещества показали то или иное увеличение в почве бывшего пахотного горизонта залежной почвы по сравнению с пахотным аналогом. Это увеличение обусловлено, по-видимому, как повышением поступления растительных остатков после перехода почвы в залежное состояние, так и замедлением минерализации органического вещества вследствие отсутствия обработки. При этом, наиболее чувствительным к изменению характера использования почв оказался показатель содержания и запасов легкой фракции.

В таблице 2 представлены показатели, характеризующие физическое состояние исследуемых почв.

Для почвы под залежью отмечается значительное увеличение коэффициента структурности в бывшем пахотном горизонте по сравнению с аналогичным горизонтом пахотной почвы, что объясняется, очевидно, улучшением состояния органического вещества в почве залежи. В подпахотном горизонте наблюдалось менее выраженное увеличение коэффициента структурности в почве залежи.

В бывшем пахотном горизонте залежной почвы отмечено достоверное снижение плотности и плотности твердой фазы по сравнению с пахотным аналогом, что может быть обусловлено как улучшением структурного состояния, так и повышенным накоплением корневых растительных остатков в почве под залежью.

Таблица 2

Физические свойства темно-серых лесных почв

Угодье	Горизонт, глубина, см	Коэффициент структурности	Плотность, г/см^3	Плотность твердой фазы, г/см^3	Общая пористость, %
Пашня	А пахотный 0-25	1,23	1,31	2,49	47,4
	A_1A_2 подпахотный 25-40	1,59	1,44	2,59	44,4
Залежь	А пахотный 0-25	2,12	1,23	2,34	47,4
	A_1A_2 бывший подпахотный	1,71	1,42	2,50	43,2

	25-40				
$НСР_{05}$		-	0,07	0,14	-

Таким образом, проведенное сравнительное исследование показателей состояния органического вещества в залежной темно-серой лесной почве и в аналогичной почве, остававшейся в обработке, показало, что увеличение содержания гумуса и перманганат-окисляемого органического вещества в почве залежи проявилось в виде тенденции. При этом, увеличение содержания и запасов легкой фракции органического вещества с плотностью <1,6 г/см^3 в залежной почве было наиболее заметным и достоверным, то есть данный показатель оказался более чувствительным к изменению характера использования почв. Улучшение показателей состояния органического вещества в почве под залежью, обусловлено, по-видимому, увеличением поступления растительных остатков в почву, по сравнению с пахотной почвой и ослаблением минерализации органического вещества в отсутствие обработки.

В залежной почве наблюдалось улучшение структурного состояния, снижение плотности и плотности твердой фазы за счет повышенного поступления растительных остатков и более благоприятного состояния органического вещества.

Библиографический список

1. Борисов Б.А. Поглощение кислорода пахотными и залежными почвами разного генезиса / Б.А. Борисов, Н.Н. Игнатьев, Т.В. Таразанова // Бюллетень ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова.- 2001.- №115. с. 117-118.

2. Борисов Б.А. Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом / Б.А. Борисов, О.Е. Ефимов, О.В. Елисеева // Почвоведение. - 2022. - № 7. С. 909-917. DOI: 10.31857/S0032180X22070036.

3. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е. Индексная оценка степени выпаханности черноземов Предкавказской провинции / А.А.Прохоров, Б.А.Борисов, О.Е.Ефимов // Агрохимический вестник, 2023, №5, С. 50-55. DOI:10.24412/1029-2551-2023-5-009.

4. Bünemann E.R., Bongiorno G., Bai Z. et al. Soil quality – A critical review. Soil Biology and Biochemistry, Volume 120, 2018, Pages 105-125, https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030.

5. Bongiorno G., Bünemann E.K., Oguejiofor C.U. et al. Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. Ecological Indicators, Volume 99, 2019, Pages 38-50, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008.

6. Gao X., Thomas B.W., Beck R., et al. Long-term grazing alters soil trace gas fluxes from grasslands in the foothills of the Rocky Mountains, Canada. Land Degrad. Dev. (2017), 10.1002/ldr.2664.

7. Awale R., Emeson M.A., Machado S. Soil organic carbon pools as early indicators for soil organic matter stock changes under different tillage practices in Inland Pacific Northwest. Front. Ecol. Evol., 5 (2017) https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00096.

УДК 631.4

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СВЕРХДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

***Коржов Иван Владимирович**, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А, Тимирязева, ivan_korzhov@mail.ru*

***Козлов Андрей Владимирович**, д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории эволюционной биогеохимии и геоэкологии ВГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, kozlov.av@geokhi.ru*

***Аннотация:** в ходе научного исследования было изучено, как различные методы выращивания сельскохозяйственных культур влияют на процессы образования и распада сложных органических веществ в почве, которые связаны с углеродным циклом. Объектом исследования стали дерново-подзолистые почвы. Было проанализировано, что происходит с органической матрицей почвы при монокультуре и при чередовании разных растений в севообороте.*

***Ключевые слова:** монокультура, севооборот, ферментативная активность, сверхдлительное применение удобрений, дерново-подзолистая почва.*

Воздействие длительного применения удобрений, известкования и севооборота на микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы является одним из ключевых объектов современных агроэкологических исследований, в том числе в рамках изучения микробиологических характеристик почвы, пребывающих в условиях агроэкосистем. Почвенные микроорганизмы играют незаменимую роль в агробиогеоценозах, обеспечивая ее стабильность и плодородие. Почвенная микробиота – это динамичное и разнообразное сообщество, включающее истинные бактерии, грибы, актиномицеты, водоросли, простейшие и археи. Каждая группа выполняет специфические функции, а их взаимодействие поддерживает биологическое равновесие. Антропогенное воздействие, прежде всего, влияет на почву, как на биологическую систему. Именно поэтому важно анализировать состояние микробиоты почвы, которая может быть индикатором ее экологического состояния. Как наиболее адекватно отражающий изменений свойств почв этот показатель успешно применяется при мониторинге динамики почв в условия естественно-эволюционного развития и в результате антропогенных (агрогенных и техногенных) трансформаций [1, 2].

Исследование микробиологических показателей почвы является критически важным для понимания процессов, происходящих в почвенной среде, поскольку именно микроорганизмы играют ключевую роль в формировании плодородия и продуктивности почв. Микробиологические показатели позволяют оценить состояние и функционирование почвенной экосистемы, а также ее способность к самоочищению, ремиссии и к восстановлению [3].

Изучение микробиологических характеристик помогает определить активность биологических процессов в почве, таких как разложение органических веществ, минерализация питательных элементов и их трансформация в доступные для растений формы. Это особенно важно при оценке эффективности различных агротехнических мероприятий, включая внесение удобрений, известкование и применение других агрохимикатов [1, 4].

Анализ микробиологических показателей позволяет выявить изменения в составе и активности почвенной микробиоты под влиянием антропогенных факторов, таких как сельскохозяйственная деятельность, применение пестицидов, мелиорантов и других химических веществ. Это помогает прогнозировать последствия различных агротехнических приемов и разрабатывать экологически безопасные и агрономически обоснованные технологии обработки почвы.

Исследование микробиологических характеристик необходимо для оценки качества почвы как среды обитания для растений и других организмов. Показатели биологической активности отражают способность почвы к саморегуляции и поддержанию оптимального баланса питательных веществ, что напрямую влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [4].

Кроме того, изучение микробиологических параметров помогает выявить потенциальные риски загрязнения почвы патогенными микроорганизмами и разработать санитарные меры по их предотвращению. Это особенно актуально в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства и увеличения нагрузки на почвенные экосистемы.

Объектом исследования служит почвенный покров опытного поля Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. С опытных полей образцы почвы отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019, точечные пробы отбирали буром. Отобранные объединенные пробы помещали в пакеты вместе с этикеткой. Почва опытного участка: дерново-слабоподзолистая, старопахотная (более 200 лет под пашней), от природы кислая и заплывающая. Дерново-подзолистые почвы имеют кислую реакцию по всему профилю, высокую (20-70%) ненасыщенность основаниями.

В работе были проанализированы образцы с нескольких опытных полей:

- озимая рожь: монокультура и в севообороте;
- картофель: монокультура и в севообороте.

Проведя исследования следует, что при бессменном выращивании культур наблюдается значительное превышение оптимальных значений микробно-метаболических показателей почвы, что указывает на угнетение микробиоты почвы. В то же время севооборот демонстрировал более благоприятные показатели, что соответствует оптимальному функционированию микробного сообщества.

Важным следствием проводимых исследований является то, что севооборот оказывает положительное влияние на микробиологическую активность почвы, в то время как бессменное выращивание культур нарушает функционирование микробного сообщества. В свою очередь, внесение органических удобрений эффективно компенсирует негативное влияние монокультуры.

Кроме того, комплекс минеральных и органических удобрений повышает уровень микробиологической активности в почве. Исследование подчеркивает важность чередования культур в севообороте для поддержания здоровой микробиологической активности в почвах и необходимость комплексного подхода к применению удобрений и мелиорантов для оптимизации состояния почвенной экосистемы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Библиографический список

1. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Оценка протеазной активности чернозема выщелоченного при минимализации обработки // Материалы международной заочной научной конференции «Проблемы современной аграрной науки». – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2015. – С. 3-5.
2. Козлов А.В. Методы почвенной микробиологии и энзимологии в экосистемных исследованиях. – М.: Плодородие, 2023. – 152 с.
3. Магда Е.В., Мазиров М.А., Зинченко М.К. Активность каталазы и инвертазы при различной интенсивности механической обработки почвы // Владимирский земледелец. – 2022. – № 2. – С. 24-30.
4. Целуйко О.А., Медведева В.И. Зависимость плодородия почв и продуктивности севооборотов от длительного применения удобрений // Земледелие и растениеводство. – 2016. – Т. 30. – № 2. – С. 38-40.

УДК 579.2: 577.113: 633.2

ВЫДЕЛЕНИЕ ДНК ИЗ МИКРОБИОМА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ КОРМОВ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛОВ

Кривопуск Екатерина Юрьевна, *аспирантка института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, н.с. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», ekaterinakrivopusk@gmail.com*

Научный руководитель – Волобуева Ольга Гавриловна, *д.с.-х.н., доцент, профессор кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, ovolobueva@list.ru*

Аннотация. *Проведена сравнительная оценка трёх модифицированных протоколов выделения ДНК из кукурузного силоса — сырья, богатого полисахаридами и полифенолами, затрудняющими амплификацию. Установлено, что протокол №1 обеспечивает максимальный бактериальный лизис, но трудоёмок. Неоднородность исходного образца остаётся фактором риска искажения результатов вне зависимости от выбранного способа.*

Ключевые слова: *силос, экстракция ДНК, 16S рРНК, микробное сообщество.*

Выделение ДНК представляет собой базовую процедуру в рамках молекулярно-генетической диагностики. Итоговое качество и количество ДНК зависит от широкого спектра факторов: от специфики исследуемого биологического объекта до наличия примесей, обладающих ингибирующим действием в отношении полимеразной цепной реакции. При работе с разными видами ферментированных кормов, например кукурузным силосом, возникают трудности на стадии очистки ДНК. Данные кормовые субстраты отличаются высоким уровнем полисахаридов и полифенольных соединений, что существенно осложняет получение пригодного для амплификации генетического материала.

Объектом исследования являлся кукурузный силос без добавок. В качестве подтверждения/опровержения факта выделения микробной ДНК использовали семена сахарной кукурузы.

Выделение ДНК осуществляли тремя способами с внесенными модификациями [1-3]. Измерение концентрации и чистоты препаратов ДНК проводили на спектрофотометре UV-vis Nabi («MicroDigital Co., Ltd.», Корея).

Полученные ПЦР-продукты разделяли в 1.6%-ном агарозном геле при 90 V в течение 2 часов, а затем с помощью программного обеспечения Image Lab version 6.0.1 («Bio-Rad», США) определяли их размеры в сравнении с маркером молекулярного веса ДНК-маркер Step100 Long («Biolabmix», Россия).

Для анализа ДНК микробиоты силоса использовали SRAP-маркеры и праймеры, нацеленные на ген бактериальной 16S рРНК (табл. 5). Реакционная смесь для ПЦР в объёме 20 мкл содержала: 10x Taq Turbo buffer – 3 мкл, 50 dNTP mix – 0,5 мкл, Taq-ДНК полимеразы – 0,4 мкл, ДНК - 1мкл, 13 мкл деионизированной воды, а также по 1 мкл каждого праймера (все компоненты указаны на 1 реакцию).

Также образцы ДНК, полученные разными способами, были проанализированы методом ПЦР в реальном времени.

В ходе сравнительного анализа было установлено: протокол №1 обеспечивает наиболее эффективный лизис микробных клеток, что подтверждается максимальными показателями по числу выявляемых бактериальных геномов. Однако серьёзным недостатком данного подхода выступает его трудоемкость и длительность. Исходя из этого, для случаев, требующих быстрого ориентировочного анализа, целесообразно применять ускоренные методики №2 и №3. Важно подчеркнуть, что вне зависимости от выбранной схемы выделения сохраняется

вероятность искажения конечных результатов, обусловленная неоднородностью исходного материала.

Библиографический список

1. Microbiome dynamics during ensiling of corn with and without Lactobacillus plantarum inoculant / J. Keshri, Y. Chen, R. Pinto [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2018. – Vol. 102, № 9. – P. 4025-4037.2

2. Ильина, Л. А. Новый метод анализа микрофлоры силоса / Л. А. Ильина, Н. А. Тарасенко, А. Н. Головин // Методы микробиологического контроля кормов / под ред. Л. А. Ильиной. – Москва : Агропромиздат, 2013. – 318 с. – С. 296.

3. Кривопуск, Е. Ю. От корма к коду: оптимизация экстракции ДНК микробного сообщества силажа / Е. Ю. Кривопуск // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 462-463. – EDN AVHVQQ.

УДК 631.87

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН НУТА В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

Крылова Марина Федоровна, аспирант 3 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mari-masalova@yandex.ru

Аннотация: Статья содержит результаты полевых исследований за 2023 – 2025 гг., направленных на оценку влияния предпосевной обработки семян нута рострегулирующими препаратами на биохимические показатели культуры в условиях Центрального Нечерноземья.

Ключевые слова: нут, Аватар, Золотой юбилей, микробиологические препараты, защитно-стимулирующий комплекс.

Нут (*Cicer arietinum L.*) является ведущей зернобобовой культурой мирового земледелия, обладающая высокой засухоустойчивостью, биологической азотфиксацией и значительной питательной ценностью. Во всем мире нут является третьей по значимости зернобобовой культурой после полевого гороха и фасоли, занимая около 14 млн га [3].

Совместное применение инокулянтов и регуляторов роста способствует повышению урожайности нута, оптимизации азотного питания растения, повышению стрессоустойчивости, а потребность в минеральных удобрениях снижается. Исследование такого взаимодействия открывает перспективы для повышения эффективности агротехнологий и устойчивости зернобобовых культур, что имеет ключевое значение для обеспечения продовольственной безопасности и развития устойчивого сельского хозяйства в долгосрочной перспективе [1,4].

Таким образом, грамотный подбор инокулирующих препаратов и регуляторов роста для повышения продуктивности нута в условиях Центрального Нечерноземья является актуальной задачей в настоящее время.

Цель исследования - изучить влияние предпосевной обработки семян нута различными рострегулирующими препаратами и их комбинациями на биохимические показатели в условиях Центрального Нечерноземья.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями пахотного (0–22 см) слоя: низкое содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 2,7%, очень высокое и повышенное содержание подвижного

фосфора и калия (ГОСТ 26207-91) – 301 мг/кг и 127 мг/кг почвы соответственно, слабокислая реакция pHKCl (ГОСТ 26483-85) – 5,3, гидролитическая кислотность (ГОСТ 6212-91) составила 2,5 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 11,9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 83%.

Погодные условия за годы исследований характеризовались как избыточно увлажненные. Гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова в сезоне 2023 г. – 1,5; 2024 г. – 1,5; 2025 г. – 2,1. Распределение осадков в наблюдаемые периоды отмечалось неравномерное относительно среднемноголетних значений. Сумма активных температура в 2023 г. – 2020 ^{o}C; в 2024 г. - 2211 ^{o}C; в 2025 г. – 2069 ^{o}C.

В опыте использовались сорта нута – Аватар и Золотой юбилей. Сорт Аватар селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур, включен в Госреестр по Центрально-Черноземному региону. Растение средней высоты (45-65 см), содержание белка до 22%, средняя урожайность составляет 28,2 ц/га. Сорт нута Золотой юбилей (ФАНЦ Юго-Востока) включен в Госреестр для всех зон возделывания культуры, получен путем индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания сорта Юбилейный х к-2405. Куст прямостоячий, средней высоты (32-60 см), содержание белка – 27,7%. Средняя урожайность 16 ц/га [2].

В качестве инокулянта был использован Ризоторфин на основе бактерий рода *Mesorhizobium ciceri* (штамм 522, штамм 527, штамм 2113). Штаммы были предоставлены ВНИИСХМ (Санкт-Петербург).

Для стимуляции ростовых процессов применялся защитно-стимулирующий комплекс (ЗСК), который представляет дрожжевой экстракт, полученный путем микробиологической ферментации. Препарат разработан на кафедре химии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. В его состав входят биологически активные вещества: фитогормоны, витамины группы В, С, Е, аминокислоты, комплекс минеральных веществ, а также производные гумулона.

Посев семян нута проводился ручным способом. Способ посева широкорядный – 33 см, глубина заделки семян составляла 4–5 см. Норма высева семян – 400 тыс шт./га. Размер опытных делянок составлял 1 м2. Повторность эксперимента трехкратная. Расположение делянок – последовательное. Предшественник в 2023 – яровой рапс, 2024 – лен масличный, 2025 – яровая пшеница. Защитные мероприятия против сорной растительности осуществлялись путем ручной прополки. Десикация и фунгицидные обработки нута не проводились.

Закладка мелкоделяночного опыта проводилась согласно общепринятым методики. Учет урожайности и ее элементов проводилась в соответствии методическим рекомендациям ВНИИМК им. В. С. Пустовойта. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010 [5].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований за три года показали, что содержание протеина в семенах нута, возделываемого в Нечерноземной зоне, варьировалось в диапазоне 20,0 – 22,0 %, что является характерным значением для культуры. Минимальные показатели протеина установлены на растениях контрольной группы – 19,3-20,3%. Проведение инокуляции на всех изучаемых вариантах и сортах способствовало увеличению содержания протеина в семенах. На сорте Аватар – 1,0-2,5%, а на сорте Золотой Юбилей – 1,3-2,0%. Обработка семян ЗСК не оказала статистически значимого влияния на уровень протеина. Синергетический эффект от совместного применения ризоторфина и ЗСК относительно вариантов с использованием ризоторфина в чистом виде не выявлен. Помимо протеина, в зерне нута произошло увеличение содержания жира. Обработка семян нута рострегуляторами увеличила данный показатель на 0,1 – 0,6 % относительно контрольного варианта. Показатели зольности и содержания клетчатки в зерне оставались стабильными и существенно не изменялись по всем вариантам опыта.

Таблица 1

Биохимические показатели нута в зависимости от способа обработки семян (2023-2025 г.), % (на а.сух.в.)

Сорт	Вариант	Зола	Протеин	Жир	Клетчатка

Аватар	Контроль	3,0	19,4	4,8	2,0
	Штамм 522	3,1	20,8	5,3	2,0
	Штамм 527	3,0	21,2	5,3	2,0
	Штамм 2113	3,0	20,4	5,1	2,1
	ЗСК	3,0	19,9	5,0	2,1
	ЗСК + 522	3,1	21,4	5,1	1,9
	ЗСК + 527	3,2	21,9	5,2	2,0
	ЗСК + 2113	3,1	20,6	5,0	2,0
Золотой Юбилей	Контроль	3,1	20,3	5,0	2,1
	Штамм 522	3,0	22,1	5,4	2,0
	Штамм 527	3,1	21,7	5,6	2,1
	Штамм 2113	3,1	21,6	5,5	2,2
	ЗСК	3,0	21,1	5,1	2,1
	ЗСК + 522	3,1	21,8	5,5	2,1
	ЗСК + 527	3,0	22,3	5,5	2,0
	ЗСК + 2113	3,0	22,0	5,4	2,2

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что обработка семян нута микробиологическими препаратами в сочетании с защитно – стимулирующим комплексом достоверно повышает биохимические показатели растений.

Использование ЗСК в чистом виде при обработке семян нута является малоэффективным методом для оптимизации продукционного процесса культуры.

Библиографический список

1. Влияние инокулянтов и защитно-стимулирующего комплекса при обработке семян на особенности онтогенеза нута в условиях Центрального Нечерноземья / М. Ф. Крылова, О. Г. Волобуева, М. В. Донская, Ю. В. Лактионов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2025. – № 4(56). – С. 45-51.

2. Донская М.В., Суворова Г.Н., Донской М.М. Новый сорт нута Аватар // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». – 2019. – № 3 (31). – С. 87–92.

3. Некрасова Т.П., Пичугина В.А., Хачатурьянц М.А., Роговец И.Ю. Валовые сборы и урожайность нута в мире и РФ // Агроген Воронежского государственного аграрного университета. 2025. Т. 3, № 3(11). С. 21–31.

4. Крылова М.Ф., Волобуева О.Г., Белопухов С.Л., Крылов В.А. Эффективность сочетаний различных видов удобрений в технологии возделывания нута // Агрохимический вестник. – 2024. – №4. – С. 85-90.

5. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами. — Краснодар: Просвещение-Юг, 2022. — 538 с.

УДК 504.72 : 551.3.053 : 550.72 : 631.484

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ЕГО РОЛЬ В ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

***Дятлов Илья Сергеевич**, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ylia-d@yandex.ru*

***Козлов Андрей Владимирович**, д.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник Лаборатории эволюционной биогеохимии и геоэкологии ВГБУН Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, kozlov.av@geokhi.ru*

Аннотация: *в работе приводится краткий обзор имеющихся сведений об участии микроорганизмов в выветривании карбонатных осадочных пород, а также о роли геологического и почвенного микробного пула в элементарных почвообразовательных процессах (ЭПП). Рассмотрен вопрос разных классификаций степеней выветривания, применяемых в разных стандартах и сообществах. В настоящее время прямые ЭПП, определенные исключительно микробиологическим фактором, не описаны, что определяет непосредственную научную новизну данного вопроса.*

Ключевые слова: элементарные почвообразовательные процессы, геохимическое и микробиологическое выветривание, карбонатные породы.

В современной литературе далеко не полно изучен вопрос влияния микробиологического фактора в выветривании таких карбонатных осадочных пород как известняки, доломиты, мергели, сидериты, магнезиты и другие [1, 2, 5]. Кроме того, изучение влияния микробиома на формирование карбонатных почв и их участие в элементарных почвообразовательных процессах также является слабо изученной стороной в науке и в большинстве своем изучено в ключе сукцессии на посттехногенных объектах и уже полностью сформированного почвенного покрова [3, 4].

К отдельной ветке научного изучения взаимосвязей «карбонатные породы – микроорганизмы» можно отнести исследования их биохимического воздействия на памятники архитектуры и другие рукотворные объекты, созданные из различных карбонатных и иных пород.

Выветривание дневных обнажений различных пород как биогеохимический процесс очень сложен и многокомпонентен, на него оказывает воздействие множество абиотических и биотических факторов со своими внутренними более тонкими сочетаниями компонентов, в т.ч. микроорганизмы и их различные метаболиты. В рамках изучения процесса выветривания необходимо уделять внимание каждому из них для релевантности данных и более точной оценки выявляемых закономерностей.

К основополагающим факторам выветривания можно отнести:

- **климатический фактор:** осадки, температура, промерзание, снежный покров и т.д.;
- **геолого-географический фактор:** минералогический и химический состав породы, а также ее структурные характеристики в толще, характеристика залегания породы – обнажение (высота, протяженность, экспозиция, строение и т.д.), покрытое залегание;
- **биологический фактор:** участие микроорганизмов, в т.ч. архей и истинных бактерий, грибов, а также водорослей, лишайников, мхов [3, 4].

В процессе выветривания твердых пород выделяют до 6 степеней выветривания. Так в международном сообществе механики горных пород (ISRM) выделяют:

- **свежеобнаженная порода (невыветрелая):** порода без видимых изменений;
- **слегка выветрелая порода:** цвет поверхности породы изменен по сравнению с свежеобнаженной;
- **умеренно выветрелая порода:** менее половины скального массива породы распалось в виде грунта и/или разлагается;
- **сильно выветрелая порода:** более половины массива породы разложилось или превратилось в грунт;
- **полностью выветрелая порода:** весь материал горной породы разрушен до состояния грунта, но первоначальная структура массива в значительной части не повреждена;
- **состояние остаточного грунта:** весь материал скалы распался до грунта; горный массив полностью разрушен.

В Российской системе стандартизации выветрелости пород по ГОСТ Р ИСО 14689-1-2017 выделяют 3 степени выветривания твердых скальных грунтов:

- Невыветрелый

- Слабовыветрелый
- Выветрелый

В то же время по ГОСТ 25100-2020 выделяют несколько иные 3 степени выветривания твердых скальных грунтов:

- Слабовыветрелый
- Средневыветрелый
- Сильновыветрелый

Из приведенных выше систем выделения степеней выветривания породы наиболее широко раскрывает этапы ее биогеохимической трансформации система ISRM, созданная для полевой идентификации степеней выветривания твердых горных пород.

Поверхность обнажений осадочных карбонатных пород на начальных этапах выветривания является экстремальной средой обитания [1, 2, 3, 9]. К условиям, лимитирующими рост и развитие микроорганизмов, водорослей и лишайников на поверхности относится увлажнение, амплитуда колебания температуры, положение в пространстве на дневном обнажении, доступность питательных веществ и другие факторы.

При различных степенях выветривания грунтового материала обнаруживаются все основные группы микроорганизмов (аммонифицирующие бактерии, нитрификаторы и олигонитрофилы, амилолитики и целлюлозолитические формы, силикатные и фосфатредуцирующие, а также карботрофы, олигокарбофилы и истинные автохтонные представители). Все они так или иначе принимают участие в формировании почвенного вещества и в итоге почвенного профиля [1, 2, 8]. Так, известно, что численность отдельных групп микроорганизмов в корах выветривания в зависимости от степени биогеохимической трансформации может колебаться от 64×10^1 до 5×10^7 КОЕ/г [2].

На деятельности микроорганизмов в выветривании горных пород лежат такие ключевые способности, как создание новых и преобразование имеющихся органических веществ, фиксация азота воздуха, изменение pH среды и растворение минералов путем выделения экзогенных соединений (органических кислот, альдегидов и эфиров, меланинов, спиртов), которые подтверждают множество авторов [1-3, 5, 9].

В классической научной литературе микробиологический фактор не выделяется в отдельный элементарный почвообразовательный процесс (ЭПП), при этом он имеется в виду в совокупности с другими факторами почвообразования в составе самых различных ЭПП [10].

Микроорганизмы выполняют множество различных функций в почвах, начиная от синтеза новых соединений до трансформации уже существующих и привносимых извне веществ и компонентов. Одна из важных трансформационных функций микробиома почвы – способность к биоремедиации, под которой подразумевается биохимическая активность почвенных микроорганизмов в преобразовании органических и неорганических загрязнений (нефтепродукты, пестициды, тяжелые металлы) в более безопасные соединения [3, 4, 8].

Так, согласно общепринятой классификации элементарных почвообразовательных процессов [6, 7, 10] фактор микробиологического участия в ЭПП фигурирует в следующих из них:

Биогенно-аккумулятивные процессы:

- **Подстилкообразование:** микроорганизмы играют основную роль в процессах формирования детрита и иных промежуточных компонентов при подстилкообразовании, напрямую воздействуют на растительный опад (листовой – лесная подстилка и моховой очес, травянистый – степной войлок). К основной эколого-трофической группе микроорганизмов, участвующих в данном почвообразовательном процессе, относится зимогенная микробиота.
- **Дерновый процесс:** в данном процессе микроорганизмы участвуют в разносторонних процессах, начиная от прямого разложения растительных остатков, формирования сложных и предгумусовых компонентов до различных микробно-растительных взаимодействий. К данным процессам относят почвенное «дыхание», т.е. продуцирование углекислого и иных газов, аммонификацию, азотфиксацию, нитрификацию и

денитрификацию. Основная группа микроорганизмов участвующих в данном процессе также зимогенная микробиота.

- **Гумусообразование (гумификация органического вещества):** в процессах гумусообразования участвует множественная олиготрофная микробиота, в т.ч. олигокарбофилы и олигонитрофилы, а также, собственно, карботрофы рассеяния и автохтонные представители [8]. В почвах данные группы микроорганизмов выполняют процессы глубокого преобразования детрита, хитина, различных смол, пектина, а также сложных полимеров.
- **Гумусонакопление:** процесс, в котором больше всего задействована автохтонная микробиота, которая способна не только образовывать, но и трансформировать гуминовые и фульвокислоты, гумины и негидролизуемые остатки органических веществ [8].

Иллювиально-аккумулятивные процессы:

- **Карбонатно-иллювиальный:** микроорганизмы за счет выделения Различных экзо соединений способны растворять карбонаты и фосфаты кальция и магния до растворимых соединений, которые в последствии мигрируют в нижележащие горизонты почв.
- **Железисто-иллювиальный:** как и в карбонатно-иллювиальном процессе микроорганизмы способствуют растворению соединений железа в верхних горизонтах почв с помощью экзогенных органический веществ. Растворенные формы железа в последствии вымываются из верхних горизонтов и накапливаются в нижних горизонтах.

Как показал анализ, существующий литературы по вопросу выветривания и микробиологического фактора в ЭПП было установлено следующее:

- элементарные почвообразовательные процессы прямого микробиологического фактора выветривания и почвообразования не выделены, однако в существующих ЭПП имеются несколько биотических (микроорганизмы, насекомые, черви, растения) и абиотических (вода, температура, pH и др.) компонентов;
- прямое и сопутствующее участие микроорганизмов в выветривании осадочных карбонатных пород дневных выходов относится к слабо изучаемым вопросам как в условиях естественных экосистем, так и при их техногенном преобразовании.

Таким образом, в настоящее время имеется определенная значимость исследований о биогеохимическом факторе участия микроорганизмов в выветривании карбонатных пород и формировании различных почв и почвогрунтов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Библиографический список

1. Дятлов И.С., Козлов А.В. Микробные ассоциации коры выветривания на скальных выходах известняка // Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 160-летию Тимирязевской академии: Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025. – С. 442-445.

2. Козлов А.В., Дятлов И.С., Канаева Е.А., Кустова В.М., Кавкаева А. Вариабельность количества сапротрофных микроорганизмов из карбонатных обнажениях долины реки Рожайка (Домодедовский ГО Московской области) в зависимости от степени разрушения // Материалы Международной научно-практической конференции «Устойчивое управление почвенными ресурсами в условиях изменения климата», посвященной 80-летию Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова. – Алматы: 2025. – С. 207-212

3. Дмитракова Я.А. и др. Динамика растительного сообщества и микробиома хроносерий посттехногенных почв в известняковом карьере в условиях рекультивации // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53. – № 3. – С. 557-569.

4. Копцева Е.М., Абакумов Е.В. Первичные сукцессии растительности и почв на карьерах в подзоне северной тайги (на территории Ухтинского и Сосногорского районов

Республики Коми) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. – 2013. – № 1. – С. 28-44.

5. Харькина М.А., Трофимов В.Т., Андреева Т.В. Эколого-геологические системы массивов известняков Горного Крыма // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2025. – Т. 64. – № 4. – С. 94-102.

6. Щеглов Д.И., Брехова Л.И. Процессы почвообразования. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 58 с.

7. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразия природной эволюции и антропогенной трансформации почв / Отв. ред. В.Н. Кудеяров, И.В. Иванов, – М.: ГЕОС, 2015. – 925 с.

8. Козлов А.В. Методы почвенной микробиологии и энзимологии в экосистемных исследованиях. – М.: Плодородие, 2023. – 152 с.

9. Chen J., Li F., Zhao X., Wang Y., Zhang L., Yan L., Yu L. Change in composition and potential functional genes of microbial communities on carbonatite rinds with different weathering times // Frontiers in Microbiology. – 2022. – Vol. 1. – № 13. – P. 1024672.

10. Караваева Н.А. и др. Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.: Наука, 1992. – 184 с.

УДК: 635.63:631.811.93:631.816.36:631.559

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРА НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ОГУРЦА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Добрин Петр Владиславович, *аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, dobrinpeterrp@yandex.ru*

Научный руководитель – ***Лапушкин Всеволод Михайлович,*** *доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, lapushkin@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Представлены результаты изучения эффективности различных кремнийсодержащих препаратов при выращивании огурца сорта Мева F1 в условиях защищенного грунта. Показано, что, в зависимости от формы применяемого удобрения, урожайность возрастает на 10,5 – 14,8%, а содержание нитратов снижается на 42 – 77 мг/кг.*

Ключевые слова: *кремний, огурец, малообъемная гидропоника, кремнийсодержащие удобрения, биостимуляторы, Bona Forte, Силиплант, Нанокремний, Apasil, аморфный оксид кремния, урожайность, качество.*

Несмотря на то, что кремний не считается незаменимым элементом питания растений, он, тем не менее, способен выполнять важные функции, что в конечном счете может способствовать повышению продуктивности с.-х. культур [1,2]. Наиболее часто роль кремния характеризуют как защитную, что особенно проявляется в условиях неблагоприятных для произрастания растений. Известно его положительное влияние на развитие растений в условиях стресса, вызванного дефицитом влаги, повышенным содержанием в почве тяжелых металлов, нарушением температурного режима и др. [1-5]. Установлено, что применение кремний содержащих препаратов способно существенно повысить урожай плодов огурца при выращивании в условиях малообъемной гидропоники [6].

Исследования проводили при выращивании двух оборотов огурца по малообъемной технологии в 2025-26 гг., в условиях IV световой зоны. Растения выращивали на матах из минеральной ваты. Густота стояния растений – 3 шт./м^2. В течение вегетации проводили некорневые подкормки следующими препаратами: Нанокремний, Bona Forte, Силиплант и Apasil. Полив питательным раствором проводили единым фоном на всех опытных делянках.

Проведение опыта, сопутствующих наблюдений и химические анализы осуществляли согласно общепринятым методикам, статистическую обработку результатов методом дисперсионного анализа [7].

Исследования показали, что все изучаемые препараты обеспечивали достоверное увеличение урожайности огурца. В сумме за два оборота, урожай вырос со 154 кг/м^2 в контрольном варианте до 170-176 кг/м^2 в вариантах с некорневыми подкормками (рис. 1).

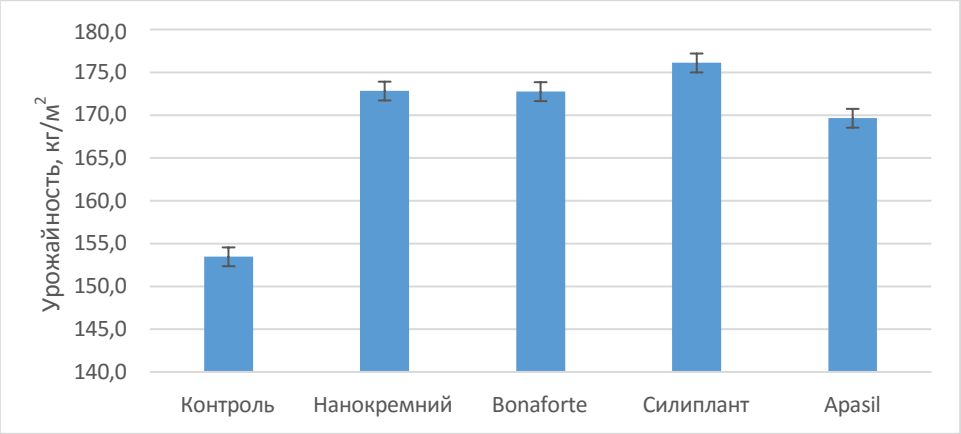


Рис. 1 Урожайность огурца, в сумме за два оборота

Установлено, что наиболее сильное влияние на формирование урожая плодов огурца оказал Силиплант, при его применении урожайность была достоверно выше по сравнению с другими препаратами и составляла 176 кг/м^2. Микроудобрение Нанокремний и биостимулятор Bona Forte в одинаковой мере увеличивали урожай до 173 кг/м^2, а аморфный оксид кремния Apasil уступал другим удобрениям обеспечив получение урожая на уровне 170 кг/м^2.

Химический анализ плодов огурца выявил достоверное снижение накопления нитратов с 206 мг/кг в контрольном варианте до 129-164 мг/кг при опрыскивании кремнийсодержащими удобрениями. Снижение содержания нитратов происходило пропорционально приросту урожайности и наиболее сильно проявлялось при под действием Силипланта (-77 мг/кг), несколько в меньшей степени при применении Нанокремния и биостимулятора Bona Forte (-63-67 мг/кг) и еще слабее в варианте с Apasil (-42 мг/кг).

Таким образом, применение кремнийсодержащих препаратов Нанокремний, Bona Forte, Силиплант и Apasil для некорневой подкормки огурца можно считать эффективным способом повышения урожая и его качества в условиях защищенного грунта.

Библиографический список

1. Самсонова Н.Е. Кремний в растительных и животных организмах // Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 86-96. – DOI 10.1134/S0002188119010071.

2. Effect of seed treatment by selenium and silicon on the absorption of heavy metals by barley plants under soil drought / Y.I. Enakiev, A.A. Lapushkina, V.M. Lapushkin [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2021, Vol. 27, No. 2. – P. 328-332.

3. Влияние селена и кремния на азотное питание растений ячменя и их устойчивость к засухе и алюминию (опыты с изотопом ^{15}N) / И.В. Верниченко, Л.В. Осипова, Т.Л. Курносова [и др.] // Агрохимический вестник, 2021, № 6. – С. 38-44. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-6-008.

4. Влияние кремния на онтогенетическую адаптацию ярового ячменя при действии оксидативного стресса / Л.В. Осипова, И.В. Верниченко, Л.В. Ромодина [и др.] // Плодородие, 2020, №1(112). – С. 18-21. – DOI 10.25680/S19948603.2020.112.06.

5. Влияние селена и кремния на устойчивость растений ячменя к засухе и наличие в почве алюминия при внесении меченого $^{15}NO_3^-$ / И.В. Верниченко, Л. В. Осипова, Т. Л. Курносова [и др.] // Плодородие, 2018, № 5(104). – С. 12-15.

6. Лапушкин В.М., Добрин П.В. Влияние кремнийсодержащих удобрений на урожай томата и огурца при малообъемной технологии выращивания // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2023, № 1. – С. 5-19. – DOI 10.26897/0021-342X-2023-1-5-19.
7. Агрохимия. Практикум: учебное пособие для вузов / В.М. Лапушкин, С.П. Торшин, А.А. Лапушкина [и др.]. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 500 с.

УДК 631.412

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ЭКСТРАКЦИИ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ В ПОЧВАХ ЧЕРНОЗЕМНОГО ТИПА

Прохоров Артем Анатольевич, *ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, e-mail: artem.prokhorov.2016@inbox.ru*

Аннотация: *Проведена оценка катионного состава почвенного поглощающего комплекса пахотных горизонтов почв Среднерусской лесостепной провинции. Показано, что применение 1 н. KCl увеличивает выход экстрагируемых катионов по сравнению с вытяжкой 0,2 н. NH_4Cl, что может искажать действительную оценку содержания обменных форм катионов.*

Ключевые слова: *почвенный поглощающий комплекс, обменные катионы, почвообразующие породы.*

Состав почвенного поглощающего комплекса и уровень обеспеченности почв органическом веществом относятся к числу важнейших показателей, определяющих агрохимические и физико-химические свойства почв. [1,4] Для Среднерусской лесостепной провинции проблема неоднородности состава катионов особенно актуальна вследствие сложного геологического строения территории, где в пределах одного агроландшафта почвы могут формироваться на меловых, палеогеновых и четвертичных отложениях различного происхождения. Различия в генезисе, минералогическом и гранулометрическом составе пород могут существенно влиять на содержание и соотношение обменных катионов в пахотных горизонтах почв [1-3].

Цель исследования - оценить особенности катионного состава почвенного поглощающего комплекса почв, сформированных на разных почвообразующих породах, а также сопоставить результаты, полученные при использовании двух методов экстракции обменных катионов.

Объектом исследования служили пахотные горизонты почв Каменского района Воронежской области. В выборку вошло 35 средних проб, отобранных из горизонта 0-30 см. Были рассмотрены почвы, формирующиеся на меловых отложениях, палеогеновых глинах, покровных, элювиальных и эоловых четвертичных породах. Состав обменных катионов определяли методом Пфеффера в модификации В.А. Молодцова и И.В. Игнатовой в спиртовом растворе 0,2 н. NH_4Cl, а также по вытяжке 1 н. KCl с последующим определением Ca^{2+}, Mg^{2+} и Na^{+} инструментальными методами.

Установлено, что наиболее контрастные свойства характерны для почв, сформированных на палеогеновых глинах. Для них типичны повышенные значения обменного кальция, магния и натрия, а также более высокая гидролитическая кислотность. Именно эта группа почв отчетливо выделяется на в пространстве главных компонент, что указывает на высокую внутригрупповую неоднородность и выраженное влияние литогенного фактора. Повышенные значения Na^{+} и H^{+} в обменном комплексе, вероятно, связаны с наследованием свойств засоленных палеогеновых глин и процессами осолодения в профиле.

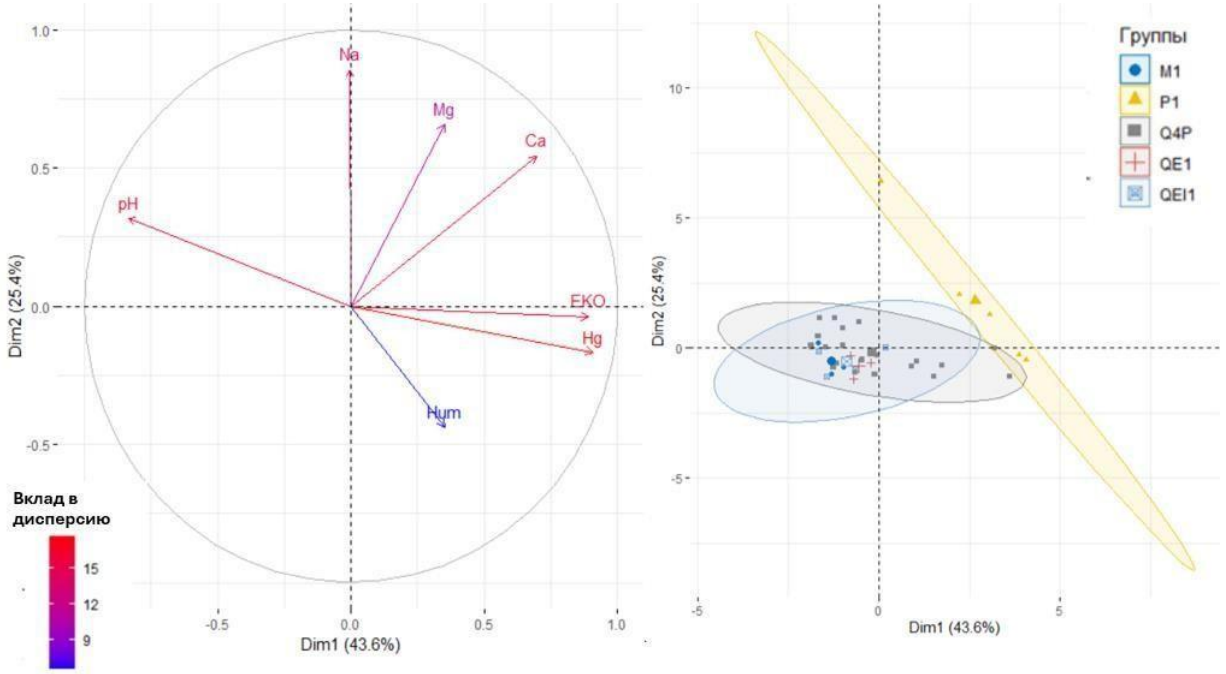


Рис.1 Распределенные данных в векторах главных компонент:

M1 – Меловые отложения, P1 – палеогеновые глины, Q4P – покровные четвертичные отложения, QEl1 – элювиальные четвертичные отложения, QE1 – эоловые четвертичные отложения

Статистический анализ показал, что при уровне значимости α=0,05 содержание обменного кальция является наиболее чувствительным показателем при сравнении почв, сформированных на разных породах. Достоверные различия по Ca^{2+} установлены для всех пар относительно палеогеновых отложений, где его содержание в среднем выше на 10-15 мг-экв/100 г. По магнию достоверные различия выявлены лишь для отдельных пар, тогда как по среднему содержанию H^+ и Na^+ устойчивые межгрупповые различия не подтверждены.

Сопоставление методов экстракции показало, что использование 1 н. KCl приводит к извлечению большего количества катионов по сравнению со спиртовым раствором 0,2 н. NH_4Cl. Выход Ca^{2+} увеличивался на 10-40%, Mg^{2+} - на 20-60%, Na^+ - на 30-50%. Это позволяет предполагать, что концентрированный раствор KCl мобилизует не только обменные, но и частично лабильные или необменные формы катионов, связанные с карбонатами, вторичными минералами и органическим веществом. В результате различия между группами почв по отдельным показателям сглаживаются, особенно по Mg^{2+}.

Таким образом, литогенная неоднородность почвообразующих пород оказывает существенное влияние на состав почвенного поглощающего комплекса почв Среднерусской лесостепной провинции. Наиболее контрастные физико-химические свойства характерны для почв, формирующихся на палеогеновых глинах. Для более корректной оценки именно обменных форм катионов целесообразно использовать более мягкие экстрагенты, поскольку применение 1 н. KCl может завышать содержание экстрагируемых Ca^{2+}, Mg^{2+} и Na^+ и, следовательно, искажать интерпретацию свойств почв.

Библиографический список

1. Грищенко М.Н. Плейстоцен и голоцен бассейна Верхнего Дона. М.: Наука, 1976. 227 с.

2. Михно В.Б., Быковская О.П. Ледовый литоландшафтогенез Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География и геоэкология. 2002. № 1. С. 35–44.

3. Прохоров А.А., Ефимов О.Е., Борисов Б.А., Горячев П.С. Оценка гумусированности серых и светло-серых лесных почв разных агроэкологических групп в агроландшафтах Калужской области // Плодородие. 2024. № 6. С. 9–13.
4. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е. Перманганат-окисляемый углерод как маркер качества почв агроландшафтов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2024. № 121. С. 47–69. DOI: 10.19047/0136-1694-2024-121-47-69.

УДК 631.872

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Сокорова Наталья Вячеславовна, *доцент кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, sokorova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Представлены результаты исследований по разработке новых защитно-стимулирующих комплексов, содержащих биологически активные вещества из природного сырья. Химический состав и соотношение между компонентами рассматриваются на основе термодинамического подхода и кинетики извлечения биологически-активных веществ.*

Ключевые слова**:** *агробиотехнологии, термодинамика, минеральные удобрения, органические удобрения, комплексные удобрения, агрохимия, защитно-стимулирующие комплексы.*

Одним из перспективных направлений развития современных агробиотехнологий является использование в системе питания растений высокоэффективных защитно-стимулирующих комплексов [1, 2]. Это позволяет управлять продукционным процессом различных сельскохозяйственных культур с получением планируемой урожайности и качества продукции.

Одним из наиболее эффективных компонентов в составе защитно-стимулирующих комплексов является комплекс гуминовых (ГК) и фульвовых кислот (ФК). Основными источниками для получения комплекса этих кислот – извлечение из углей и торфа. В последние годы объём производства ГК и ФК составляет около 74 тыс. тонн в год в России (по данным DISCOVERY Research Group), что составляет менее 1 л на гектар.

Такой невысокий объём производства связан с термодинамическими трудностями извлечения биологически активных компонентов из природного сырья. Как правило, это высокие температуры и давление, длительность процесса экстракции, диффузионные барьеры на границе твердое вещество – жидкость [3, 4].

На кафедре химии Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева в последние годы активно развиваются природоподобные технологии по извлечению физиологически активных веществ из природного растительного сырья и других источников [5]. Исследования основаны на принципах «зеленой» химии и направлены на извлечение биологически активных веществ (БАВ) при пониженных температурах, при атмосферном давлении, при использовании «мягких» реагентов. Кроме того, нами разработаны технологии ускоренной гумификации целлюлозосодержащих отходов растениеводства в виде пенькокостры, льносоломы, соломы зерновых культур, подсолнечной лузги и т.п.

В химических технологиях надо учитывать важность регулирования оптимального соотношения между экстрагентами и сырьем разного химического состава для повышения выхода ГК и ФК. Это необходимо контролировать при использовании защитно-стимулирующих комплексов, содержащих ГК и ФК в баковых смесях, используемых для некорневой обработки сельскохозяйственных культур в разные фазы вегетации [6]. Состав и

соотношение между компонентами защитно-стимулирующего комплекса необходимо учитывать при использовании ЗСК при выращивании овощных культур в закрытом и открытом грунте, особенно на синтетических сорбентах, потому что возможна высокая энергия координационной связи между компонентами ЗСК и активными функциональными группами синтетического сорбента.

Перспективным направлением создания новых композиций на основе гуминово-фульватного комплекса с учетом его термодинамических характеристик является разработка органо-минеральных удобрений пролонгированного действия, особенно для применения в органическом сельском хозяйстве [7].

Ещё одним направлением использования ЗСК на основе ГК и ФК является применение их в льноводстве и коноплеводстве, поскольку у льноводов и коноплеводов появляется возможность увеличить урожайность волокна более 1,2 тонны с одного гектара и получить оптимальное содержание жирных кислот, включая омега-3, омега-6 и омега-9 в семенах.

Библиографический список

1. Серегина, И. И. Агробиотехнологии XXI века / И. И. Серегина, Н. Н. Новиков, С. П. Торшин и др. – Москва : ООО «МЕГАПОЛИС», 2022. – 516 с.

2. Белопухов, С. Л. Действие защитно-стимулирующих комплексов с эпином на урожай и качество волокна льна-долгунца / С. Л. Белопухов, Е. В. Фокин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2004. № 1. - С. 32-39.

3. Меликова Р.Э. In vitro исследование динамики элюции антибактериальных препаратов, импрегнированных в матрицы на основе полимерного гидрогеля / Р.Э. Меликова, А.В. Цискарашвили, А.А. Артюхов, Н.В Сокорова. // Гений ортопедии. - 2023. - Т. 29. № 1. - С. 64-70.

4. Старостина, И. А. Применение тестовых полимерных поверхностей для определения параметров свободной поверхностной энергии / И. А. Старостина, О. В. Стоянов, Н. В. Махрова, Р. Я. Дебердеев // Доклады Академии наук. - 2011. Т. 440. № 1. - С. 64-66.

5. Belopukhov, S.L. Ffect of humic-fulvic complex on flax fiber and seed yield characteristics / S. L. Belopukhov, E. A. Grishina, I. I. Dmitrevskaya, V. M. Lukomets, I. V. Uschapovsky // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. - 2015. № 4. - С. 71-81.

6. Belopukhov, S. Effects of Humic Substances Obtained from Shives on Flax Yield Characteristics / S. Belopukhov, I. Dmitrevskaya, E. Grishina, S. Zaitsev, I. Uschapovsky // Journal of Natural Fibers. - 2017, 14(1). - pp. 126–133.

7. Starostina, I. A. The correspondence of detachment characteristics and acid-base interaction measures / I.A. Starostina, N. V. Sokorova, O. V. Stoyanov, Y. N. Khakimullin // Polymer Science, Series D. - 2013. Т. 6. № 2. - С. 154-156.

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ»

УДК 338.43.634.5

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ОРЕХОВОДСТВА

***Ашур Махмуд**, аспирант кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Mahmoudashoursy@gmail.com*

***Научный руководитель - Чутчева Юлия Васильевна**, д.э.н., профессор кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yuv.chutcheva@yandex.ru*

***Аннотация:** В статье проводится комплексный анализ экономических основ развития ореховодства как высокодоходного сектора АПК. Рассматриваются биологические и технико-экономические особенности отрасли, включая переход к интенсивным и суперинтенсивным системам возделывания. Обоснована концепция трактовки орехоплодных насаждений как долгосрочных капитальных активов с учётом их биологической амортизации и коэффициента дисконтирования. Особое внимание уделено специфике российского рынка в контексте политики импортозамещения и продовольственной безопасности. В ходе исследования проанализирована производственная функция отрасли, эффекты масштаба и разнообразия, а также значимость вертикальной интеграции для формирования цепочек добавленной стоимости. Работа завершается практическими рекомендациями по повышению конкурентоспособности и рентабельности производства в условиях современных климатических и экономических рисков.*

***Ключевые слова:** ореховодство, экономическая эффективность, инновация, импортозамещение, продовольственная безопасность.*

Ореховодство, являясь специализированным направлением садоводства, ориентировано на возделывание многолетних высокодоходных культур для получения орехов с высокой нутрицевтической ценностью. Несмотря на общую классификацию, данная подотрасль обладает уникальными характеристиками, отличающими её от других секторов садоводства. К ним относятся: ветроопыляемость большинства видов орехоплодных культур, проявление дихогамии (несовпадение периодов созревания мужских и женских репродуктивных органов), а также высокая степень механизации производственных процессов (использование механических встряхивателей) в отличие от плодоводства, требующего деликатного ручного сбора. С биологико-морфологической и коммерческой позиций, орех представляет собой плод с твёрдой оболочкой и съедобным ядром, обладающий высокой нутрицевтической ценностью и значительным экспортным потенциалом.

Объём мирового рынка орехов в 2022 году оценивался в 55,90 млрд долларов США, и, согласно прогнозам, среднегодовой темп роста составит 5,4% в период с 2023 по 2030 годы. Данная динамика обусловлена совокупностью факторов, включая развитие пищевой промышленности, связанной с древесными орехами, рост осведомлённости потребителей и изменение их предпочтений в пользу здорового питания, особенно в постпандемический период (после COVID-19). Кроме того, факторами роста выступают увеличение численности населения в сочетании с ростом располагаемых доходов, стремительная урбанизация и интенсивное развитие индустрии снеков, в частности в развивающихся странах, таких как Китай и Индия. Также немаловажную роль играет растущая популярность растительных диет и вегетарианства, особенно среди молодёжи [5,6].

В России развитие ореховодства приобретает особую актуальность в рамках политики импортозамещения, направленной на обеспечение продовольственной безопасности страны. Учитывая высокую долю импорта ореховой продукции, составляющую около 90%, исследование экономики ореховодства и разработка методов повышения его эффективности на основе инноваций становятся задачами первостепенной важности.

При развитии ореховодства необходимо сосредоточить внимание на видах, адаптированных к климатическим условиям России, возделывание которых является биологически и экономически обоснованным на территории страны. К таким культурам относятся несколько ключевых видов, каждый из которых имеет уникальную научную классификацию и различную экономическую значимость, как показано в Таблице 1 [1,4].

Таблица 1

Классификация и оценка значимости основных орехоплодных культур в России.

Вид орехов	**Семейство**	**Род**	**Международное научное название вида**	**Экономическая значимость**	**Возможность возделывания в РФ**
Миндаль	Rosaceae (Розовые)	Prunus (Слива)	Prunus amygdalus communis	Высокая	Краснодарский край, Республика Крым
Фундук	Betulaceae (Берёзовые)	Corylus (Лещина)	Corylus avellana	Очень высокая	Краснодарский край, Республика Крым
Кедровые орехи*	Pinaceae (Сосновые)	Pinus (Сосна)	Pinus sibirica	Исключительно высокая	Абсолютная. Сибирь, Дальний Восток
Фисташки	Anacardiaceae (Анакардиевые)	Pistacia (Фисташка)	Pistacia vera	Исключительно высокая	Ограниченная. Краснодарский край, Республика Крым
Грецкие орехи	Juglandaceae (Ореховые)	Juglans (Орех)	Juglans regia	Стратегически высокая	Высокая и расширяющаяся. ЮФО, СКФО
Арахис**	Fabaceae (Бобовые)	Arachis (Арахис)	Arachis hypogaea	Исключительно высокая	Средняя. Краснодарский край, Ставрополье, Астраханская и Ростовская области

* - Дикорастущий орех

** - Бобовая культура

Источник: Составлена автором по данным.

Внедрение интенсификации производства, а именно переход от традиционных схем посадки (10х10 м) к интенсивным (7х5 м) или суперинтенсивным системам (5х3 м), становится возможным благодаря использованию современных высокопродуктивных сортов. К ним относятся сорта с латеральным (боковым) типом плодоношения и карликовые подвои, что позволяет значительно повысить урожайность и рентабельность орехоплодных садов.

Необходимым условием является грамотное формирование кроны и «проектирование» дерева посредством обрезки, управления почвенным плодородием, фертигации и комплексной защиты растений. Эти меры направлены на достижение максимального биологического потенциала дерева и, как следствие, повышение экономической прибыли. Кроме того, критически важно точное проектирование схемы сада для обеспечения перекрестного опыления и решения проблемы дихогамии (несовпадения периодов цветения мужских и женских цветков).

Следует отметить, что успешное возделывание орехоплодных культур базируется на строгом балансе трёх факторов: потребности в часах покоя (холодовых единицах), сумме активных температур и морозостойкости. Оптимизация этих условий позволяет создать идеальную среду для производства, что напрямую отражается на экономической эффективности.

В аграрной экономике орехоплодные насаждения рассматриваются не просто как биологические объекты, а как долгосрочные капитальные активы. Начальный этап развития сада — период становления — характеризуется отсутствием плодоношения, а понесенные в это время затраты классифицируются как «безвозвратные издержки» (sunk costs) до момента вступления в фазу коммерческого производства. Учитывая длительный цикл оборота капитала, оценка рентабельности не может ограничиваться простым сопоставлением доходов и расходов. Необходимо применение коэффициента дисконтирования для приведения будущих денежных потоков к текущей стоимости.

Как правило, жизненный цикл капитального актива (дерева) описывается колоколообразной кривой: его производственная и капитализированная стоимость возрастают по мере созревания, достигая пика, и начинают снижаться в фазе биологического старения. В связи с этим ключевое значение приобретает расчёт биологической амортизации для обеспечения долгосрочной устойчивости хозяйства.

Производственный процесс в ореховодстве описывается функцией производства, связывающей ресурсы (земля, труд, капитал, удобрения, водные ресурсы) с конечным объёмом продукции. Математически это выражается формулой [3]:

$$Q = f(X_{fixed}, X_{variable})$$

где, *Q:Output, f:Function, x: Inputs*

Для орехоплодных культур производственная функция носит комплексный характер, так как она детерминирована как долгосрочными константами (плотность посадки, сортовые особенности), так и переменными факторами (интенсивность орошения, трудозатраты).

Инвестиции в данную отрасль сопряжены с высоким уровнем риска из-за длительного периода неопределённости. Следовательно, внутренняя норма доходности (IRR) для ореховодства должна превышать аналогичные показатели для однолетних культур (например, пшеницы), чтобы компенсировать инвестору риски ожидания. В условиях России основными угрозами рентабельности выступают климатические риски (поздние весенние заморозки) и экономические факторы, такие как волатильность курса рубля.

В рамках агрокомплексов, кооперативов и агрохолдингов ключевое значение приобретает эффект масштаба (economies of scale). Значительные постоянные издержки (оплата высококвалифицированных экспертов, централизованные системы ирригации, специализированная уборочная техника и складские мощности) распределяются на объём произведённой продукции. Увеличение площади насаждений позволяет снизить удельные издержки на единицу продукции, углубить специализацию и разделение труда, что открывает возможности для привлечения узкопрофильных специалистов — инженеров по мелиорации, агрономов по защите растений и менеджеров по сбыту. Это напрямую конвертируется в повышение качества продукции и итоговой прибыли [2].

Параллельно проявляется эффект разнообразия (economies of scope), когда совместное производство нескольких видов культур обходится дешевле, чем их раздельное выращивание.

В России наблюдается тенденция к диверсификации для минимизации сезонных рисков путём подбора видов орехоплодных культур с различными сроками созревания. Это обеспечивает равномерную загрузку техники и трудовых ресурсов в течение всего сезона, предотвращая простои.

Цепочка создания стоимости в ореховодстве представляет собой последовательность этапов от закупки ресурсов до реализации конечному потребителю. Добавленная стоимость формируется не только на этапе выращивания, но и в процессах уборки, первичной переработки (очистка, сушка), а также упаковки и маркетинга. Стратегической целью инвестора должна стать минимизация роли посредников для расширения маржинальности. Учитывая, что в России многие хозяйства реализуют орехи в скорлупе, приоритетным направлением является вертикальная интеграция — строительство собственных перерабатывающих мощностей для удержания добавочной стоимости внутри хозяйства.

В российском контексте остро стоит вопрос соотношения трудоёмкости и капиталоёмкости производства. Отрасль сталкивается с двойным вызовом: дефицитом квалифицированной рабочей силы в регионах и высокой стоимостью импортного оборудования. В этой связи целесообразно использование механизмов господдержки и корректировка аграрной политики в сторону развития сельских территорий и сдерживания сельской миграции. Это позволит обеспечить хозяйства кадрами, а в случае сохраняющегося дефицита - создать условия для ускоренной механизации, способной компенсировать негативные демографические тренды.

В секторе ореховодства наблюдается переход от модели совершенной конкуренции, где продукция рассматривается как простой сырьевой товар (commodity), к модели монополистической конкуренции через формирование брендов. Следовательно, хозяйствам необходимо работать над созданием конкурентных преимуществ, таких как высокое качество продукции, ценовое лидерство или создание собственного уникального бренда. Стоит отметить, что российские производители обладают естественным конкурентным преимуществом по сравнению с импортёрами, что выражается в низких транспортных издержках и отсутствии сложных таможенных пошлин и барьеров [7].

В целом, развитие ореховодства приносит колоссальные выгоды, выходящие за рамки отдельного хозяйства. К наиболее значимым экстерналиям относятся положительное воздействие на окружающую среду, в частности фиксация почвы, улучшение микроклимата и повышение биоразнообразия. С макроэкономической точки зрения, отрасль вносит существенный вклад в экономику страны через укрепление продовольственной безопасности и сокращение зависимости от внешних рынков в рамках стратегии импортозамещения [8].

Таким образом, переход к интенсивным технологиям и вертикальной интеграции является ключевым условием повышения конкурентоспособности отечественного ореховодства. Реализация данного инновационного подхода в сочетании с государственной поддержкой позволит не только минимизировать инвестиционные риски и сроки окупаемости, но и обеспечить стратегический успех политики импортозамещения и продовольственной безопасности России.

Библиографический список:

1. Плодоводство / Ю. В. Трунов, Е. Г. Самощенков, Т. Н. Дорошенко [и др.] ; под редакцией Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенкова. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Квадро, 2021. — 416 с.
2. De Roest K., Ferrari P., Knickel K. Specialisation and economies of scale or diversification and economies of scope? Assessing different agricultural development pathways //Journal of rural studies. – 2018. – Т. 59. – С. 222-231.
3. Debertin D. L. Agricultural production economics. – 2012.
4. Janick J., Paull R. E. (ed.). The encyclopedia of fruit and nuts. – CABI, 2008.
5. Nuts Market (2023 - 2030) [Электронный ресурс]: Информационный ресурс Grand View Research - Режим доступа: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/nuts-market-report

6. Бирюкова Т.В. Анализ потребительских предпочтений на рынке продуктов питания в РФ / Т.В. Бирюкова, Т.В. Ашмарина, Н.А. Ягудаева [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. - №6. – С.181-190.
7. Чутчева Ю.В. Повышение эффективности в ореховодстве: отечественный и зарубежный опыт / Ю.В. Чутчева, М. Ашур // Вестник Академии знаний. – 2015. - №6(71). – С.737-741.

УДК 338.43:634.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРЕХОВОДСТВА: МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ В РФ

***Ашур Махмуд**, аспирант кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Mahmoudashoursy@gmail.com*
***Научный руководитель - Чутчева Юлия Васильевна**, д.э.н., профессор кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yuv.chutcheva@yandex.ru*

***Аннотация:** В статье исследуются механизмы повышения экономической эффективности ореховодства через внедрение комплексной матрицы инноваций. Автор систематизирует инновационные решения по четырём векторам: биологическому, технологическому, институциональному и финансовому. На основе анализа мирового опыта обосновывается необходимость синергетического подхода к трансформации цепочки создания стоимости. Особое внимание уделено инструментам финансового инжиниринга и цифровизации как факторам минимизации рисков и обеспечения продовольственной безопасности России.*

***Ключевые слова:** ореховодство, экономическая эффективность, инновация, точное земледелие, цифровизация АПК, цепочка создания стоимости.*

Экономическая эффективность в аграрном секторе представляет собой оптимизацию использования производственных ресурсов для максимизации выпуска продукции или дохода. Это показатель результативности распределения ограниченных ресурсов (земля, труд, капитал) для достижения предельного уровня производительности [2]. При этом значимость повышения эффективности в современных условиях обусловлена необходимостью преодоления дефицита ресурсов, обеспечения финансовой рентабельности, долгосрочной устойчивости хозяйств и укрепления продовольственной безопасности страны. К ключевым детерминантам, определяющим динамику этой эффективности, следует отнести уровень образования и квалификации кадров, темпы внедрения инновационных технологий, вектор государственной аграрной политики, а также реализацию эффекта масштаба, напрямую зависящего от размера земельных владений.

Экономическая эффективность выражается следующей формулой [4]:

$$Э = \frac{ЭТ}{Р}$$

где, *Э: Экономическая эффективность, ЭТ: Эффект (результат), Р: Затраченные ресурсы.*

Экономическая эффективность в ореховодстве определяется как способность обеспечивать максимальный устойчивый доход с единицы площади (гектара) или объёма воды при минимизации издержек и соблюдении международных стандартов качества. Учитывая долгосрочный характер инвестиций и наличие длительного инвестиционного периода (период до вступления в плодоношение), эффективность оценивается не по годовому результату, а по показателям окупаемости капитала на протяжении всего жизненного цикла

насаждений. Комплексная оценка эффективности ореховодства требует применения двухуровневого анализа, который включает в себя [8]:

- Техническая эффективность: максимизация физического объёма урожая при заданном наборе ресурсов (семена, удобрения, ирригация).
- Аллокативная эффективность: оптимизация структуры затрат для минимизации себестоимости или максимизации прибыли.

Что касается критериев, то оценка эффективности ореховодства включают в себя следующие показатели:

- Производственно-технические: урожайность (кг/га), эффективность водопользования, выход ядра.
- Финансово-инвестиционные: чистая приведённая стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), срок окупаемости (PBP).

Различные технологические и организационные подходы в ореховодстве неизбежно ведут к росту экономической эффективности и укреплению конкурентных позиций хозяйств. В Таблице 1 систематизированы ключевые направления, обеспечивающие оптимизацию производственных затрат и максимизацию рыночной стоимости продукции [1].

Таблица 1

Направления и инструменты повышения экономической эффективности ореховодства

Направление деятельности	**Пути повышения эффективности**
Система управления	Внедрение KPI, привязанных к урожайности с гектара, качеству ядра и выходу товарной продукции.
Оптимизация активов	Консервация малопродуктивных участков и расширение мощностей по переработке и хранению орехов.
Аутсорсинг	Передача логистики, маркетинга и сертификации продукции ореховодства специализированным компаниям.
Вертикальная интеграция	Объединение выращивания, первичной переработки (сушка, калибровка) и брендированной реализации.
Управление закупками	Долгосрочное планирование поставок специализированных удобрений, СЗР и элитного посадочного материала.
Автоматизация процессов	Внедрение цифровых журналов учёта агротехнических работ и систем мониторинга состояния сада.
Агротехнологии	Использование систем точного земледелия и инновационных методов защиты ореховых насаждений.
Техническая модернизация	Применение современных комбайнов для сбора орехов и автоматизированных линий сортировки.
Развитие сбыта	Создание собственных экспортных каналов и оптимизация холодной логистики для сохранения качества.
Ресурсосбережение	Использование скорлупы как биотоплива и внедрение систем капельного орошения для экономии воды.
Обучение персонала	Повышение квалификации работников в области обрезки, прививки и диагностики болезней деревьев.

Специализация кадров	Разделение труда на специфические операции: от ухода за саженцами до операторов уборочной техники.
НИОКР (R&D)	Внедрение селекционных достижений и адаптивных технологий для повышения устойчивости и урожайности садов.

Источник: Составлена автором по данным.

Внедрение инноваций на всех этапах цепочки создания стоимости является ключевым инструментом повышения экономической эффективности ореховодства. Согласно теории Й. Шумпетера, инновация — это практическая реализация новой идеи, приносящая экономическую выгоду [5, 7]. В контексте ореховодства это включает:

- Продуктовые инновации: выведение сортов с высокой резистентностью к патогенам и повышенным выходом ядра.
- Процессные инновации: внедрение методов точного земледелия, систем интеллектуального орошения и комплексной механизации.
- Маркетинговые инновации: освоение новых рыночных ниш и выход локальной продукции на глобальный уровень.
- Ресурсные инновации: использование генетически усовершенствованного посадочного материала, обеспечивающего ускоренный рост деревьев и сокращение срока окупаемости капитала (PBP).

Опираясь на передовой международный опыт, мы классифицируем инновации, направленные на повышение экономической эффективности ореховодства, по четырём ключевым детерминантам (направлениям) [3,6]:

1. Биологический и капиталоёмкий вектор (Био-капитальные инновации):

- Генетическая инженерия и НИОКР: Разработка карликовых и высокоплотных сортов с повышенной урожайностью, резистентностью к патогенам и адаптивностью к экологическим стрессам. Использование сортов с высоким выходом ядра и низкой потребностью в агрохимикатах позволяет радикально изменить структуру капитальных вложений, сократить срок окупаемости (PBP), минимизировать альтернативные издержки использования земли и ускорить достижение точки безубыточности.
- Биологическая диверсификация и интеркроппинг: Внедрение систем интенсивного совмещённого выращивания короткоцикловых культур (бобовые, лекарственные травы, земляника) в междурядьях молодых садов (до 5 лет). Это обеспечивает ранние денежные потоки для покрытия операционных расходов и хеджирования инфляционных рисков. Интеграция пчёловодства создаёт эффект масштаба: пчёлы повышают эффективность опыления, а деревья обеспечивают медоносную базу, что увеличивает совокупную рентабельность каждого квадратного метра.
- Системная интеграция и биоэнергетика: Использование инноваций для переработки побочных продуктов (скорлупа, листва) в биоэнергию или органические удобрения, что трансформирует производственные отходы в дополнительный источник прибыли.

2. Технологический и цифровой вектор (Цифровизация и автоматизация):

- Цифровой мониторинг и ИИ: Использование ГИС, IoT-датчиков и БПЛА для анализа состояния почвы и деревьев в реальном времени. Это минимизирует издержки на ресурсы (на 20-30%) и повышает точность принятия решений (Big Data), превращая климатические риски в управляемые переменные.
- Роботизация и «Малая автоматизация»: Внедрение компактных роботов для обрезки и уборки позволяет средним хозяйствам достигать эффекта масштаба, ранее доступного только агрогигантам. Переход от ручного труда к механизации (оптическая сортировка, лазерная очистка) переводит переменные затраты в постоянные, увеличивая операционный рычаг (Operating Leverage).

- Энергоэффективность и ирригация: Интеграция возобновляемых источников энергии (солнце, ветер) и «умного» капельного орошения снижает долгосрочные операционные расходы и повышает ликвидационную стоимость активов.
- Послеуборочные инновации и логистика: Технологии мгновенной сушки и наноупаковки продлевают срок хранения до 2 лет, превращая орехи в стратегический актив. Это позволяет избегать демпинга в сезон урожая и реализовывать продукцию по пиковым ценам.
- Программно-настраиваемые системы: Использование многофункциональной техники (например, комбайны для разных видов орехов) обеспечивает гибкость между узкой специализацией (модель США) и диверсификацией рисков (модель РФ).

3. Организационный и рыночный вектор (Институциональные инновации) :

- Цифровая интеграция и B2B/B2C платформы: Создание виртуальных платформ и экосистем, связывающих фермеров напрямую с переработчиками (кондитерскими фабриками) и конечными потребителями. Это устраняет неэффективных посредников, повышает долю фермера в конечной цене и превращает фиксированные затраты в переменные (через шеринг оборудования).
- Глубокая переработка и брендинг: Переход от реализации сырья к производству продукции с высокой добавленной стоимостью (растительное молоко, масла, заменители мяса). Экологический брендинг и сертификация на базе Blockchain создают неценовое конкурентное преимущество и обеспечивают «премию за качество».
- Кластеризация и трансфер знаний: Формирование производственных кластеров и центров компетенций на базе инновационных хозяйств. Это создаёт положительный экстернальный эффект, сокращая технологический разрыв между малыми и крупными производителями.

4. Финансовый вектор и управление рисками (Финансовый инжиниринг):

- Альтернативные инвестиции и Финтех: Использование краудфандинговых платформ и агробондов для диверсификации структуры капитала. Это позволяет распределять риски между пулом инвесторов и снижать долговую нагрузку в инвестиционный период.
- Зелёное финансирование и углеродные кредиты: Внедрение технологий с отрицательным углеродным следом позволяет привлекать льготное финансирование и получать доход от продажи углеродных квот (Carbon Credits) ещё до вступления сада в стадию плодоношения (модель ЕС).
- Цифровой андеррайтинг и спутниковый мониторинг: Использование прогнозных моделей на основе данных ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) для создания смарт-контрактов агрострахования. Это трансформирует неопределенные климатические риски (заморозки, засуха) в управляемые переменные, повышая кредитный рейтинг хозяйства.

По нашему мнению, успех российского ореховодства возможен лишь при системной синергии четырёх векторов инноваций. Отсутствие биологического компонента обесценивает технологии из-за слабой генетики, а дефицит технологических решений нивелирует селекцию архаичностью методов. Без организационной трансформации маржинальность поглощается посредниками, тогда как нехватка финансовых инноваций оставляет отрасль беззащитной перед климатическими рисками. Только комплексное обновление всей цепочки стоимости обеспечит переход к модели устойчивого инновационного роста и глобальной конкурентоспособности.

Библиографический список:

1. Коваленко Н. Я. и др. Экономика сельского хозяйства //М.: ЮРКНИГА. – 2004. – Т. 384. – С. 2.
2. Rapela M. A. Fostering innovation for agriculture 4.0. – Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2019.

3. Rodina T. E., Adelgeim E. E. THE METHODOLOGY FOR EVALUATING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF AGRICULTURE AT THE REGIONAL LEVEL //International Research Journal. – 2020. – Т. 2020. – №. 999.
4. Schumpeter J. A., Opie R. The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle. – Oxford University Press, 2024.
5. Van Es H., Woodard J. Innovation in agriculture and food systems in the digital age //The global innovation index. – 2017. – Т. 99.
6. Бирюкова Т.В. Анализ потребительских предпочтений на рынке продуктов питания в РФ / Т.В. Бирюкова, Т.В. Ашмарина, Н.А. Ягудаева [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. - №6. – С.181-190.
7. Чутчева Ю.В. Повышение эффективности в ореховодстве: отечественный и зарубежный опыт / Ю.В. Чутчева, М. Ашур // Вестник Академии знаний. – 2015. - №6(71). – С.737-741.

УДК 338.43:631.95

ИНВЕСТИЦИИ В АГРОТЕХНОЛОГИИ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СРОКИ ОКУПАЕМОСТИ

Баклыкова Алёна Николаевна, *магистр 1 курса Института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, all21bakln11@gmail.com*
Мирзалиева Зарина Бахадыровна, *магистр 1 курса Института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, mirzalieva.2003@mail.ru*
Научный руководитель – Ягудаева Наталья Алексеевна, *к.э.н., доцент кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, n.yagudaeva@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье исследуется экономическая обоснованность инвестирования в агротехнологии, ориентированные на снижение экологической нагрузки аграрного производства, а также рассматриваются основные направления экологического воздействия сельского хозяйства на природную среду и соответствующая классификация технологических решений.*

Ключевые слова: *экологический ущерб, инвестиции в АПК, государственная поддержка, устойчивое развитие сельского хозяйства.*

Аграрный комплекс Российской Федерации характеризуется высокой ресурсоёмкостью производства при значительной экологической нагрузке на природную среду. По данным Росстата, в 2025 году производство минеральных удобрений в России (в пересчёте на 100% питательных веществ) составило 30,5 млн тонн, что на 5,3% больше, чем в 2024 году [3]. Интенсивное использование агрохимикатов формирует устойчивую нагрузку на почвенный покров и водные объекты, тогда как механическая обработка почвы вносит вклад в выработку парниковых газов. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, площадь деградированных сельскохозяйственных угодий в стране сохраняет тенденцию к увеличению, что свидетельствует о недостаточной эффективности применяемых агротехнических мер. Специфика экологического ущерба от аграрного производства состоит в его аномальном характере: издержки деградации природных ресурсов не включаются в рыночную цену продукции, что устраняет у производителей прямой финансовый стимул к снижению нагрузки на окружающую среду [4].

Главной проблемой внедрения инноваций остается высокая стоимость технологического перехода при дефиците собственных средств. Компании, внедряющие

принципы устойчивого развития, демонстрируют большую доходность и стабильность в долгосрочной перспективе, однако для малых и средних производителей стартовые инвестиции в цифровизацию часто недоступны без специальных фондов финансирования и государственных программ [7].

Технологические решения, позволяющие сократить негативное воздействие аграрного производства на окружающую среду, разработаны и в той или иной мере испытаны в российских условиях, вместе с тем их практическое распространение остаётся ограниченным [2]. Данное обстоятельство определяется не отсутствием экономической отдачи от внедрения таких технологий, а совокупностью различных барьеров. Изучение экономических характеристик, экологически ориентированных агротехнологий, их капиталоёмкости, операционного эффекта и сроков возврата вложений, представляет как теоретический, так и практический интерес для формирования обоснованной аграрной политики.

В соответствии с официальной статистикой, в 2025 году объем инвестиций в основной капитал сельского хозяйства сократился на 3,6% по сравнению с 2024 годом [3]. Главным фактором, влияющим на данную тенденцию, стал дефицит собственных оборотных средств у предприятий. В этих условиях основной причиной роста инвестиционной активности выступили меры государственной поддержки. По прогнозам аналитиков, к концу 2026 года ожидается незначительный прирост инвестиций в абсолютных значениях. Что касается государственной поддержки АПК, то в 2025 году её объём составил 665 млрд рублей, при этом льготное кредитование остается приоритетным механизмом: в 2025 году на него направлено 250 млрд рублей, тогда как бюджет 2026 года предусматривает 123 млрд рублей [6].

В современных условиях одним из инструментов повышения рентабельности у аграриев выступает применение «зелёных» технологий. Цифровизация всех процессов позволяет снизить административные и операционные расходы на 15-20% без потери урожайности. Однако наиболее впечатляющие результаты демонстрирует переход на системы точного земледелия (GPS-навигация, дифференцированное внесение удобрений): сельхозпроизводители многих регионов сокращают издержки на 30-40%, что качественно меняет структуру рентабельности [5]. С экологической точки зрения, технологии точного земледелия ведут к снижению химической нагрузки на почву и сокращению углеродного следа за счет уменьшения количества проходов техники. Это напрямую коррелирует с достижением национальных целей развития РФ до 2030 года, где экологические факторы являются приоритетными [1].

Наиболее показательными являются примеры внедрения инноваций, применяемых в сельском хозяйстве в рамках следования ESG-принципам. Сравнительный анализ стратегий успешного внедрения ресурсосберегающих технологий представлен в таблице 1 в виде структурированных примеров.

Приведённые в таблице практические примеры пяти российских сельскохозяйственных производителей наглядно демонстрируют, что инвестиции в агротехнологии являются экономически обоснованным инструментом снижения экологического ущерба в сельском хозяйстве. Во всех случаях наблюдается прямая корреляция между внедрением агротехнологий и положительными экологическими эффектами: сокращение площадей химических обработок, снижение агрохимической нагрузки на почву на 15-22 %, утилизация отходов животноводства с получением биогаза и уменьшение углеродного следа.

При этом экологическая эффективность рассматриваемых агротехнологий выступает драйвером роста экономической целесообразности данных решений. Все три представленных кейса демонстрируют измеримый экономический эффект, выраженный в снижении операционных затрат на агрохимикаты, обеспечении автономного энергоснабжения на основе переработки отходов с низкой себестоимостью генерируемой электроэнергии и приросте урожайности сельскохозяйственных культур в диапазоне 5-25%. Годовой экономический эффект составляет десятки миллионов рублей, а расчётные сроки окупаемости инвестиций свидетельствуют о высокой инвестиционной привлекательности рассматриваемых технологий.

Таблица 1

Инвестиции в агротехнологии Российской Федерации: экологический и экономический эффект

Предприятие	Используемые технологии	Экологический результат	Экономический результат
ООО «ПХ Лазаревское» (Тульская обл.)	БПЛА-мониторинг и точное земледелие, собственные дроны от Иннополиса	Снижение площади химических обработок; Раннее выявление болезней и вредителей	52 млн руб./год годового эффекта; Рост урожайности 5-25%; Окупаемость - 1,6 лет
Агрохолдинг «Степь» (Ростовская обл.)	Точное земледелие; Тракторы, оснащённые умными камерами	Снижение агрохимической нагрузки на почвы 15-22%	Снижение затрат на удобрения ~20%; Годовой эффект - 38 млн руб./год; Окупаемость - 1,9 лет
Агрохолдинг «ЭкоНива» (Калужская обл.)	Биогазовые установки; Точное земледелие	Переработка навоза в биогаз; Сокращение углеродного следа	Автономное энергоснабжение из отходов; себестоимость кВт·ч - 1,39 руб.
Агрохолдинг «Сибагро» (Томская обл.)	Замкнутый цикл; Внутрипочвенное внесение органических удобрений	Минимизация загрязнения почв; Выполнение требований закона о побочных продуктах животноводства	Значительный рост урожайности зерновых: ячменя до 29 ц/га (+2,2) и пшеницы до 41,6 ц/га (+7,6); Экономия на минеральных удобрениях
ООО «Рассвет» (Ростовская обл.)	Точное земледелие: зонирование полей по плодородию и дифференцированное внесение удобрений	Сокращение химической нагрузки на почву; Рациональное использование ресурсов - снижение затрат на удобрения в малоплодородных почвах	Ежегодная дополнительная прибыль ~ 20 млн руб.; Окупаемость инвестиций в пределах 1-2 лет; Рост рентабельности в среднем на 7%

Инвестиции в агротехнологии демонстрируют положительную экономическую отдачу в среднесрочной перспективе при условии наличия соответствующего финансирования и информационной поддержки. На сегодняшний день центральной задачей становится обеспечение экономической рентабельности агропроизводства при одновременном сокращении его нагрузки на окружающую среду, что сопряжено с ESG-принципами. Как показывают рассмотренные в статье кейсы, экономический эффект от использования поддерживаемых государством технологий измеряется миллионами рублей дополнительной прибыли при сроках окупаемости от 1 до 3 лет. В этой связи дальнейшее развитие государственной поддержки должно идти по пути расширения инструментов «зеленого»

финансирования, внедрения механизмов углеродного регулирования в АПК и стимулирования вертикально интегрированных проектов полного цикла, обеспечивающих синергию экономической эффективности и экологической устойчивости.

Библиографический список

1. Анфиногентова А. А. Устойчивое развитие агропродовольственного комплекса России: проблемы и перспективы / А. А. Анфиногентова, С. А. Андрющенко, П. П. Великий [и др.]. – Саратов: Саратовский источник, 2024. – 384 с. – ISBN 978-5-605-32416-4. – EDN BXSHRB

2. Машрыков А. Современное сельское хозяйство: интеграция технологий и экологической устойчивости / А. Машрыков, А. Мамметбердиева, Д. Мирабова, С. Сапаров // Символ науки: международный научный журнал. – 2025. – Т. 2, № 1-1. – С. 76-77. – EDN RWSCVP

3. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство: официальные публикации / Федеральная служба государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 26.04.2026)

4. Степанова, Д. И. Повышение эффективности сельского хозяйства в условиях низкоуглеродной экономики, достижения принципов устойчивого развития и ESG-трендов / Д. И. Степанова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 6, № 6(147). – С. 64-69. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2024.06.06.010. – EDN UNHCZP

5. Тельминова Н. В. Оценка и анализ инвестиционных проектов в сфере агротеха / Тельминова Н. В. [Электронный ресурс] // Cyberleninka: [сайт]. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-i-analiz-investitsionnyh-proektov-v-sfere-agroteha (дата обращения: 25.04.2026)

6. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО "Сам полиграфист", 2024. – 175 с.

УДК 338.43

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ АГРАРНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

***Башшур Эссам**, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, essambashshour10@gmail.com*
***Зарук Н.Ф.**, д.э.н., профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zaruk@bk.ru*

***Аннотация:** Пути устойчивого развития различаются в зависимости от обстоятельств, ресурсов и правовой системы каждой страны. Эта трансформация зависит от эволюции и гибкости правовой системы, а также от экономических и социальных целей страны. Устойчивое развитие рассматривается как часть иерархической системы, охватывающей геофизические, экологические, технологические и демографическо-экономические факторы. Его достижение требует решения ряда задач, наиболее важными из которых являются: поддержание экономического масштаба, совместимого с экосистемой; обеспечение справедливого распределения ресурсов между нынешним и будущими поколениями, а также между людьми и другими живыми организмами; и эффективное распределение ресурсов.*

***Ключевые слова:** устойчивое развитие, агробизнес, стратегия устойчивого развития, агропромышленный комплекс,* сельское хозяйство.

Научные подходы к устойчивому развитию агробизнеса:

Устойчивое развитие организаций зависит от стабильности системы и устойчивости ее процессов. Это измеряется по следующим критериям: направление, продолжительность, скорость, адаптивность и качество трансформации [1]. Ключевыми факторами устойчивого развития организации являются экономический рост и внутреннее и внешнее экономическое равновесие, обеспечивающие гармонию ее деятельности [2]. Устойчивое организационное развитие определяется как стабильность, прибыльность и непрерывный рост, или состояние равновесия в социально-экономических стандартах в пределах установленных границ [3]. В приведенных выше определениях исследователи выделили основные тенденции устойчивого развития организаций, которые обеспечивают их долгосрочную непрерывность, достижение высоких показателей качества жизни сотрудников и поддержание экологической целостности. Исследователи используют различные подходы к определению «устойчивого организационного развития», такие как интегрированный (систематический) подход, процессный подход и ресурсный подход. Рекомендуется изучать его систематически, рассматривая организацию как открытую, сложную и многоуровневую социально-экономическую систему. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса достигается посредством экономических и социальных целей, требующих энергоэффективных и экологически чистых технологий, рационального использования биологических ресурсов и, что наиболее важно, продовольственной безопасности. Его основная функция заключается в обеспечении устойчивости национальной продовольственной системы, то есть в надежном, адекватном и устойчивом удовлетворении потребностей населения в питании [4].

Его экономическая система охватывает производство продуктов питания, переработку сырья и рынки и характеризуется:

• Интерактивностью: характеристиками, не присущими отдельным элементам.

• Делимостью: разделением подсистем по экономическим, социальным и экологическим связям.

• Автономией: изучением системы в целом и анализом ее механизмов.

• Структурой: вертикальными и горизонтальными связями, географической и правовой классификацией рынков и уровнями продовольственной безопасности [5].

Концепция «организационной устойчивости» сложна и охватывает экономические, социальные и экологические аспекты. Мнения относительно ее компонентов расходятся; некоторые ограничивают ее тремя традиционными столпами, в то время как другие добавляют такие элементы, как инновации, маркетинг, технологии, финансы и организация. Структурные элементы также включают производство, ресурсы, правовые вопросы, культуру, безопасность и другие [6].

Для определения устойчивого развития в агропромышленном секторе были выделены следующие элементы: экономическая, социальная и экологическая устойчивость. Экономическая устойчивость определяется как достижение стабильного дохода от конкурентоспособной продукции при минимизации воздействия на окружающую среду и максимизации использования человеческих ресурсов.

Экономическая устойчивость определяется административными, производственными, маркетинговыми, инновационными, научными, технологическими, финансовыми, стратегическими и другими элементами, являющимися результатом деятельности агробизнеса, в зависимости от их наличия и интеграции.

Производственная и финансовая устойчивость являются одними из наиболее важных элементов экономической устойчивости в агропромышленном секторе. Производственная устойчивость определяется как способность сельскохозяйственной компании поддерживать стабильность, внедрять и совершенствовать технологические процессы, а также оптимизировать использование производственных ресурсов для достижения желаемых результатов и инноваций. Финансовая устойчивость — это способность агропредприятий, под влиянием внешних и внутренних факторов, эффективно генерировать и использовать финансовые ресурсы в производственных и маркетинговых операциях. Финансовая

устойчивость является неотъемлемой частью устойчивого развития и отражает общую эффективность бизнеса. Социальная устойчивость, с другой стороны, отражает уровень социальной защиты, предоставляемой работникам агропромышленного сектора, а также стабильность рабочей силы.

Экологическая устойчивость — это способность сельскохозяйственных предприятий управлять своей производственной деятельностью с минимальным негативным воздействием на окружающую среду. Таким образом, устойчивость относится к способности любой системы возвращаться к определенному состоянию равновесия и реагировать на изменения, учитывая как внутренние, так и внешние факторы.

Концепция устойчивого развития в сельскохозяйственных кооперативах основана на интеграции трех столпов: экономики, общества и окружающей среды. Ее основные элементы включают принципы (такие как непрерывность и эффективность), цели (рентабельность, конкурентоспособность, социальная ответственность и экологическая целостность), методы управления и функции (планирование, организация, мотивация и контроль). Рисунок 1 иллюстрирует стратегическую концепцию устойчивого развития в агропромышленном секторе.

Эта концепция направлена на достижение подлинного баланса между этими аспектами, избегая приоритета одного за счет другого, одновременно стимулируя производственные и финансовые показатели.

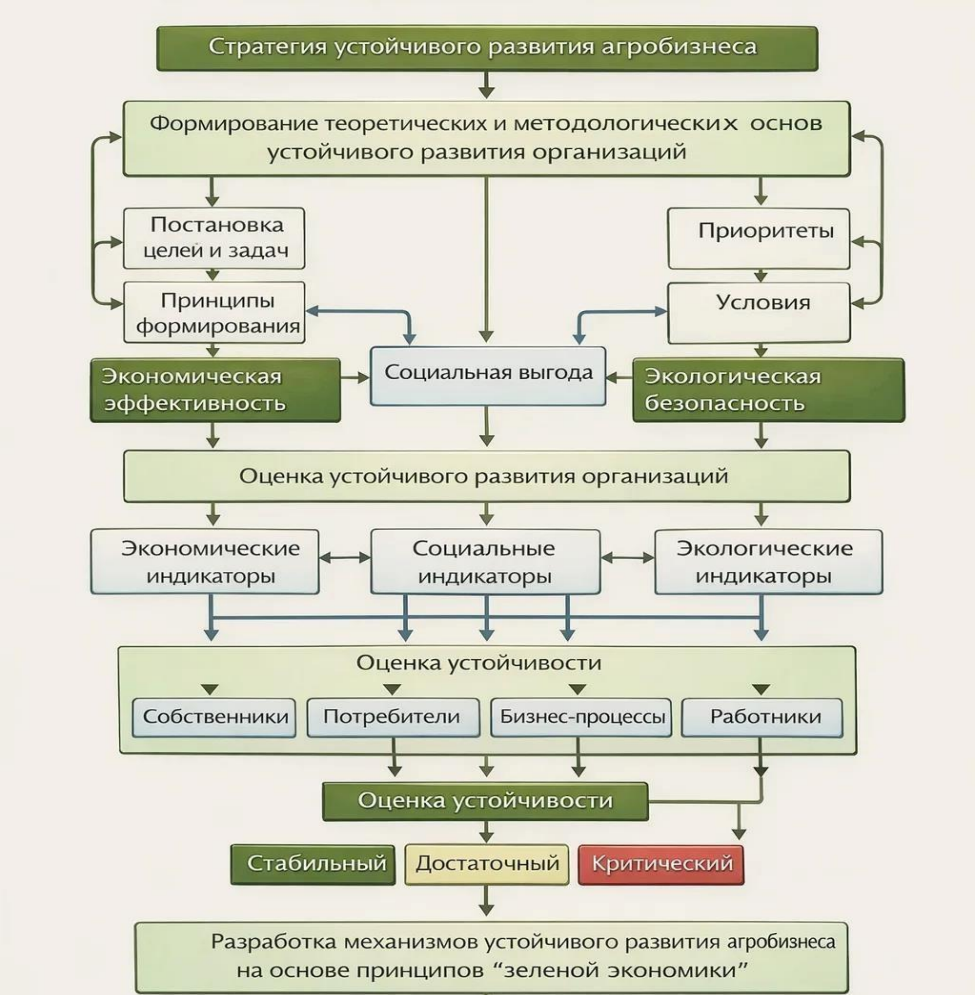


Рис. 1 Стратегическая основа устойчивого развития сельскохозяйственного бизнеса

Стратегия устойчивого развития агробизнеса в России:

Ознакомление с отчетом Росстата (Государственного статистического агентства) по сельскому хозяйству за 2025 год показывает, что агропромышленный сектор переживает

значительный рост объемов производства, особенно в растениеводстве, но этот рост отмечен резкими колебаниями (особенно в период с 2022 по 2024 год). В то же время животноводческий сектор демонстрирует устойчивый и более стабильный рост. Однако этот рост не обязательно отражает истинную устойчивость. Несмотря на увеличение общей стоимости продукции, параллельные показатели указывают на структурные дисбалансы, такие как сокращение обрабатываемых земель и снижение урожайности[7].

Таблица 1

Индексы производства продукции по категориям хозяйств

	Индексы производства продукции растениеводства по категориям хозяйств (в сопоставимых ценах; в процентах)	**Индексы производства продукции животноводства по категориям хозяйств** (в сопоставимых ценах; в процентах)
Годы	**Хозяйства всех категорий**	
2021	98.8	100
2022	117.6	102.5
2023	99.7	100.9
2024	93.8	100.5

Это противоречие между увеличением производства и сокращением некоторых ключевых ресурсов показывает, что текущий рост в значительной степени опирается на повышение производительности, а не на расширение ресурсов. Это требует стратегического сдвига в управлении агробизнесом. Вместо того чтобы сосредотачиваться исключительно на увеличении объемов, становится необходимым принять модель, основанную на эффективности, снижении затрат и максимизации добавленной стоимости продукции.

В этом контексте стратегии устойчивого развития направлены на перераспределение ресурсов в более продуктивные виды деятельности, развитие цепочек создания стоимости за счет внедрения пищевой переработки, совершенствование систем распределения и использование современных сельскохозяйственных технологий, повышающих эффективность использования земли и воды. Диверсификация сельскохозяйственной деятельности также становится важной для снижения рисков, особенно в свете изменения климата и волатильности рынка.

Результаты исследования показывают, что большинство исследователей согласны с тем, что истинная устойчивость основывается на трех фундаментальных столпах: экономическом, социальном и экологическом аспектах. Что касается экономического аспекта, наиболее важными элементами являются производственная и финансовая устойчивость. Это означает, что сельскохозяйственные предприятия должны быть способны поддерживать и развивать свои производственные процессы, одновременно эффективно управляя своими финансовыми ресурсами. Социальный аспект просто означает обеспечение адекватной защиты работников и стабильности рабочей силы. Экологический аспект фокусируется на минимизации ущерба, наносимого сельскохозяйственной деятельностью природе.

Недостаточно сосредоточиться исключительно на увеличении объемов производства. Сельскохозяйственному сектору необходимо переосмыслить управление существующими ресурсами, использовать современные технологии, которые сохраняют землю и воду, и диверсифицировать сельскохозяйственную деятельность для снижения рисков. Короче говоря, будущее сельского хозяйства зависит от поиска баланса между производством, прибылью и устойчивостью, а не от производства наибольшего количества продукции любыми средствами.

Библиографический список

1. Кучерова, Е. Н. Modern approach to sustainable development of an enterprise / Е. Н. Кучерова. – Текст: непосредственный // Вестник ОГУ. – 2007. – № 9. – С. 76–81.
2. Герасимов, Б. Н. Economic sustainability in the activities of enterprises / Б. Н. Герасимов, М. Н. Рубцова. – Текст: непосредственный // Вестник ОГУ. – 2006. – № 8.
3. Брянцева, И. В. Economic sustainability of enterprises: essence, assessment, management / И. В. Брянцева. – Текст: непосредственный. – Хабаровск: Издательство Хабаровского государственного технического университета, 2003.
4. Бельский, В. И. Food security: terms and concepts / В. И. Бельский; под общ. ред. В. Г. Гусакова, З. М. Ильиной, В. И. Бельского [и др.]. – Текст: непосредственный // Энциклопедический справочник. – Минск: Белорусская наука, 2018. – 535 с.
5. Кондратенко, С. А. Features of the process of formation of the food market in the region / С. А. Кондратенко. – Текст: непосредственный // Аграрная экономика. – 2017. – № 4. – С. 16–21.
6. Люба, В. А. Economic sustainability of the enterprise: basic concepts and components of the system / В. А. Люба, С. Д. Ревенко. – Текст: непосредственный // Экономика и управление машиностроительным предприятием: проблемы теории и практики. – 2019. – № 1 (21). – С. 56–64.
7. Сельское хозяйство в 2025 году. – Текст: электронный // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S_h_2025.pdf (дата обращения: 09.04.2026).

УДК 631.1

ESG-МЕРЫ КАК ФАКТОР РОСТА ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

***Богатченко Мария Владимировна**, студентка 2 курса магистратуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, marira_bog@inbox.ru*
***Чутчева Юлия Васильевна**, д.э.н., профессор кафедры экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В статье исследуется влияние внедрения ESG-мер (экологических, социальных и управленческих) на рост инвестиционной привлекательности проектов в животноводстве. Актуальность работы обусловлена усилением требований глобальных рынков и финансовых институтов к устойчивости агробизнеса. Центральным элементом исследования является финансовое моделирование, позволяющее количественно оценить эффект от ESG-модернизации через ключевые инвестиционные показатели — чистую приведенную стоимость (NPV) и внутреннюю норму доходности (IRR). Особое внимание уделяется анализу рисков, как смягчаемых ESG-практиками (регуляторные, репутационные, операционные), так и возникающих в связи с масштабными преобразованиями. Проведенный сценарный анализ демонстрирует, что, несмотря на значительные первоначальные капиталовложения, комплексная ESG-трансформация способна генерировать премию к долгосрочной стоимости проекта за счет экономии ресурсов, доступа к «зеленому» финансированию и укрепления лояльности потребителей. Статья предназначена для руководителей агрохолдингов, инвестиционных аналитиков и разработчиков государственной политики в области устойчивого развития АПК.*

***Ключевые слова:** ESG, инвестиционная привлекательность, животноводство, финансовая модель, устойчивое развитие, риск-анализ, «зеленые» технологии, агропромышленный комплекс.*

Мировая экономика переживает фундаментальный сдвиг в парадигме инвестирования, где критерии устойчивого развития (ESG-принципы) перестают быть факультативными. Для животноводства, традиционно воспринимаемого как источник значительных экологических и социальных вызовов, этот тренд создает одновременно серьезные риски и беспрецедентные возможности.

С одной стороны, сектор находится под растущим давлением регуляторов (в рамках «зеленого курса» ЕС, национальных климатических стратегий), финансовых институтов, отказывающихся финансировать «грязные» активы, и конечных потребителей, все больше ориентирующихся на этичные и экологичные продукты. Выбросы метана, проблема утилизации навозных стоков, вопросы благополучия животных и условий труда формируют существенную «теневую стоимость» бизнеса, выражающуюся в репутационных потерях, судебных исках и потенциальных ограничениях на рынках сбыта.

С другой стороны, именно эти вызовы открывают путь для переосмысления бизнес-модели. ESG-трансформация позволяет не просто «залатать» проблемные зоны, но и создать новые источники стоимости. Она переводит обсуждение с эмоционально-этической плоскости в строгую финансовую.

Цель данной статьи — дать количественный, модельно обоснованный ответ на этот вопрос. Мы перейдем от общих деклараций о важности устойчивого развития к конкретному финансово-экономическому инструментарию, позволяющему оценить инвестиционную привлекательность пакета ESG-мер для типичного предприятия животноводства. В основе исследования лежит сравнительный анализ базового сценария развития и сценария ESG-модернизации с последующим анализом чувствительности ключевых параметров. Это позволяет не только оценить потенциальную выгоду, но и определить, какие именно факторы оказывают наибольшее влияние на финансовый успех «зеленого» перехода.

Классическая теория инвестиционного анализа опирается на оценку дисконтированных денежных потоков (DCF), где решение принимается в пользу проекта с положительной NPV и IRR, превышающей стоимость капитала (WACC). Включение ESG-факторов требует адаптации этой модели, поскольку их влияние двунаправленно: через доходы и через ставку дисконтирования.

1. Влияние на операционный денежный поток (OCF):

ESG-меры могут напрямую увеличивать выручку (например, через продажу «зеленой» энергии, получение премиальной цены на продукцию с сертификатами качества и этичности) и снижать операционные расходы (экономия на энергоносителях, воде, кормах за счет технологий замкнутого цикла, снижение штрафов и экологических платежей).

Улучшение социального климата снижает текучесть кадров и связанные с этим затраты на найм и обучение. Повышение экологической эффективности минимизирует риск внезапных остановок производства из-за протестов или действий контролирующих органов.

2. Влияние на ставку дисконтирования (WACC):

Современная финансовая теория признает, что активы с высокими неуправляемыми ESG-рисками являются более рискованными для инвестора. Следовательно, они требуют более высокой нормы доходности. И наоборот, компания с прозрачной и эффективной ESG-стратегией демонстрирует лучшее управление рисками, что приводит к следующим действиям:

- Снижает ее кредитный риск в глазах банков, позволяя привлекать заемный капитал по более низкой ставке (снижение стоимости долга, Kd).
- Повышает ее привлекательность для широкого пула институциональных инвесторов (пенсионные фонды, ESG-фонды), снижая требуемую доходность на собственный капитал (снижение стоимости акционерного капитала, Ke).
- Открывает доступ к специальным инструментам «зеленого» и «устойчивого» финансирования (green bonds, sustainability-linked loans), часто имеющим льготные условия.

Таким образом, ESG-премия в нашей модели будет складываться из: ΔNPV = NPV (с учетом роста OCF и снижения WACC) - NPV (базовый).

Для моделирования мы используем двухэтапный подход:

Моделирование OCF для двух сценариев с горизонтом планирования 10 лет.

Объект данного исследования - АО «Племзавод «Повадино» является компанией среднего сегмента в отрасли АПК. Основным видом деятельности по классификации ОКВЭД является разведение племенного молочного крупного рогатого скота (01.41.12). Направление деятельности предприятия – производство молока и выращивание племенного молодняка.

На основе данных производственно-хозяйственной деятельности предприятия – объект исследования - переходим от теоретических построений к конкретному финансовому моделированию. Цель – дать количественную оценку влияния пакета ESG-мер на инвестиционные показатели проекта.

Исходные данные на основе отчетности за 2024 г. и планов предприятия представим ниже:

- **Выручка:** 1 180,1 млн руб.
- **Себестоимость (включая OPEX):** 812,68 млн руб. (из них ключевые статьи: корма, энергоносители, оплата труда).
- **Капитальные затраты на поддержание (базовый CAPEX):** ~15 млн руб./год.
- **Поголовье дойного стада:** 2 450 голов.
- **Надой на корову:** 10 388 кг/год.
- **Инвестиционный проект:** Строительство новой молочно-товарной фермы на 1 200 голов с биореакторной установкой. Общий объем инвестиций – 900 млн руб., из которых 225,7 млн руб. – потенциальные субсидии. В рамках нашего моделирования мы фокусируемся на **дополнительном ESG-компоненте** этого проекта.

Определение пакета ESG-модернизации и оценка затрат (дополнительный CAPEX_esg):

1. **Биореакторная установка** (полной мощности, с генерацией электроэнергии и тепла) – увеличение стоимости против простой системы утилизации: **+70 млн руб.**
2. **Солнечная электростанция** (СЭС) для частичного энергообеспечения нового комплекса – **+30 млн руб.**
3. **Система мониторинга ESG-показателей и «зеленая» сертификация** – **+5 млн руб.**

Итого дополнительные CAPEX на ESG: 105 млн руб. С учетом субсидий (25% от общего объема инвестиций), доля ESG-затрат, покрываемых поддержкой, составит ~26,25 млн руб. Для чистоты моделирования будем считать **чистые инвестиции в ESG-модернизацию: 78,75 млн руб.** (за вычетом субсидируемой части).

Прогноз операционных денежных потоков (OCF) на горизонте 10 лет представим в Таблице 1.

Таблица 1

Прогноз ключевых финансовых параметров (среднегодовые за 1-5 годы после запуска проекта)

Параметр / Сценарий	Базовый (без ESG)	Сценарий ESG-модернизации	Комментарий
Дополнительная выручка (от нового комплекса)	Рост за счет объема: +12 000 тонн молока в год. Цена – рыночная.	**Дополнительный приток 1:** Премиальная цена за «зеленое»/сертифицированное молоко (+3-5%). **Дополнительный приток 2:** Продажа электроэнергии в сеть по «зеленому» тарифу.	ESG-премия на рынке B2B (молокоперерабатывающие комбинаты) становится реальным фактором. Биогазовая установка генерирует избыточную энергию.

Параметр / Сценарий	Базовый (без ESG)	Сценарий ESG-модернизации	Комментарий
Экономия операционных затрат (OPEX)	–	**Экономия 1:** Снижение затрат на электроэнергию и тепло на 40-50% за счет собственной генерации (БГУ+СЭС). **Экономия 2:** Исключение затрат на покупку подстилки (биореактор). **Экономия 3:** Снижение экологических платежей и риска штрафов.	Основной драйвер операционного эффекта. Прямая экономия на энергоресурсах, чьи тарифы имеют устойчивую тенденцию к росту.
Дополнительные OPEX	–	**Рост затрат:** Техническое обслуживание БГУ и СЭС, плата за сертификацию.	Не превышает 15-20% от величины годовой экономии.
Ставка дисконтирования (WACC)	Принята за 15% (типично для агропроектов с учетом рисков).	**Снижение WACC до 13,5%.**	Обоснование: доступ к «зеленому» финансированию под более низкий процент; снижение системных (репутационных, регуляторных) рисков проекта.

Источник: составлено автором

На основе экспертных оценок и анализа аналогичных проектов, чистый дополнительный ежегодный денежный поток (ΔCF) от ESG-мер для нового комплекса можно оценить в 25-30 млн руб., начиная со второго года после ввода в эксплуатацию (первый год – выход на проектную мощность).

Смоделируем инвестицию в размере **78,75 млн руб.** (дополнительные ESG-затраты) и ее отдачу в виде дополнительного денежного потока **в 28 млн руб./год** в течение 10 лет. Норма дисконта: базовый сценарий – 15%, ESG-сценарий – 13,5%.

Таблица 2

Сравнительный расчет NPV и IRR

Показатель	Базовый сценарий (инвестиция без ESG-премии)	Сценарий с ESG-модернизацией	Δ (Прирост от ESG)
Чистая приведенная стоимость (NPV), млн руб.	-78,75 + Σ(28/(1+0,15)^t) = **+61,9**	-78,75 + Σ(28/(1+0,135)^t) = **+79,4**	**+17,5 млн руб.**
Внутренняя норма доходности (IRR)	**~33%**	**~36%**	**+3 п.п.**

Источник: составлено автором

Инвестиции в ESG-модернизацию, рассматриваемые изолированно, демонстрируют высокую эффективность. Они не только самоокупаемы, но и создают дополнительную стоимость (положительный ΔNPV). Повышение IRR на 3 процентных пункта делает проект существенно более привлекательным для инвестора, чувствительного к доходности.

Определим, какие переменные оказывают наибольшее влияние на NPV ESG-сценария.

Таблица 3

Анализ чувствительности NPV ESG-проекта к изменениям ключевых параметров

Изменяемый параметр	Изменение параметра	NPV, млн руб.	Отклонение от базового NPV_esg
Базовый расчет	–	**79,4**	–
Величина дополнительного денежного потока (ΔCF)	Увеличение на +20%	103,1	+23,7
	Снижение на -20%	55,7	-23,7
Ставка дисконтирования (WACC)	Рост до 15% (как в базовом)	61,9	-17,5
	Снижение до 12%	89,6	+10,2
Срок получения «зеленой» премии на продукцию	Задержка на 2 года	67,1	-12,3

Источник: составлено автором

Наиболее чувствительный фактор – величина генерируемого денежного потока (ΔCF). Это подтверждает, что финансовый успех ESG зависит от реальной операционной эффективности технологий (экономия энергии, выход биогаза) и способности монетизировать «зеленый» статус.

Второй по значимости фактор – ставка дисконтирования. Снижение WACC на 1,5 п.п. (достижимое за счет ESG-финансирования) дает сопоставимый с ΔCF эффект. Это доказывает **двойной финансовый канал влияния ESG:** через доходы *и* через стоимость капитала.

Риск задержки монетизации существенен, но не фатален. Проект остается с положительным NPV, что свидетельствует о его устойчивости.

Проведенное моделирование на реальных данных АО «Племзавод «Повадино» позволяет сделать несколько принципиальных выводов, выходящих за рамки простого расчета NPV.

Во-первых, ESG-меры работают как механизм хеджирования ключевых операционных рисков.

- **Энергетический риск:** Установка биогазового реактора и СЭС напрямую снижает зависимость предприятия от роста тарифов на электроэнергию и газ. В условиях волатильности энергорынка это превращает статью переменных затрат в частично управляемую и прогнозируемую.
- **Регуляторный и репутационный риск:** проактивное решение проблемы утилизации навоза через биореактор (с получением энергии и удобрений) сводит к нулю риск будущих штрафов и блокировок со стороны контролирующих органов, а также жалоб местного населения. Для племенного завода, чья репутация – ключевой нематериальный актив, это критически важно.
- **Рыночный риск:** Диверсификация доходов за счет продажи электроэнергии и возможности получения премии за «зеленую» продукцию снижает зависимость от конъюнктуры единственного товарного рынка (молока).

Во-вторых, ESG открывает доступ к новым источникам капитала. Финансовый анализ предприятия выявил проблему растущей доли краткосрочных обязательств и снижения ликвидности. В такой ситуации классическое кредитование под высокие ставки усугубляет проблему. «Зеленые» облигации, ESG-кредиты (например, по программе МСП-устойчивое развитие) или инвестиции от фондов, следующих принципам устойчивого инвестирования

(Principles for Responsible Investment, PRI), предлагают более длинные деньги по сниженной ставке. Снижение WACC в нашей модели – не гипотеза, а отражение этой новой реальности на рынке капитала.

В-третьих, ESG-трансформация согласуется со стратегией самого предприятия. АО «Племзавод «Повадино» уже реализует масштабный инвестиционный проект, ориентированный на рост эффективности. Интеграция ESG-принципов в этот проект не меняет его сути, а **добавляет слой долгосрочной устойчивости и ценностного позиционирования,** что в конечном итоге защищает инвестиции и увеличивает отдачу от них.

Племенное животноводство, будучи высокотехнологичной и капиталоемкой отраслью, стоит на пороге переосмысления критериев инвестиционной привлекательности. На примере АО «Племзавод «Повадино» было показано, что экологические, социальные и управленческие критерии (ESG) – это не просто формальное соответствие трендам, а мощный инструмент финансового инжиниринга.

Ключевые выводы:

- **ESG-модернизация может генерировать положительный ΔNPV.** Внедрение технологий замкнутого цикла (биогаз, ВИЭ) и «зеленая» сертификация создают дополнительные денежные потоки за счет прямой экономии ресурсов и премиализации продукции.
- **ESG снижает системную risk-премию проекта.** Снижение ставки дисконтирования (WACC) вследствие уменьшения регуляторных и репутационных рисков, а также доступа к целевому финансированию, является столь же значимым финансовым эффектом, как и рост операционного дохода.
- **Для племенных хозяйств ESG – это стратегическая необходимость.** Репутация, долгосрочная устойчивость и генетическая ценность – их основные активы. ESG-подход системно защищает и усиливает эти активы.

Перспективы дальнейших исследований лежат в области разработки отраслевых ESG-метрик для животноводства (например, углеродного следа на единицу продукции с учетом племенной ценности), а также углубленного анализа синергии между отдельными мерами в рамках триады E, S и G. Очевидно, что будущее конкурентоспособного племенного животноводства принадлежит тем, кто сможет превратить экологические и социальные обязательства в источник финансовой устойчивости и роста инвестиционной привлекательности.

Библиографический список

1. Алексеева, И.В. Управление ESG-рисками в агропромышленном комплексе: монография / И.В. Алексеева, П.С. Романов. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 218 с.

2. Ашмарина Т.И. ESG-принципы в отрасли овощеводства открытого грунта / Т.И. Ашмарина, Ю.В. Чутчева, Т.В. Бирюкова, Н.А. Ягудаева // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. - №65. – С. 114-117.

3. Головань, В.Т. Экономическая оценка биоэнергетических проектов в сельском хозяйстве на основе жизненного цикла / В.Т. Головань, А.Г. Лещук // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2024. – № 5. – С. 56-62.

4. Практика внедрения ESG-принципов в сельскохозяйственных холдингах: аналитический отчет / Ассоциация «Рустави». – М., 2023. – 67 с.

5. Российский ESG-барометр. Сельское хозяйство и продовольствие: ежегодный обзор / Центр ответственного природопользования РАН. – М.: Изд-во РАН, 2024. – 112 с.

6. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д.А. Антонова, Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с.

УДК 338.43:502.51

РОЛЬ ESG-ПОДХОДА В ИЗМЕНЕНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Большов Евгений Романович, *студент 2 курса магистратуры института Экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», evgeny.bolshov@mail.ru*
Давыдов Алексей Андреевич, *студент 2 курса магистратуры института Экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», davydov.aleksey.2001@yandex.ru*
Научный руководитель – Быков Александр Александрович*, д.э.н., доктор, заведующий кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», n.yagudaeva@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье анализируется роль ESG-подхода в изменении водопользования предприятий АПК. Рассмотрены принципы устойчивого развития и ESG с точки зрения экологических, социальных и управленческих факторов. Изучены механизмы рационального водопользования, сокращения сточных вод и снижения экологической нагрузки.*

Ключевые слова: *ESG-подход, устойчивое развитие, агропромышленный комплекс, водопользование, сточные воды, рациональное использование ресурсов.*

В 1999 году на экономическом форуме в Давосе был принят договор ООН об устойчивом развитии бизнеса. Устойчивое развитие – это концепция развития, направленная на удовлетворение текущих потребностей общества без ущерба для способности будущих поколений удовлетворять собственные потребности. Другими словами, концепция устойчивого развития ориентирована на баланс между экологическими факторами, экономическим ростом, а также социальным благополучием, что получило дальнейшее развитие и конкретизацию в рамках ESG-подхода. Термин ESG (Environmental, Social, Governance) сформировался как подход к управлению, позволяющий трансформировать модели хозяйственной деятельности и оценки предприятий с учетом экологических, социальных и управленческих факторов. Внедрение ESG-принципов позволяет учитывать экологические, социальные и управленческие факторы в процессе принятия управленческих решений. Это обеспечивает не только формирование долгосрочных конкурентных преимуществ, но и повышение устойчивости развития предприятия. Именно поэтому ESG-подход особенно важен для агропромышленного комплекса, поскольку способствует повышению продовольственной безопасности, конкурентоспособности отрасли, развитию сельских территорий, адаптации к климатическим изменениям и укреплению экологической устойчивости.

Наиболее значимое направление реализации ESG-принципов в деятельности АПК выступает водопользование, поскольку вода является одним из ключевых ресурсов для его функционирования. В ходе использования водных ресурсов образуются сточные воды, в которых содержатся органические и химические загрязнения, приводящие к высокой антропогенной нагрузке при их сбросе. Водопользование в агропромышленном комплексе имеет особую значимость по следующим причинам:

- роль водных ресурсов заключается в обеспечении устойчивого функционирования АПК, поскольку вода используется в различных производственных, технических и санитарно-гигиенических процессах;
- объемы производства сельскохозяйственной продукции напрямую зависят от эффективности использования воды;

- объемы забора воды и ее качество оказывают прямое влияние на состояние почв и их урожайность, а иррациональное водопользование приводит к их деградации и снижению продуктивности;
- образование сточных вод и их недостаточная очистка приводят к загрязнению водных объектов и усилению нагрузки на окружающую среду;
- значение рационального водопользования возрастает в условиях изменения климата;
- рациональное водопользование позволяет снижать экономические издержки, что способствует повышению устойчивости предприятий.

Поэтому вопросы рационального водопользования, а также сокращения сточных вод приобретают особую значимость.

Основные направления влияния ESG-подхода на водопользование предприятий агропромышленного комплекса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Направления влияния ESG-подхода на водопользование предприятий АПК

Направление ESG-влияния	Содержание изменений в водопользовании	Ожидаемый эффект для предприятия АПК
Контроль объемов водозабора	Введение систем учета потребления воды, регулярный мониторинг источников водоснабжения, анализ фактических объемов использования воды	Снижение избыточного потребления воды и повышение управляемости производственных процессов
Сокращение потерь воды	Устранение утечек, модернизация сетей водоснабжения, повышение технической надежности инфраструктуры	Снижение производственных издержек и рационализация использования водных ресурсов
Очистка сточных вод	Модернизация очистных сооружений, контроль качества сбросов, снижение содержания органических и химических загрязнений	Уменьшение экологической нагрузки на водные объекты и снижение риска штрафных санкций
Повторное использование воды	Внедрение оборотного водоснабжения, использование очищенной воды в технических и санитарных процессах	Сокращение потребности в заборе пресной воды и повышение ресурсной эффективности
ESG-отчетность и мониторинг	Раскрытие информации о водопотреблении, сточных водах, экологических мерах и достигнутых результатах	Рост прозрачности деятельности, укрепление доверия инвесторов, банков и государства
Водосберегающие технологии	Использование капельного орошения, цифрового мониторинга, автоматизированных систем управления водопотреблением	Адаптация к климатическим изменениям и повышение устойчивости сельскохозяйственного производства
Государственная и инвестиционная поддержка	Привлечение «зеленого» финансирования, субсидий и льготных кредитов для модернизации водной инфраструктуры	Повышение инвестиционной привлекательности и ускорение экологической модернизации

Источник: составлено авторами.

Таким образом, ESG-подход позволяет рассматривать водопользование не только как производственный ресурс, но и как стратегический фактор экологической, экономической и инвестиционной устойчивости предприятий АПК.

ESG-подход оказывает прямое влияние на водопользование организаций и предприятий, поскольку обязывает их на более рациональное использование водных ресурсов и снижение экологической нагрузки. Происходит переход от экстенсивного потребления к интенсивному за счет внедрения новых моделей, основанных на контроле объемов забора воды, сокращении потерь при транспортировке и использовании. Не менее важен и тот факт, что уделяется особое внимание за качеством сточных вод и снижению загрязнения водных объектов, что в совокупности повышает устойчивость деятельности АПК. Так, директор по взаимодействию с федеральными и региональными властями ГК «Росводоканал» С. Кржановский отмечает, что благодаря воздействию ESG-повестки и усилению экологического регулирования были реализованы меры по повышению качества водоочистки и эффективности водопользования, а также в обеспечении надежности систем водоснабжения и водоотведения с утилизацией осадка от сточных вод. Стоит отметить, что инвестиции в развитие соответствующей инфраструктуры также существенно выросли: за год их объем увеличился в три раза и в 2024 г. достиг 20,1 млрд руб.

Рис.1 Механизм влияния ESG-подхода на водопользование предприятий АПК

Практическое влияние ESG-подхода прослеживается и у ряда крупных агропромышленных компаний. Например, в отчете агрохолдинга «Русагро» рациональное использование водных ресурсов выделяется как одно из приоритетных направлений в области устойчивого развития экологии. Компания ориентируется на повышение эффективности использования воды и снижению объемов ее забора, а также на модернизацию и развитие специальных систем очистки сточных вод. Все это привело к снижению общего объема потребленной воды на 16% – 21 515 м^3, а удельное водопотребление понизилось до 22% или 2,05 м^3 на тонну произведенной продукции. Основываясь на полученных результатах, мы

можем сделать вывод ESG-подход является эффективным инструментом повышения экологической и экономической устойчивости предприятий АПК.

Внедрение ESG-принципов в управление водными ресурсами предоставляет предприятиям агропромышленного комплекса ряд весомых преимуществ, которые затрагивают как экологическую, так и экономическую сферы деятельности. Ключевыми из них являются:

- снижение экологической нагрузки – сокращение забора пресной воды и объёмов загрязнённых сточных вод способствует сохранению водных экосистем, предотвращает деградацию почв и снижает риски штрафов со стороны надзорных органов.
- экономическая выгода – оптимизация водопотребления, уменьшение потерь при транспортировке и повторное использование воды ведут к прямому снижению производственных издержек и себестоимости продукции.
- повышение инвестиционной привлекательности – соблюдение ESG-критериев открывает доступ к «зелёному» финансированию, льготным кредитам и средствам ответственных инвесторов, которые всё чаще учитывают водную политику компаний.
- укрепление репутации – прозрачная экологическая отчётность и ответственное водопользование повышают доверие со стороны государства, местных сообществ и потребителей, что особенно важно для работы в чувствительных с экологической точки зрения регионах.
- адаптация к климатическим изменениям – внедрение водосберегающих технологий (капельное орошение, замкнутые системы) снижает риски дефицита воды в засушливые периоды и обеспечивает стабильность сельскохозяйственного производства.

Несмотря на очевидные достоинства, применение ESG-принципов при управлении водными ресурсами в АПК сталкивается с рядом объективных проблем, которые сдерживают их широкое внедрение. Основные ограничения включают:

- высокие первоначальные инвестиции – строительство очистных сооружений, установка систем учёта и оборотного водоснабжения требуют значительных капитальных затрат, что особенно сложно для малых и средних сельхозпредприятий с низкой маржинальностью.
- длительный срок окупаемости – экономический эффект от сокращения водопотребления и снижения штрафов за сбросы проявляется постепенно, зачастую через 5–10 лет, что делает такие проекты менее привлекательными в условиях высокой ключевой ставки.
- дефицит квалифицированных кадров – для реализации ESG-стратегии в водопользовании необходимы экологи, гидрологи и инженеры-водоочистители, которых остро не хватает в сельской местности, а обучение существующего персонала требует дополнительных ресурсов.
- риск формального подхода (greenwashing) – некоторые компании лишь декларируют приверженность ESG, ограничиваясь установкой счётчиков без реального сокращения сбросов, что не приносит экологического эффекта и дискредитирует саму идею устойчивого развития.
- несовершенство нормативной базы – отсутствие чётких требований к раскрытию нефинансовой отчётности по водным ресурсам и недостаточные экономические стимулы (субсидии, налоговые льготы) снижают мотивацию предприятий к добровольному переходу на ESG-стандарты.

Таким образом, ESG-подход является эффективным инструментом трансформации водопользования в агропромышленном комплексе. Он обеспечивает переход от экстенсивного потребления водных ресурсов к рациональному, основанному на контроле заборов, снижении потерь, качественной очистке сточных вод и повторном использовании воды. Как показывают

примеры «Русагро» и «Росводоканала», внедрение ESG-принципов уже сегодня даёт измеримые результаты: сокращение водопотребления, снижение удельных затрат и рост инвестиций в водоохранную инфраструктуру. Вместе с тем существуют объективные ограничения – высокая стоимость модернизации, длительная окупаемость, дефицит кадров и риск формального подхода. Для их преодоления необходима государственная поддержка (субсидирование «зелёных» технологий, налоговые льготы, образовательные программы) и развитие рыночных механизмов. Таким образом, при грамотной реализации и учёте отраслевой специфики ESG-подход способен кардинально повысить экологическую и экономическую устойчивость водопользования в АПК, обеспечивая баланс между потребностями бизнеса, общества и будущих поколений.

Библиографический список

1. Максимчук, О. В. Восстановление источников воды, используемых в сельском хозяйстве: технико-экономические аспекты / О. В. Максимчук, С. Б. Болдырева, В. А. Гец [и др.] // Проблемы региональной экологии. – 2024. – № 6. – С. 69-77.

2. Нурмухаметов, Н. Н. Основные проблемы водоснабжения сельского хозяйства в Центрально-Азиатском регионе и экономические пути их решения / Н. Н. Нурмухаметов, Э. В. Белоусова // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2025. – № 2 (53). – С. 75-82.

3. Сеитова, Л. П. Стратегия устойчивого роста сельского хозяйства региона в условиях ограниченности водных ресурсов / Л. П. Сеитова // Экономическое развитие и анализ. – 2024. – Т. 2, № 12. – С. 377-388.

4. Тарасова, О. Н. Зеленая таксономия агропромышленного комплекса России: текущий статус и направления развития / О. Н. Тарасова, Н. А. Проданова, Ю. К. Харакоз, Н. Д. Георгадзе // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 337-362.

5. Шагина, Е. А. Внедрение ESG-повестки в агропромышленный комплекс / Е. А. Шагина, Е. П. Усова // Известия Байкальского государственного университета. – 2024. – Т. 34, № 2. – С. 89-97.

6. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д.А. Антонова, Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с.

УДК 338.43:336.77

РОЛЬ ESG-КОВЕНАНТОВ В УПРАВЛЕНИИ КРЕДИТНЫМ РИСКОМ: ОТ СНИЖЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ДЕФОЛТА ДО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ КРЕДИТОРОМ И ИНВЕСТОРОМ

Большов Евгений Романович, *студент 2 курса магистратуры института Экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»*
E-mail: evgeny.bolshov@mail.ru
Давыдов Алексей Андреевич, *студент 2 курса магистратуры института Экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»*
E-mail: davydov.aleksey.2001@yandex.ru

Научный руководитель - Ягудаева Наталья Алексеевна*, к.э.н., доцент кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», n.yagudaeva@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье рассматривается роль ESG-ковенантов в управлении кредитным риском и их влияние на условия финансирования заемщиков. Показано, что учет*

экологических, социальных и управленческих факторов позволяет банкам точнее оценивать вероятность дефолта, корректировать процентные ставки и снижать риски кредитного портфеля. Особое внимание уделено применению ESG-инструментов в банковской практике и агропромышленном комплексе, где устойчивое развитие связано с экологическими, климатическими и управленческими рисками. Сделан вывод о значимости ESG-ковенантов для повышения финансовой устойчивости организаций и развития ответственного финансирования.

Ключевые слова: *ESG-принципы, ESG-ковенанты, ESG-банкинг, кредитный риск, устойчивое развитие, дефолт, агропромышленный комплекс*

ESG-принципы – это развитие предприятий в нескольких направлениях: экологическом; социальном и управленческом (Environmental Social Governance). Применение этих принципов компаниями позволяет повысить их инвестиционную привлекательность, а также финансовую устойчивость. Экологический аспект отвечает за защиту окружающей среды, снижения выбросов и использование новых зеленых технологий. Социальный аспект направлен на защиту социальной сферы: обучение и развитие персонала; безопасность труда; отсутствие дискриминации по любому из признаков. Управленческий связан с эффективностью руководства, борьбой с мошенничеством и коррупцией.

ESG-банкинг – банковская деятельность, основанная на принципах ESG, которая направлена на достижение Целей устойчивого развития, сформулированных ООН в 2015 году, а также на защите экологии и климата нашей планеты. Банки используются как проводники, которые не только стимулируют переход к зеленой экономике, но и помогают «профинансировать» зеленые проекты компаний. Помощь заключается как в финансовом виде, так и в юридическом и организационном.

В ESG-банкинге выделяют несколько преимуществ перед другими моделями:

- использование других инструментов и альтернатив для быстрой адаптации к резко меняющимся условиям и волнениям рынков;
- привлечение новых инвесторов и клиентов, а также новых передовых технологий, введение новых продуктов.

Ключевое отличие ESG-банкинга от традиционной модели кредитования заключается в смещении акцента с перераспределения рисков на их активное управление. В условиях кризиса классический подход часто предполагает удорожание ресурсов и перенос рисков на заемщика за счёт повышения процентных ставок. Напротив, ESG-банк ориентируется на совместную работу с клиентом по выявлению и снижению факторов риска, способных повлиять на его финансовую устойчивость. В результате процентные ставки по кредитам могут сохраняться на прежнем уровне либо корректироваться в сторону снижения. Такой подход способствует поддержанию платёжеспособности заемщиков и снижению вероятности дефолтов, что, в свою очередь, позволяет банку минимизировать потенциальные убытки и обеспечивать устойчивость кредитного портфеля в долгосрочной перспективе.

Банки используют ESG-рейтинги, чтобы оценить устойчивость и репутационные риски компаний перед выдачей кредита. Процесс начинается с анализа того, как компания соблюдает принципы экологической, социальной и управленческой ответственности на практике: уровень выбросов, отношение к сотрудникам, корпоративное управление и прозрачность отчётности. На основе этих данных банк формирует внутренний ESG-профиль клиента, который влияет на условия кредитования.

Ценообразование кредитов с учётом ESG также становится важным инструментом для банков. Уровень ESG-профиля компании напрямую влияет на процентную ставку и структуру комиссий: чем выше показатели устойчивости и соблюдения ESG-принципов, тем более выгодные условия кредитования банк может предложить. Например, компания с высоким ESG-рейтингом получает сниженную ставку, что отражает меньший риск дефолта и

репутационный риск для банка. В то же время низкие ESG-показатели могут привести к повышению ставок или необходимости дополнительных гарантий.

Взаимосвязь ESG-профиля заемщика, уровня кредитного риска и условий финансирования представлена в таблице 1. Данная таблица позволяет показать, что ESG-критерии в кредитном процессе выполняют не только оценочную, но и регулирующую функцию: они влияют на параметры кредитного договора, стоимость заемного капитала и интенсивность банковского мониторинга.

Таблица 1

Влияние ESG-профиля заемщика на параметры кредитного риска и условия финансирования

Уровень ESG-профиля заемщика	**Характеристика заемщика**	**Влияние на кредитный риск**	**Возможная реакция банка**	**Влияние на стоимость финансирования**
Высокий ESG-профиль	Компания раскрывает ESG-информацию, соблюдает экологические, социальные и управленческие требования, имеет прозрачную систему отчетности.	Снижается вероятность дефолта за счет большей устойчивости бизнеса, более качественного управления и меньших репутационных рисков.	Банк может предложить пониженную процентную ставку, льготные условия, сниженные комиссии.	Стоимость кредита снижается.
Средний ESG-профиль	Компания частично внедряет ESG-принципы, но имеет отдельные пробелы в отчетности, экологической политике или корпоративном управлении.	Риск оценивается как умеренный; банк требует дополнительного мониторинга показателей.	Банк может сохранить стандартные условия кредитования, но включить ESG-ковенанты в договор.	Стоимость кредита остается стандартной или корректируется незначительно.
Низкий ESG-профиль	Компания не раскрывает нефинансовую информацию, имеет экологические, социальные или управленческие риски.	Повышается вероятность дефолта, а также регуляторные, операционные и репутационные риски.	Банк может повысить ставку, потребовать дополнительные гарантии, усилить контроль или отказать в финансировании.	Стоимость кредита возрастает.

Уровень ESG-профиля заемщика	Характеристика заемщика	Влияние на кредитный риск	Возможная реакция банка	Влияние на стоимость финансирования
Улучшение ESG-показателей в период действия кредита	Заемщик выполняет ESG-ковенанты, снижает выбросы, повышает прозрачность управления, улучшает социальные практики.	Кредитный риск постепенно снижается, поскольку уменьшаются экологические, социальные и управленческие угрозы.	Банк может пересмотреть ставку, уменьшить комиссию или сохранить льготные условия.	Стоимость финансирования может быть снижена.
Нарушение ESG-ковенантов	Заемщик не выполняет заявленные ESG-обязательства или ухудшает ESG-показатели.	Риск банка возрастает из-за роста вероятности дефолта, репутационных потерь и регуляторных последствий.	Возможны штрафные санкции, повышение ставки, требование дополнительных гарантий или усиленный контроль.	Стоимость финансирования увеличивается.

Источник: составлено авторами

Таким образом, ESG-профиль заемщика становится самостоятельным фактором кредитного анализа. Для банка он отражает не только уровень нефинансовых рисков, но и способность заемщика поддерживать устойчивость бизнеса в долгосрочной перспективе. Поэтому включение ESG-ковенантов в кредитный договор позволяет связать выполнение экологических, социальных и управленческих обязательств с конкретными финансовыми последствиями: снижением или повышением процентной ставки, изменением комиссий, применением штрафных санкций либо требованием дополнительных гарантий.

ESG-ковенанты – это специальные условия, которые устанавливаются в финансовой сделке с учетом нефинансовых критериев (ESG), что дает одной из сторон управлять уровнем инвестиционного риска, а другой позволяет осуществлять разработку финансовой стратегии. Банк может предусмотреть повышение процентной ставки или штраф за несоблюдение экологических норм, а при улучшении ESG-показателей – наоборот, снизить ставку. Например, Сбербанк выдал кредит АФК «Система», в котором были включены ESG-ковенанты. Условия заключались в специальной ставке, которая могла повышаться или понижаться в зависимости от экологической политики и интеграции зеленых принципов в инвестиционный портфель заемщика. Совкомбанк также был одним из первых кто выдал зеленый кредит на строительство АЭС в Турции. ESG-ковенанты заключались в снижении процентной ставки по кредиту, при условии что заемщик обязуется достигнуть ряд обязательств по защите окружающей среды региона при строительстве.

ESG-банкинг традиционно ассоциируется с корпоративным финансированием, но кроме того банки всё активнее предлагают услуги для физических лиц, позволяя клиентам вкладывать деньги или управлять финансами с учётом устойчивости и социального воздействия. Ключевые направления таких услуг:

1. Зелёные и социальные депозиты – средства клиентов направляются на проекты с положительным ESG-эффектом: развитие возобновляемой энергетики, инфраструктуры устойчивого развития, образовательных программ. Часто банки

предлагают повышенную процентную ставку или бонусы за участие в таких продуктах, одновременно стимулируя социально ответственные инициативы.

2. Инвестиционные ESG-фонды – физические лица могут инвестировать в фонды, которые отбирают компании с высокими ESG-показателями. Такие фонды не только минимизируют репутационные и финансовые риски, но и дают возможность заработать на долгосрочном росте устойчивого бизнеса.
3. Кредитные и ипотечные продукты с ESG-компонентом – некоторые банки предлагают пониженные ставки по ипотеке или кредиту при покупке «зелёного жилья» (энергоэффективного, с низким углеродным следом) или при соблюдении экологических требований заемщиком.
4. Персональные консультации и цифровые сервисы – банки создают мобильные приложения и консультационные сервисы, которые помогают клиенту отслеживать влияние его финансов на экологию и социальную сферу, например, подсчитывать «углеродный след» своих расходов или выбирать устойчивые продукты для инвестиций.

Несмотря на активное внедрение ESG-принципов в банковской сфере и растущий интерес к устойчивому финансированию, отрасль сталкивается с рядом серьёзных трудностей. Одной из главных трудностей на пути развития ESG-банкинга остаётся отсутствие единых стандартов и методик оценки ESG-показателей, что мешает банкам и инвесторам объективно сопоставлять результаты и правильно оценивать риски и выгоды устойчивого развития. Внутри рынка пока нет общепринятой системы рейтингов и чёткой связи между ними и условиями финансирования, из-за чего финансовые организации сталкиваются с неопределённостью при принятии решений. Ещё одна серьёзная проблема – недостаток поддержки со стороны государства и слабая регуляторная координация, что особенно чувствуется в условиях экономической нестабильности и тормозит внедрение ESG-принципов. Эксперты предлагают несколько путей решения: во-первых, разработка унифицированной методологии ESG-рейтингов, согласованной между участниками рынка; во-вторых, создание стимулов со стороны государства, которые бы поддерживали банки в финансировании устойчивых проектов и компенсировали дополнительные расходы на оценку и контроль ESG-факторов.

Единых требований к ESG-отчетности пока нет, однако компании используют международные стандарты SASB, TCFD и GRI, которые обеспечивают более прозрачное раскрытие нефинансовой информации. SASB ориентирован на отраслевые стандарты отчетности в сфере устойчивого развития и финансовой значимости ESG-факторов. TCFD был разработан для раскрытия финансовой информации, связанной с климатическими рисками; после завершения работы инициативы ее мониторинг перешел к IFRS Foundation. GRI является одной из наиболее известных глобальных инициатив, позволяющих организациям оценивать и раскрывать свое воздействие на экологию, социальную сферу и управление.

Данные стандарты выступают важным инструментом борьбы с гринвошингом, поскольку повышают прозрачность отчетности и снижают риск манипулирования ESG-показателями. Дополнительным механизмом контроля является независимая проверка отчетности, которая позволяет подтвердить достоверность раскрываемых данных и повысить доверие со стороны стейкхолдеров.

ESG-ковенанты имеют особое значение для агропромышленного комплекса, поскольку отрасль напрямую зависит от природных ресурсов и подвержена экологическим, экономическим и социальным рискам. Внедрение ESG-принципов в сельское хозяйство позволяет снизить деградацию земельных и водных ресурсов, рационализировать использование ограниченных ресурсов, уменьшить выбросы парниковых газов и повысить устойчивость производства к климатическим изменениям. Банки, используя ESG-ковенанты, стимулируют компании внедрять экологичные решения, развивать прозрачное корпоративное управление и применять технологии мониторинга урожайности и ресурсопотребления. Это

повышает финансовую устойчивость, инвестиционную привлекательность и конкурентоспособность предприятий АПК.

Таким образом, в условиях трансформации финансовых рынков ESG-принципы становятся важной частью банковской и корпоративной практики. Использование ESG-оценки, ESG-ковенантов и нефинансовой отчетности позволяет банкам и инвесторам точнее управлять рисками, а компаниям — укреплять финансовую устойчивость. Интеграция ESG-факторов в кредитование способствует снижению вероятности дефолтов, развитию долгосрочных отношений между кредиторами и заемщиками и формированию более устойчивой финансовой системы.

Библиографический список

1. Абрамов А. Е., Чернова М. А., Щербак А. А. The impact of ESG rankings on credit spreads of corporate bonds in Russia / А. Е. Абрамов, М. А. Чернова, А. А. Щербак. – Текст: электронный // Journal of Corporate Finance Research [сайт]. – URL: https://journals.rcsi.science/2073-0438/article/view/302664/en_US (дата обращения: 24.02.2026).

2. Батуева И. А. The possibilities of using sustainable banking products to address environmental issues and the impact of ESG-risks / И. А. Батуева. – Текст: электронный // Scientific Research and Development. Economics of the Firm [сайт]. – URL: https://www.naukaru06.ru/en/nauka/article/100640/view (дата обращения: 24.02.2026).

3. Каяк А. «ESG-банкинг существует, чтобы у клиентов не было дефолтов, а у банков – убытков» / А. Каяк. – Текст: электронный // Деловой квартал [сайт]. – URL: https://www.dk.ru/news/237158875 (дата обращения: 21.02.2026).

4. Самиев П. «Зелень» – в розницу: как ESG влияет на банковские продукты? / П. Самиев. – Текст: электронный // Банки.ру [сайт]. – URL: https://www.banki.ru/news/columnists/?id=10960930 (дата обращения: 21.02.2026).

5. Степанов С. В. Перспективы развития ESG-банкинга в России / С. В. Степанов. – Текст: электронный // Научный аспект [сайт]. – URL: https://na-journal.ru/8-2024-ekonomika-menedzhment/14650-perspektivy-razvitiya-esg-bankinga-v-rossii (дата обращения: 21.02.2026).

6. Чернышова Е. «Зеленая» ипотека и снижение углеродного следа: как банки внедряют ESG / Е. Чернышова. – Текст: электронный // РБК Тренды [сайт]. – URL: https://trends.rbc.ru/trends/green/6167ee289a7947ead51b81fd (дата обращения: 20.02.2026).

УДК 338.43

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНСТРУМЕНТОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ESG-ПЕРЕХОДА ПРЕДПРИЯТИЯ: ЛИЗИНГ, БАНКОВСКИЙ КРЕДИТ И СУБСИДИИ В РАЗРЕЗЕ СТОИМОСТИ КАПИТАЛА.

***Бурлаков Тимофей Сергеевич**, магистр 2 курса кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, timashburlakov@yandex.ru.*

***Ягудаева Наталья Алексеевна**, к. э. н., доцент кафедра экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, n.yagudaeva@rgau-msha.ru.*

***Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам сравнительного анализа основных инструментов ESG-перехода компаний и предприятий агропромышленного комплекса, таких как лизинг, банковский кредит и субсидии/гранты в разрезе стоимости капитала. Сформулированы выводы о целесообразности применения комбинированного подхода к финансированию ESG-перехода в животноводстве.*

***Ключевые слова:** ESG-переход, лизинг, банковский кредит, субсидии, гранты.*

В современном мире сельскохозяйственные предприятия и компании заинтересованы повышать эффективность производства, быть конкурентоспособными и внедрять новые технологии для повышения интереса со стороны потребителя. Для достижения высокого уровня развития, компаниям необходимо вкладывать значительную часть финансов в модернизацию предприятия сельскохозяйственного комплекса, чтобы соблюдать требования со стороны регулирующих структур и оставаться востребованными на рынке. Такими финансами являются инвестиции. Самыми эффективными инструментами инвестирования являются лизинг, банковский кредит и субсидии/гранты.

В секторе животноводства для развития производства осуществляется строительство новых комплексов или модернизация существующих, обновление оборудования и закупка технического оснащения. Все эти действия направлены на увеличение числа поголовья на территории предприятия и расширения производства продукции, а также соблюдения ESG-принципов. Средством достижения поставленных целей перед руководством предприятий АПК являются различные способы инвестирования.

Предприятия АПК привлекают инвесторов для продвижения и увеличения выпуска своей продукции. С учетом ограниченности денежных ресурсов у компаний, инвесторы, при выборе, ищут более выгодные и целесообразные способы инвестирования.

Предлагаем рассмотреть основные виды инструментов инвестирования и дать им сравнительную оценку.

Таблица 1

Сравнительная оценка инструментов инвестирования

Инструмент	**Стоимость капитала**	**Гибкость**	**Доступность**	**ESG-эффект**
Лизинг	Средняя	Высокая	Высокая	Средний-высокая
Банковский кредит	Низкая-средняя	Средняя	Средняя	Высокий
Субсидии/гранты	Минимальная	Низкая	Ограниченная	Максимальный

Источник: Разработано автором

В представленной таблице рассматриваются 3 основных вида инструментов финансирования предприятий АПК: лизинг, банковский кредит, субсидии/гранты. Рассмотрим каждый вид по отдельности.

Для наглядного представления логики выбора инструментов финансирования ESG-перехода предприятия АПК целесообразно использовать следующую схему.

Рис.1 Сравнительная схема применения инструментов финансирования ESG-перехода предприятия АПК: лизинг, банковский кредит, субсидии и гранты

На животноводческих предприятиях чаще всего используют лизинг для покупки оборудования. Ставка льготного лизинга варьируется от 3% до 6% на срок до 8 лет, что делает более выгодным предложением в отличии от стандартного банковского кредита без учета льготной программы.

Гибкость лизинга заключается в получении техники или оборудования без полной оплаты товара, а также возможность распределить платежи на весь срок эксплуатации техники.

Лизинг доступен предприятиям АПК через АО «Росагролизинг», при условии того, что основной вид деятельности компании соответствует ОКВЭД 01.4.

Также стоит отметить, что ESG-эффект – средний-высокий, так как сельскохозяйственные компании могут закупать различную технику или оборудование, которая снижает углеродный след.

Банки предоставляют кредит на льготной основе для сельскохозяйственных компаний, занимающихся животноводством, под 0,01-0,1% на сумму до 1 млрд. руб. на 1 год. Такая ставка была характерна для индивидуальных предпринимателей и юридических лиц в 2024 году. По информации на 2026 год для более крупных предприятий АПК ставка составляет порядка 1%-5%.

За счет кредита компании могут осуществлять закупку нового поголовья, модернизацию старых или новых сооружений. Однако, данный инструмент имеет свои последствия: банк берет землю, оборудование или технику под залог, также есть строгий график платежей по закрытию задолженности.

Возможность взять льготный кредит в банке у сельскохозяйственных предприятий есть, но при условии соответствия ОКВЭД 01.4, при этом малым хозяйствам этот инструмент инвестирования может быть неодобрен кредит из-за невозможности внести залог в описанных ранее примерах или недостатка отчетности на предприятии.

ESG-эффект находится на высоком уровне в данном инструменте из-за требований со стороны банка в соблюдении экологической безопасности. При соблюдении данных условий банки могут снижать ставку на кредит, как это делал ПАО Сбербанк в 2022 году. ПАО Сбербанк составлял ESG-рейтинги для компаний и снижал кредитную ставку за соблюдение ESG-принципов.

Третий вид – субсидии/гранты. Данный вид финансирования предоставляется предприятиям АПК на безвозмездной основе.

При этом субсидии/гранты строго направлены на создание или развитие предприятия, закупку оборудования или увеличение числа поголовья.

Однако, доступность возможна при соблюдении нескольких критериев. Например, необходимо участие в конкурсах, таких как «Агростартап», победа в них, наличие бизнес-плана, а также подача соответствующих документов в региональные органы, как Министерство сельского хозяйства.

Также стоит отметить, что в данном инструменте инвестирования наблюдается максимальный уровень ESG-эффекта. Он достигается за счет того, что субсидии/гранты направлены на внедрение технологий для соблюдения ESG-принципов. Данный вид инвестирования помогает обрести финансовую уверенность для малых или начинающих хозяйств, дает развитие на создание более крупного предприятия.

При выборе финансового инструмента на предприятиях АПК, занимающихся животноводством, необходимо учитывать не только стоимость и доступность средств для обеспечения производства, но и цели, поставленные перед фермами, учитывающие устойчивое развитие и соблюдение зеленой экономики. В результате, наилучшим инструментом инвестирования является –комбинированный подход, включающий в себя все виды финансирования компаний на разных этапах. Это позволит минимизировать затраты на первоначальном этапе (субсидии/гранты), модернизировать или обновить имеющееся оборудование и технику (лизинг), повысить конкурентоспособность и увеличить производство выпускаемой продукции на рынке (льготное кредитование).

Библиографический список

1. Государственная поддержка малого и среднего бизнеса (МСП) в 2026: все виды помощи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.delta-i.ru/print/articles/poleznaya-informacziya/gosudarstvennaya-podderzhka-malogo-i-srednego-biznesa-msp-v-2026-vse-vidy-pomoshchi/ (дата обращения: 01.04.2026).
2. Гранты на развитие бизнеса: какие бывают и как получить поддержку [Электронный ресурс] // Skillbox. – Режим доступа: https://skillbox.ru/media/business/granty-na-razvitie-biznesa-kakie-oni-byvayut-i-kak-poluchit-podderzhku/ (дата обращения: 09.04.2026).
3. Косов, П. Н. Государственная поддержка лизинга сельскохозяйственной техники: современное состояние и перспективы развития / П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева, Н. А. Ягудаева // Modern Economy Success. – 2023. – № 1. – С. 32–37.
4. Лизинг в сельском хозяйстве: юридические риски и защита [Электронный ресурс] // Саенко Групп. – Режим доступа: https://saenko-group.ru/press-center/articles/lizing-v-selskom-hozyajstve-yuridicheskie-riski-i-zashhita/ (дата обращения: 09.04.2026).
5. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО "Сам полиграфист", 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0. – EDN JABGKW.
6. ESG-оценка: сравнительный анализ инструментов и новые возможности для ответственного инвестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/esg-otsenka-sravnitelnyy-analiz-instrumentov-i-novye-vozmozhnosti-dlya-otvetstvennogo-investirovaniya/viewer (дата обращения: 09.04.2026).

УДК 631.158

РЕЦИКЛИНГ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ: МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ

***Бурлаков Тимофей Сергеевич**, магистр 2 курса кафедры экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*, timashburlakov@yandex.ru.

***Научный руководитель** - Чутчева Юлия Васильевна, д. э. н., профессор, кафедра экономики и организации производства, институт экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru

***Аннотация.** В статье рассматривается рециклинг в животноводстве как инструмент повышения экологической и экономической эффективности предприятий АПК. Раскрыта сущность переработки и повторного использования органических отходов — навоза, помета и мясокостных отходов — с получением удобрений, биогаза и кормовых добавок. Проведена сравнительная характеристика основных методов рециклинга: компостирования, анаэробного сбраживания, сепарации навоза, сухой экструзии, биоконверсии насекомыми и биодинамического компостирования. Выявлены их преимущества, ограничения и условия применения. Сделан вывод о том, что внедрение рециклинга способствует снижению экологической нагрузки, сокращению затрат, формированию замкнутого производственного цикла и повышению инвестиционной привлекательности животноводческих предприятий.*

***Ключевые слова:** рециклинг, переработка, экологическая эффективность.*

Рециклинг является определенным процессом переработки, при котором происходит повторное использование отходов и их возобновление в производственном цикле, после соответсвенной обработки. Также это является разновидностью переработки, при котором материалы, способные многократно перерабатываться без существенных изменений качества продукции, превращаются во вторичное сырье или новые продукты.

Если рассматривать рециклинг в разрезе животноводства, то это подразумевает переработку и повторное использование органических отходов, таких как навоз, помет или мясокостные отходы, в качестве ресурсов на предприятиях АПК для сельскохозяйственного производства. Например, в виде органических удобрений для оплодотворения почвы, биогаза или кормовых добавок для поголовья фермы.

Рассмотрим основные цели рециклинга. Во-первых, это является рациональным использованием ресурсов, так как происходит снижение зависимости от первичных материалов и есть возможность продления жизненного цикла различных веществ. Во-вторых, снижение энергопотребления, потому что производство из вторичного сырья чаще всего затрачивает меньше энергии, чем из первичного. В-третьих, это снижение загрязнения окружающей среды, что предотвращает попадание вредных веществ в почву, воду и воздух. Следующей целью является создание новых рабочих мест, что улучшает ситуацию в экономике. Рециклинг стимулирует появление предприятий, которые занимаются переработкой отходов. Еще одна цель в животноводстве – это превращение отходов в полезные продукты, например, удобрения, энергия или корм.

Далее рассмотрим методы рециклинга с помощью таблицы 1.

Таблица 1

Методы рециклинга в животноводстве

Метод рециклинга	Технология	Применение	Преимущества	Ограничения
Компостирование	Естественное или ускоренное разложение органики микроорганизмами	КРС, свиноводство, птицеводство	Экологично, доступность использования, получение качественного удобрения	Длительность производства, требуется большая площадь
Анаэробное сбраживание	Переработка в биореакторах без доступа кислорода с выделением биогаза	Крупные фермы КРС, свинокомплексы	Получение энергии, обеззараживание	Высокие капитальные затраты, требует стабильного температурного режима
Сепарация навоза	Разделение на фракции механически	КРС, свиноводство	Быстрая окупаемость	Требуется оборудование, твёрдая фракция требует дообработки
Сухая экструзия	Термическая обработка под высоким давлением	Птицеводство (помёт), свиноводство (мясокостные отходы)	Уничтожение патогенов, получение высокопротеинового корма	Энергозатраты, дорогое оборудование
Биоконверсия насекомыми	Переработка личинками мух	Птицефабрики, свинофермы	Высокая скорость переработки, получение белковой добавки	Специфические условия содержания насекомых, регуляторные ограничения
Биодинамическое компостирование	Ускоренное компостирование с микробными препаратами	Крупные агрохолдинги	Обогащение биологически активными веществами	Требуются специальные препараты, контроль качества инокулята

Источник: Разработано автором

Исходя из данных таблицы можно сделать вывод о том, что современная отрасль предоставляет широкий выбор технологических решений, позволяющих одновременно снижать экологическую нагрузку и повышать экономическую эффективность сельскохозяйственных организаций. Каждый метод имеет определенный набор преимуществ и ограничений, поэтому выбор определенного метода рециклинга должен учитывать специфику конкретного предприятия.

Систематизация основных методов рециклинга органических отходов в животноводстве, технологий их реализации и ожидаемых эффектов представлена на рисунке.

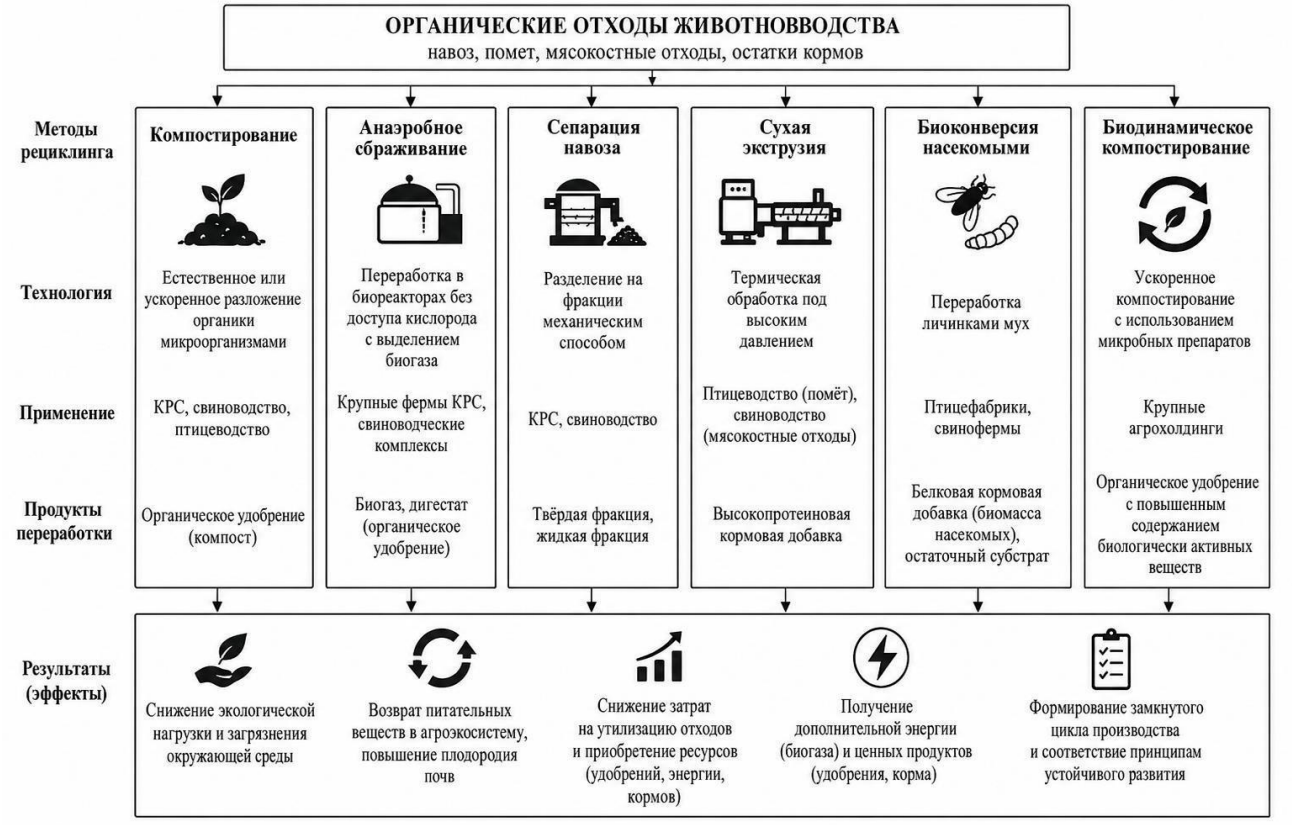


Рис.1 Система рециклинга органических отходов в животноводстве

Представленная схема показывает, что методы рециклинга различаются по технологии переработки, сфере применения и конечному продукту, однако все они направлены на снижение экологической нагрузки, возврат ресурсов в производственный цикл и повышение устойчивости предприятий АПК.

Наиболее выгодным, доступным и универсальным методом выступает компостирование. Оно не требует максимальных затрат первоначальных инвестиций и подходит для любого предприятия АПК, позволяя получать качественные органические удобрения. Для крупных агрохолдингов может быть более выгодным методом – анаэробное сбраживание, в связи с тем, что помимо удобрения, этот подход также является источником энергии, который помогает снижать энергозатраты на обеспечение предприятия, а еще уменьшить углеродный след. В свою очередь сепарация навоза выделяется минимальным сроком окупаемости и возможностью уменьшить объем хранилища, что особенно актуально в условиях ограниченного территориального пространства. Сухая экструзия и биоконверсия насекомыми направлены на получение высокопротеиновых кормовых добавок, позволяя диверсифицировать доходы и снизить затраты на корма для поголовья предприятия. Биодинамическое компостирование с использованием микробных препаратов увеличивает скорость переработки и улучшает конечный продукт биологически активными веществами, что очень ценится в растениеводстве.

В конечном итоге, использование и внедрение методов рециклинга решает проблему утилизацию отходов, а также преобразовывает в ценные ресурсы, такие как корма, удобрения и энергию. Это формирует замкнутый цикл производства, уменьшает зависимость в минеральных удобрениях и дополнительных энергоисточников, а также соответствует принципам зеленой экономики и устойчивого развития бизнеса. Правильное сочетание технологий позволяет добиться максимального эколого-экономического эффекта, а также повысить **конкурентоспособность** на рынке и привлечь большее количество финансовых ресурсов со стороны инвесторов.

Рециклинг в животноводстве выступает стратегическим направлением развития аграрного сектора, позволяя решать одновременно экологические, экономические и социальные проблемы. Грамотные подходы и правильное использование ресурсов дают возможность снижения нагрузки на экосистему, тем самым сокращают выбросы вредных веществ и химикатов в почву, воздух и водоемы. Современные методы переработки дают возможность получать ценные ресурсы, которые в дальнейшем можно использовать на собственных предприятиях, что снижает затраты, а также повышает доходы за счет продажи на другие предприятия. Экономические преимущества дополняют экологические эффекты за счет восстановления плодородия почв, снижением углеродного следа, минимизации отходов, а также повышением инвестиционной привлекательности за счет ESG-принципов. Однако, использование и внедрение рециклинга в систему предприятий зависит от ряда факторов, которые имеют определенные трудности, но при этом дающие положительный результат. Тем самым, рециклинг преобразуется из проблемы отходов в источник ресурсов, способствует экономической циркуляции на предприятиях АПК, повышает конкурентоспособность бизнеса и привлекает новые финансовые ресурсы за счет инвестирования.

Библиографический список

1. Переработка отходов [Электронный ресурс] // Википедия. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Переработка отходов (дата обращения: 26.04.2026).

2. Развитие организационно-экономического механизма в АПК России / А. Г. Папцов, И. Г. Ушачев, В. В. Маслова [и др.]. – Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2023. – 325 с.

3. РБК Тренды: Переработка отходов [Электронный ресурс] // РБК. — URL: https://trends.rbc.ru/trends/green/60ebfc119a7947d57212db0a (дата обращения: 26.04.2026).

4. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – Москва ООО "Сам полиграфист", 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0. – EDN JABGKW.

5. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д. А. Антонова, Т. И. Ашмарина, Т. В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО "Сам полиграфист", 2024. – 175 с. – ISBN 978-5-00227-190-0. – EDN JABGKW.

6. Экономико-технологическая эффективность процессов рециклинга органических отходов [Электронный ресурс] / А.В. Гордиенко, В.В. Гордиенко // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomiko-tehnologicheskaya-effektivnost-protsessov-retsiklinga-organicheskih-othodov-v-obespechenii-ustoychivosti-agrarnogo (дата обращения: 26.04.2026).

УДК 330.3

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ РОССИЙСКИХ АГРОЭКСПОРТЁРОВ

***Володина Анастасия Сергеевна**, магистр 1 курса Института экономики и управления АПК, кафедры экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, anastasiya.vov17@mail.ru*

***Чухненко Инна Александровна**, магистр 1 курса Института экономики и управления АПК, кафедры экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, innachuh2601@gmail.com*

***Научный руководитель - Чутчева Юлия Васильевна**, д.э.н., профессор кафедры экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yuv.chutcheva@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В период 2025–2026 гг. экологические стандарты ведущих импортёров (ЕС, КНР) становятся ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность российского агроэкспорта. Путем сопоставления нормативно-правовых баз ЕАЭС, Европейского союза и Китая, а также статистических массивов Минсельхоза и Росстата идентифицированы основные барьеры доступа и зоны потенциального роста для отечественных производителей. Эмпирически обосновано, что внедрение комплекса адаптационных мер — включая цифровизацию агроучёта через платформу «Цифровое поле», субсидирование затрат на сертификацию (до 60%), гармонизацию стандартов внутри ЕАЭС и брендинг органической продукции — позволяет нивелировать регуляторные риски. Показано, что системная реализация указанных инструментов способствует переводу «зелёной повестки» в разряд стратегических драйверов отраслевого роста. Достижение целевого объёма агроэкспорта на уровне 55,2 млрд долл. США к 2030 году напрямую зависит от скорости институционализации предложенных механизмов.*

***Ключевые слова:** агроэкспорт, экологические требования, конкурентоспособность, сертификация, прослеживаемость.*

К 2026 году ужесточение природоохранных стандартов на внешних рынках привело к фундаментальной трансформации международной торговли сельхозпродукцией. Если ранее ключевыми факторами конкуренции выступали цена и объём поставок, то в текущих условиях основным критерием успеха становится способность экспортёра документально подтвердить экологическую устойчивость, санитарную безопасность и прослеживаемость производственной цепочки.

Страны Евросоюза, Китай и государства ЕАЭС ввели жёсткие лимиты на содержание пестицидов, объёмы парниковых выбросов и недопущение ложных экологических заявлений. Наличие экологического сертификата стало обязательным условием для выхода на премиальные рынки. Несоответствие требованиям влечёт полный отказ в допуске продукции. Таким образом, «зелёная повестка» превратилась в реальный нетарифный барьер, вынуждающий российских поставщиков пересматривать подходы к управлению качеством [2, с. 35, 9].

Для России данная тенденция имеет стратегическое значение, поскольку страна сохраняет лидерство в мировом экспорте зерна, масличных культур и продуктов их переработки. Так, в 2025 году объём агроэкспорта превысил 50 млрд долларов — это на 20% выше показателя предыдущего года, а поставки зерна достигли около 55 млн тонн. Плановый ориентир на 2030 год составляет 55,2 млрд долларов [1]. Однако лишь 5–7% сельхозпредприятий располагают международными сертификатами (GlobalG.A.P., EU Organic), а доля органических угодий не превышает 1,5% от посевных площадей [4]. В результате экологические барьеры ограничивают доступ на рынки ЕС и Китая на 10–15%, что снижает конкурентоспособность ключевых экспортных направлений [2, 8].

В 2026 году система экологических требований приобрела комплексный характер. Импортёры контролируют не только предельно допустимые уровни остатков пестицидов, но и полную прослеживаемость продукции по схеме «от поля до прилавка», в ряде случаев с применением блокчейна для почти 2600 товарных групп. С 1 сентября 2026 года в России и

ЕАЭС вводятся лимиты сбросов для мясной отрасли, а также обновлённые наилучшие доступные технологии для свиноводства.

Указанные изменения влекут дополнительные издержки: затраты на сертификацию достигают 7–12% от стоимости партии (в 2025 году только по зерновой и мясной продукции — до 4–5 млрд рублей), а внедрение систем прослеживаемости увеличивает логистические расходы на 3–5%. При отсутствии сертификатов риск отказа в допуске на рынок возрастает до 20%, что уже привело к сокращению экспорта в ЕС на 8% из-за несоответствия требованиям, по данным Минсельхоза. С другой стороны, игнорирование тренда невозможно: климатическая повестка распространяется на все страны, однако доля российского АПК в парниковых выбросах составляет всего 5% (117 млн т CO_2 -экв.), что создаёт определённый резерв для адаптации [5].

Влияние экологических норм на конкурентоспособность носит двойственный характер. С одной стороны, повышается порог входа на рынки: для малых и средних предприятий издержки возрастают на 15–25%, что ведёт к их вытеснению и усиливает нагрузку на устаревшие технологии. С другой — соответствие стандартам открывает доступ к премиальным сегментам: органическая продукция реализуется с наценкой 25–60%, а «зелёный» экспорт даёт премию до 40%. Крупные агрохолдинги («Мираторг», «Русагро») уже адаптировались, нарастив поставки в Азию на 25% благодаря сертификации ISO 14001 и низкоуглеродным технологиям – в 2025 году они контролировали 70% экспорта зерна [7].

Таким образом, отрасль демонстрирует растущую дифференциацию. Сырьевые производители без внутреннего контроля качества теряют 15–20% рынков, тогда как лидеры диверсифицируют риски и осваивают новые ниши. Эмпирические данные подтверждают – в регионах с развитой инновационной инфраструктурой экспорт растёт на 20% даже в условиях экологических барьеров. [3, с. 98–102].

Экологические требования воздействуют на экспортёров по нескольким каналам, каждый из которых сочетает риски и потенциальные премии. Ниже представлена таблица 1, составленная на основе данных 2025–2026 годов.

Таблица 1

Основные каналы влияния экологических требований на конкурентоспособность агроэкспорта

Фактор	**Проявление для экспортёра**	**Экономический эффект**	**Ключевые цифры 2025–2026**
Сертификационный барьер	GlobalG.A.P./ EU Organic	Издержки + 7–12%	Издержки на сертификацию зерна и мяса в 2025 г. — 4–5 млрд руб.; Цель к 2030 г. — удвоение числа сертифицированных производителей
Прослеживаемость	Блокчейн/ цифровизация для Китая/ЕС	Затраты на администрирование + 3–5%	2589 товарных групп; снижает отказы на 25%
Агрохимия и выбросы	MRL, ХПК, NO_2	Риск отказа 15–20%	Экспорт в ЕС –8%; НДТ для свиноводства
Премиум-сегмент	Органика, low-carbon	Наценка к цене реализации + 25–60%	Экспорт органики до 100–150 млн долл. США к 2030; рост мясного производства на 30%
Репутационный эффект	Экологическая прозрачность	Риски –10–15%	Экспорт +15–20% в 2026; 5% CO_2 от АПК

По данным таблицы 1, барьеры (сертификация, прослеживаемость, агрохимические нормы) ведут к росту издержек на 7–12% и риску отказа 15–20%, что снижает экспорт в ЕС на 8%. Однако для адаптированных производителей открывается премиум-сегмент с наценкой +25–60%, что ведёт не к росту физических объёмов, а к увеличению маржинальности и ценовому стратегическому преимуществу [7].

Чтобы превратить барьеры в конкурентные преимущества, российским экспортёрам нужен системный подход. В первую очередь речь идёт о цифровизации через платформу «Цифровое поле» (к 2026 году планируется охватить 80% посевных площадей). Также необходимо развитие органического земледелия: целевой показатель к 2030 году — 2,5% всех угодий, или 500–600 тысяч гектаров, с обязательным признанием российских органических сертификатов в Китае и других странах Азии. Внедрение систем прослеживаемости на базе стандартов GS1 и технологии блокчейн уже позволяет сократить количество отказов в поставках на 25%. Использование низкоуглеродных технологий, в свою очередь, открывает дополнительные возможности для экспорта.

Государственная поддержка здесь играет ключевую роль. Программа «Экспорт АПК» компенсирует до 60% расходов на получение сертификатов, а в 2026 году финансирование по этому направлению увеличилось ещё на 20%. Одновременно обновляются национальные стандарты (ГОСТы), в том числе для органической продукции, создаются лабораторные центры и консультационные пункты для аграриев. Без такой поддержки разрыв между крупными холдингами и малым и средним бизнесом будет только расти, и малые фермерские хозяйства могут потерять до 20% своей доли на внешних рынках. В дорожной карте Министерства сельского хозяйства до 2030 года сделан акцент на переход к экспорту готовой продукции и продвижение бренда «Сделано в России» в сегменте органики [4].

Для наглядного отображения ключевых этапов влияния экологических требований на конкурентоспособность российских экспортёров ниже представлена соответствующая схема (рисунок 1).

Рис. 1 Механизм влияния экологических требований на конкурентоспособность российских агроэкспортёров

Экологическая регламентация внешних рынков выступает не просто административным барьером, а структурным фактором трансформации российского агроэкспорта. С одной стороны, введение требований к снижению углеродного следа, соблюдению санитарных норм ЕС и стандартов прослеживаемости генерирует дополнительные издержки: по оценкам ряда исследователей, затраты на подтверждение соответствия одной партии продукции достигают 7–12% её контрактной стоимости. На практике это выражается в ужесточении доступа на высокомаржинальные направления — рынки стран Евросоюза, Китая и государств ЕАЭС. С другой стороны, подобные ограничения выполняют роль катализатора структурной адаптации, мобилизуя отрасль, а не только сдерживая её развитие. Комплекс адаптационных мер — внедрение сквозной цифровизации

производственных циклов, добровольная сертификация по стандартам органической продукции и GlobalG.A.P., а также целевые механизмы государственной компенсации части затрат — формирует у экспортёров долгосрочное конкурентное преимущество. В результате экологический прессинг трансформируется в условие выхода на премиальные сегменты, обеспечивая устойчивую динамику роста рентабельности на уровне 15–20% ежегодно для компаний, завершивших технологическую адаптацию.

Прогнозные оценки на 2026 год, основанные на моделях ФАО, фиксируют ожидаемый прирост объёмов мировой агроторговли на 6–7%. В данном контексте у Российской Федерации появляется возможность инвертировать логику влияния экологического фактора: из точки ограничений он может быть переведён в статус драйвера отраслевого развития. Именно соблюдение природоохранных и санитарных норм, несмотря на сопряжённые с ним транзакционные издержки, создаёт базис для достижения целевого показателя в 55,2 млрд долларов экспортной выручки к 2030 году при одновременном наращивании физического объёма производства на 25% относительно уровня 2023 года.

Конечный успех напрямую зависит от скорости адаптации. К 2028 году необходимо довести долю экспортёров с сертификатами GlobalG.A.P. и EU Organic до 20%, завершить цифровизацию через платформу «Цифровое поле» и внедрение блокчейна для 2589 товарных групп, а также удвоить площадь органических земель до 2,5%. Государственные субсидии (возмещение до 60% затрат), создание сети лабораторных центров и продвижение бренда «Сделано в России» помогут малым хозяйствам сократить отставание от крупных холдингов, снизить число отказов в поставках и обеспечить ежегодный прирост в 15–20%. В результате «зелёная повестка» станет не бременем, а стратегическим преимуществом [6].

Библиографический список

1. Ашмарина Т.И. Основные мировые тренды развития овощной продукции / Т.И. Ашмарина, Н.А. Ягудаева, Д.И. Полевой // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. - №7. – С. 129-133.

2. Басов А. В. Зеленая повестка и экспортная конкурентоспособность российского АПК / Басов А. В. // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 9. – С. 34-41

3. Концепция повышения конкурентоспособности продукции российского АПК на мировых аграрных рынках в контексте действующего международного климатического регулирования / Центр агроэкспорта. – М., 2024. – 34 с. [Электронный ресурс]. – URL: https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2024/02/konczepcziya_povysheniya_konkurentosposobnosti_rossijskogo_apk_na_mirovyh.pdf (дата обращения: 28.04.2026).

4. Светлов Н. М. Оценка влияния климатической политики на сельское хозяйство субъектов РФ при различных климатических сценариях // Экономика региона. – 2024. – Т. 20 – № 4 [Электронный ресурс]. – URL: https://scinetwork.ru/articles/24243 (дата обращения: 25.04.2026).

5. Соколова Ю. Д. Переходные климатические риски и экологическое регулирование стран — торговых партнёров // Журнал экономической теории и анализа. – 2023. – № 8. – С. 45-62.

6. Чутчева Ю.В. Органическое сельское хозяйство – новый взгляд на развитие аграрной экономики России / Ю.В. Чутчева, О.С. Нефедова // Наука без границ. – 2016. - №4(4). – С. 5-9.

УДК 338.43:004

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗЕРНОПРОДУКТОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК

Давлетшин Артур Нилович, *аспирант кафедры экономики и организации производства Институт экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, depressante@ya.ru*

Аннотация: *В статье рассматривается изменение роли технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса под влиянием цифровизации. Обосновано, что сельхозтехника трансформируется в элемент цифрового контура управления. Выявлены ключевые направления развития: интеллектуализация машин, интеграция с системами точного земледелия и развитие сервисных моделей использования. Показано, что комплексная модернизация технической базы является условием повышения устойчивости зернового производства.*

Ключевые слова: *техническое обеспечение, зернопродуктовый подкомплекс, цифровая трансформация, точное земледелие, агропромышленный комплекс.*

Зернопродуктовый подкомплекс АПК России является ключевым элементом продовольственной безопасности и экспортного потенциала страны. В условиях цифровой трансформации экономики возрастает значение его технического обеспечения как базового фактора устойчивости и технологической независимости. Современные вызовы – климатическая нестабильность, рост себестоимости и дефицит кадров – повышают нагрузку на материально-техническую базу отрасли, значительная часть которой характеризуется высоким уровнем физического и морального износа. Это ограничивает возможности внедрения цифровых и интеллектуальных технологий.

В трудах академика О. Н. Дидманидзе техническое обеспечение аграрного производства рассматривается как системообразующий элемент, определяющий потенциал инновационного развития АПК [1]. В рамках данной научной школы обосновывается, что цифровизация сельского хозяйства невозможна без опережающего развития технической базы, способной функционировать в цифровых контурах управления [2].

В ходе исследования выявлены ключевые ограничения традиционной модели технического обеспечения зернового производства. Во-первых, сохраняется структурный дефицит техники и низкие темпы обновления машинно-тракторного парка. Во-вторых, традиционная техника не интегрирована в цифровые платформы управления, что препятствует сбору и передаче данных о ходе полевых работ, состоянии посевов и расходе ресурсов.

Цифровая трансформация качественно меняет функциональную роль сельскохозяйственной техники. Она перестает быть исключительно средством механизации и всё в большей степени выступает элементом цифровой системы управления производством, выполняя функции сбора, обработки и передачи данных. Ключевым направлением становится формирование парка интеллектуальной и подключённой техники, интегрированной в системы точного земледелия [3]. Применение автопилотов, систем дифференцированного внесения удобрений, навигационных и сенсорных решений обеспечивает повышение точности технологических операций, снижение издержек и рост устойчивости зернового производства к климатическим рискам.

Максимальный эффект цифровизации достигается при комплексной интеграции техники, цифровых сервисов и управленческих решений в рамках единой технологической архитектуры. Фрагментарное внедрение отдельных технических или цифровых решений не формирует устойчивого экономического результата.

Развитие технического обеспечения сопровождается трансформацией моделей его использования. Усиливается роль лизинговых и сервисных механизмов, ориентированных не на владение техникой, а на управление её функциями и результатами. Это снижает инвестиционную нагрузку на сельхозтоваропроизводителей и ускоряет распространение цифровых технологий.

Существенное значение приобретает институциональная среда развития технического обеспечения, что подтверждается анализом текущего состояния и перспектив цифровизации отрасли [5]. Необходимыми условиями цифровой трансформации выступают формирование нормативной базы, стандартизация программно-аппаратных решений, обеспечение совместимости техники и цифровых платформ, а также подготовка кадров, способных работать с интеллектуальными машинами и данными [4].

Систематизация влияния цифровых решений на эффективность зернового подкомплекса представлена в таблице 1.

Таблица 1

Влияние цифровых решений на эффективность зернового подкомплекса

Цифровое решение	Механизм воздействия	Экономический эффект
Технологии точного земледелия (дифференцированное внесение удобрений, автоматическое вождение, GPS-навигация)	Оптимизация норм расхода ресурсов с учётом внутриполевой неоднородности; снижение перекрытий и технологических потерь	Снижение удельных производственных издержек; повышение урожайности; сокращение расхода топлива и агрохимии
Системы спутникового мониторинга и дистанционного зондирования	Раннее выявление стрессов посевов, прогнозирование урожайности, корректировка агротехнологий	Снижение риска потерь; повышение устойчивости производства; улучшение планирования логистики
Интегрированные цифровые платформы управления хозяйством (FMIS)	Централизация данных о посевах, ресурсах, технике; поддержка управленческих решений	Повышение обоснованности управленческих решений; сокращение управленческих издержек; рост производительности
Системы цифрового контроля хранения (датчики температуры, влажности, автоматизированные элеваторные комплексы)	Мониторинг параметров хранения в реальном времени; предупреждение порчи зерна	Снижение потерь при хранении; повышение качества продукции; сокращение затрат на доработку
Цифровые логистические платформы и электронный документооборот	Оптимизация маршрутов; ускорение согласования поставок; снижение времени обработки документов	Снижение транзакционных издержек; ускорение оборота капитала; повышение прозрачности операций
Государственные информационные системы прослеживаемости	Сквозной учёт движения зерна; снижение информационной асимметрии; контроль соответствия нормативам	Снижение теневого оборота; повышение прозрачности рынка; улучшение качества государственного регулирования
Аналитические системы прогнозирования рынка и цен	Обработка больших массивов данных о спросе, предложении и экспортных потоках	Снижение ценовой неопределённости; повышение точности производственного и экспортного планирования

Цифровое решение	Механизм воздействия	Экономический эффект
Интеграция цифровых решений в единую экосистему подкомплекса	Согласование данных между стадиями воспроизводственного цикла	Системное снижение совокупных издержек; рост устойчивости и управляемости зернового подкомплекса

Таким образом, развитие технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса в условиях цифровой трансформации представляет собой базовое условие повышения эффективности, устойчивости и конкурентоспособности зернового производства. Цифровые технологии усиливают требования к функциональности и интеграции сельскохозяйственной техники, формируя предпосылки для перехода к новой модели технического обеспечения, основанной на интеллектуализации и сервисизации.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой методик количественной оценки эффектов цифровизации технического обеспечения, анализом региональной дифференциации уровня технической оснащённости хозяйств, а также с изучением механизмов стимулирования обновления техники в зернопродуктовом подкомплексе.

Результаты исследования показывают, что цифровая трансформация технического обеспечения зернопродуктового подкомплекса является базовым условием повышения эффективности и устойчивости зернового производства. Наибольший экономический эффект достигается не при фрагментарном внедрении отдельных технологических решений, а при их комплексной интеграции в единую цифровую экосистему, связывающую производственные, инфраструктурные и институциональные элементы. При этом ключевым ограничением остаётся структурный дефицит и низкие темпы обновления машинно-тракторного парка, что требует развития лизинговых и сервисных механизмов для ускорения перехода к интеллектуальному сельскому хозяйству.

Библиографический список

1. Давлетшин А. Н. Состояние и перспективы развития сельского хозяйства РФ в условиях цифровой трансформации отрасли / А. Н. Давлетшин. // Естественно-гуманитарные исследования. – 2025. – № 6(62).
2. Дидманидзе О. Н. Инновационное развитие технического обеспечения сельского хозяйства / О. Н. Дидманидзе, А. Ю. Измайлов, Ю. Ф. Лачуга. – Москва: КолосС, 2019. – 368 с.
3. Дидманидзе О. Н. Цифровая трансформация технического обеспечения аграрного производства / О. Н. Дидманидзе. // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 6. – С. 2–9.
4. Измайлов А. Ю. Техническая модернизация сельского хозяйства в условиях цифровизации / А. Ю. Измайлов, Ю. Ф. Лачуга. // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 10. – С. 2–7.
5. Косов, П. Н. Государственная поддержка лизинга сельскохозяйственной техники: современное состояние и перспективы развития / П. Н. Косов, Ю. В. Чутчева, Н. А. Ягудаева // Modern Economy Success. – 2023. – № 1. – С. 32–37.
6. Ткач А. В. Развитие агропромышленного комплекса России в условиях цифровой экономики / А. В. Ткач, Н. И. Морозова. – DOI 10.32651/2411-6262-2024-11-124-132. // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. – № 11. – С. 124–132.

УДК 338.43

ПЕРЕХОДНОЕ И «ЗЕЛЁНОЕ» ФИНАНСИРОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЕКТОВ, ТРЕБОВАНИЯ К РАСКРЫТИЮ И ВЛИЯНИЕ НА СТОИМОСТЬ ЗАИМСТВОВАНИЙ

***Евграшкина Надежда Сергеевна**, студентка 2 курса магистратуры института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, nadya.evgrashkina@yandex.ru*
***Ашмарина Татьяна Игоревна**, к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, ashmarina@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Статья посвящена анализу переходного и «зелёного» финансирования в пищевой промышленности Российской Федерации. Рассматриваются подходы к классификации проектов устойчивого развития, особенности национальной таксономии, требования к раскрытию информации и верификации, а также влияние устойчивых финансовых инструментов на стоимость заимствований для предприятий отрасли. Показано, что развитие переходного финансирования имеет ключевое значение для модернизации пищевой промышленности в условиях ограниченной доступности полностью «зелёных» технологий.*

***Ключевые слова**: зелёное финансирование, переходное финансирование, ESG, пищевая промышленность, таксономия проектов, устойчивое развитие, стоимость заимствований.*

В условиях усиления климатической и экологической повестки устойчивое финансирование становится важным элементом экономической политики и корпоративных стратегий. Пищевая промышленность занимает особое место в данной повестке, поскольку характеризуется значительным потреблением воды, энергии и сырьевых ресурсов, а также образованием отходов и выбросов парниковых газов. В Российской Федерации формируется собственная модель устойчивого финансирования, включающая инструменты «зелёного» и переходного финансирования, ориентированные на поддержку экологической модернизации реального сектора экономики.

«Зелёное» финансирование представляет собой привлечение капитала для реализации проектов, направленных на достижение измеримого положительного экологического эффекта. К таким проектам относятся инициативы по снижению выбросов загрязняющих веществ, повышению энергоэффективности, внедрению возобновляемых источников энергии и развитию экономики замкнутого цикла.

Переходное финансирование ориентировано на поддержку предприятий, которые на текущий момент не соответствуют строгим экологическим критериям, но реализуют поэтапную стратегию снижения негативного воздействия на окружающую среду. Для пищевой промышленности этот инструмент имеет особое значение, поскольку позволяет сочетать экономическую целесообразность и экологические цели.

Одним из ключевых инструментов являются ESG-облигации — ценные бумаги, выпускаемые для финансирования проектов, соответствующих ESG-критериям. Обязательным условием их размещения является раскрытие информации о проекте.

В рамках российской таксономии устойчивого развития проекты пищевой промышленности могут быть отнесены к следующим группам:

1. «Зелёные» проекты: модернизация очистных сооружений, внедрение энергоэффективного оборудования, использование биогаза и возобновляемых источников энергии, переработка и утилизация органических отходов.

2. Переходные проекты: поэтапное снижение энергоёмкости производств, замена оборудования на менее ресурсоёмкое, внедрение цифровых систем управления ресурсами, сокращение водопотребления и потерь сырья.

Ключевым условием признания проекта переходным является наличие долгосрочного плана экологической трансформации с установленными целевыми показателями и сроками их достижения.

Для практического применения таксономии устойчивого развития целесообразно рассмотреть типовые проекты пищевой промышленности в таблице 1.

Таблица 1

Типовые проекты устойчивого развития

Тип проекта	Пример мероприятия	Экологический эффект	Тип финансирования
Очистка сточных вод	Модернизация биологических очистных сооружений	Снижение сбросов загрязняющих веществ	«Зелёное»
Энергоэффективность	Замена котлов и теплообменников	Снижение энергопотребления на 15–25 %	Переходное / «зелёное»
Обращение с отходами	Переработка органических отходов в биогаз	Сокращение объёма отходов и выбросов	«Зелёное»
Цифровизация	Системы мониторинга воды и энергии	Косвенное снижение потребления ресурсов	Переходное

Использование инструментов «зелёного» и переходного финансирования способно оказывать влияние на стоимость капитала для предприятий пищевой промышленности. Снижение процентных ставок достигается за счёт расширения базы инвесторов, ориентации финансовых институтов на ESG-критерии и возможных мер государственной поддержки. Вместе с тем предприятия несут дополнительные издержки, связанные с подготовкой отчётности, верификацией и мониторингом экологических показателей.

Для переходных проектов эффект снижения стоимости заимствований, как правило, выражен слабее, чем для полностью «зелёных» инициатив, однако он компенсируется возможностью привлечения финансирования для масштабной модернизации действующих производств.

Российская модель устойчивых финансов ориентирована на учёт отраслевой специфики и экономических ограничений. Для пищевой промышленности это означает приоритет переходных проектов, направленных на постепенное снижение экологической нагрузки без резкого роста издержек. Развитие нормативной базы и национальной таксономии создаёт условия для расширения практики устойчивого финансирования и повышения инвестиционной привлекательности отрасли.

Для привлечения «зелёного» или переходного финансирования предприятия пищевой промышленности обязаны обеспечивать прозрачность и полноту раскрытия информации. В состав раскрываемых данных, как правило, входят: – описание экологических целей проекта; – количественные показатели экологического эффекта; – отчёт о целевом использовании привлечённых средств; – результаты независимой верификации.

В Российской Федерации верификация устойчивых проектов осуществляется в соответствии с методическими рекомендациями и с участием аккредитованных рейтинговых

агентств и экспертных организаций. Раскрытие информации способствует снижению рисков гринвошинга и повышает доверие инвесторов.

Для оценки экономического эффекта от использования инструментов «зелёного» и переходного финансирования рассмотрим условный пример предприятия пищевой промышленности, реализующего проект модернизации производственных мощностей.

Предположим, что предприятие привлекает заёмное финансирование в размере 1 млрд руб. сроком на 5 лет (таблица 2).

Таблица 2

Сравнение условий заимствования

Показатель	Традиционный кредит	Переходное финансирования	«Зелёное» финансирование
Ставка, % годовых	12,0	11,0	10,2
Срок, лет	5	5	5
Объём заимствований, млрд руб.	1,0	1,0	1,0

Совокупные процентные выплаты за срок кредита рассчитываются по формуле:

$$P = S \times r \times t,$$

где P – сумма процентных выплат, S – сумма кредита, r – годовая процентная ставка, t – срок заимствования.

Тогда: – традиционное финансирование: $1 \times 0{,}12 \times 5 = 0{,}60$ млрд руб.; – переходное финансирование: $1 \times 0{,}11 \times 5 = 0{,}55$ млрд руб.; – «зелёное» финансирование: $1 \times 0{,}102 \times 5 = 0{,}51$ млрд руб.

Таким образом, экономия по процентным выплатам составляет: – для переходного финансирования – 50 млн руб.; – для «зелёного» финансирования – 90 млн руб. по сравнению с традиционным кредитом.

Пищевая промышленность характеризуется сложной структурой выбросов парниковых газов, значительная часть которых относится к косвенным выбросам по цепочке создания стоимости. В этой связи при подготовке проектов для переходного и «зелёного» финансирования целесообразно использовать методологию GHG Protocol с разделением выбросов по трём охватам (Scope).

Scope 1 включает прямые выбросы от собственных источников предприятия: сжигание топлива в котельных, технологические процессы, обращение с органическими отходами. Для пищевых производств именно Scope 1 часто становится основным объектом переходных проектов, направленных на модернизацию оборудования и повышение энергоэффективности.

Scope 2 охватывает косвенные энергетические выбросы, связанные с потреблением приобретённой электро- и теплоэнергии. В рамках устойчивого финансирования проекты по снижению Scope 2 могут включать внедрение энергоэффективных линий, оптимизацию режимов работы оборудования и частичный переход на возобновляемые источники энергии.

Scope 3 включает иные косвенные выбросы по всей цепочке создания стоимости: производство сельскохозяйственного сырья, логистика, хранение, использование и утилизация продукции. Для пищевой промышленности Scope 3 зачастую формирует наибольшую долю углеродного следа, что требует системного подхода и поэтапного снижения воздействия.

Для принятия инвестиционных решений и оценки эффективности проектов устойчивого развития целесообразно применять классические показатели инвестиционного анализа — чистую приведённую стоимость (NPV) и внутреннюю норму доходности (IRR).

Рассмотрим условный проект модернизации пищевого предприятия, направленный на снижение выбросов Scope 1 и Scope 2.

Исходные параметры проекта: – объём инвестиций (CAPEX): 1 млрд руб.; – срок реализации проекта: 5 лет; – ежегодный экономический эффект за счёт снижения энергозатрат

и экологических платежей: 300 млн руб.; – ставка дисконтирования: • традиционное финансирование — 12 %; • переходное финансирование — 11 %; • «зелёное» финансирование — 10 %.

NPV рассчитывается по формуле:

NPV = Σ (CF_t / (1 + r)^t) – CAPEX,

где CF_t — денежный поток в году t, r — ставка дисконтирования.

При использовании традиционного финансирования со ставкой дисконтирования 12% чистая приведённая стоимость (NPV) проекта составляет +83 млн руб. В случае переходного финансирования, при более низкой ставке 11%, NPV увеличивается до +134 млн руб. Наиболее высокий эффект достигается при «зелёном» финансировании: при ставке дисконтирования 10% NPV проекта составляет +197 млн руб.

Результаты показывают, что снижение стоимости капитала за счёт устойчивого финансирования приводит к существенному росту NPV проекта. Внутренняя норма доходности (IRR) определяется как ставка дисконтирования, при которой NPV проекта равна нулю. Для рассматриваемого проекта IRR составляет около 17 %, что превышает стоимость заимствований по всем трём вариантам финансирования. Это подтверждает инвестиционную привлекательность проекта и объясняет интерес кредиторов и инвесторов к устойчивым инициативам.

Использование методологии Scope 1–3 в сочетании с показателями NPV и IRR позволяет продемонстрировать взаимосвязь экологических и экономических результатов проекта. Снижение выбросов парниковых газов способствует не только достижению климатических целей, но и формированию устойчивых денежных потоков за счёт сокращения издержек и более дешёвого финансирования.

Таким образом, переходное и «зелёное» финансирование формируют важный механизм экологической модернизации пищевой промышленности Российской Федерации. Проведённые расчёты показывают, что даже умеренное снижение процентных ставок позволяет предприятиям получить существенный экономический эффект на длительном горизонте. В условиях формирования национальной таксономии и развития практики раскрытия информации устойчивые финансовые инструменты могут стать фактором повышения инвестиционной привлекательности отрасли и ускорения её технологического обновления.

Библиографический список

1. Банк России. Стратегии глобальных инвесторов: тернистый путь «озеленению» https://econs.online/articles/ekonomika/strategii-globalnykh-investorov-ternistyy-put-k-ozeleneniyu/

2. Логиновский О.В., Голлай А.В., Дранко О.И., Шестаков А.Л., Шинкарев А.А. Эффективное управление организационными и производственными структурами: монография / Под ред. О. В. Логиновского. М.: ИНФРА-М, 2020. 450 с.

3. Государственная поддержка коммерциализации инновационной продукции Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы: Аналитический обзор / В. А. Войтюк, Н. П. Мишуров, О. В. Кондратьева [и др.]; Российский научно-исследовательский институт информации итехнико-экономических исследований NIO инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. - Москва: Российский научно-исследовательский институт информации технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. - 80 с. - ISBN 978-5-7367-1747

4. Фарахутдинов Ш.Ф. Современные тенденции и инновационные методы в маркетинговых исследованиях: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2021. 231с.

5. ООН. Цели устойчивого развития (2015). URL: https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2024/SG-SDG-Progress-Report-2024-advanced-unedited-version.pdf

6. Чутчева, Ю. В. Стратегия и вектор развития зелёной экономики в АПК / Ю. В. Чутчева, Т. И. Ашмарина // Стратегии и векторы развития АПК: Сборник статей по материалам национальной конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 15 ноября 2021 года / Отв. за выпуск А.А. Титученко. - Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. - С. 420-424. Банк России. Основные направления развития устойчивого финансирования (2021).URL: https://cbr.ru/develop/ur/

УДК 631.363

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НОВОВВЕДЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Завалишина Алена Александровна, *студент 1 курса магистратуры, кафедра экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, al.zavalishina@mail.ru*

Научный руководитель - Бирюкова Татьяна Владимировна, *доцент кафедры экономики и организации производства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tbiryukova@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье рассматриваются социально-психологические факторы, влияющие на успешность внедрения инноваций в агропромышленном комплексе. Выявлены социально-психологические и отраслевые барьеры инноваций в АПК. Предложены рекомендации по снижению сопротивления и формированию инновационной культуры.*

Ключевые слова: *социально-психологические аспекты, управление персоналом, человеческий фактор.*

В условиях модернизации агропромышленного комплекса Российской Федерации технологическое обновление рассматривается как приоритетное направление повышения эффективности. Однако практика хозяйствования свидетельствует, что до 60% экономически обоснованных инноваций не достигают расчётных показателей. Основная причина кроется не в технических ограничениях, а в социально-психологическом сопротивлении персонала [1; 2].

Сельское хозяйство относится к числу наиболее консервативных отраслей, что обусловлено длительными производственными циклами, высокой зависимостью от природно-климатических факторов и устойчивостью традиционных форм труда. В этих условиях игнорирование человеческого фактора при внедрении нововведений приводит к прямым экономическим потерям: снижению производительности, росту текучести кадров, недовольству работников.

Цель настоящего исследования – выявить и классифицировать социально-психологические барьеры восприятия инноваций персоналом сельскохозяйственных предприятий, а также предложить практические инструменты их преодоления.

Исследование проводилось на базе ООО «Стрелецкое» (специализация – растениеводство и молочное животноводство). Выборочная совокупность составила 78 респондентов, включая механизаторов, доярок, ветеринарных врачей, инженеров и руководителей среднего звена.

Методы сбора данных – анонимное анкетирование (разработана авторская анкета, включающая закрытые и открытые вопросы).

Обработка данных осуществлялась с использованием методов описательной статистики и контент-анализа.

63% опрошенных оценили своё отношение к инновациям как нейтральное или негативное. Лишь 22% работников выразили позитивную установку, остальные затруднились с ответом.

Респондентам было предложено выбрать основные страхи, связанные с внедрением инноваций. Распределение ответов представлено в таблице 1

Таблица 1

Основные психологические барьеры персонала

Барьер	Доля респондентов, %
Ожидание роста ответственности без адекватной оплаты	55
Страх потери привычных навыков	48
Недоверие к надёжности новых систем	37

Таким образом, мы выявили три барьера, обусловленные аграрной спецификой:

«Дефицит наглядности» – сельскохозяйственный производственный цикл длится несколько месяцев, что не позволяет оперативно продемонстрировать выгоду от инновации. В отличие от промышленности, где эффект от нового станка виден сразу, в растениеводстве результат внедрения точного земледелия проявляется лишь к уборочной кампании.

Конфликт ритмов труда – природные циклы (сезонность, режим дойки, полевые работы) противоречат дискретному регламенту цифровых систем учёта и отчётности. Работники воспринимают необходимость заполнения цифровых карт, отчётов в ERP-системах как чуждую их привычному укладу.

Слабость института обучения на местах – формальные инструктажи без последующего наставничества не формируют устойчивых компетенций и не снижают тревожности. На обследованном предприятии 71% работников, прошедших обучение новым технологиям, заявили, что «боятся нажать не ту кнопку» и предпочитают работать по-старому.

Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторов, отмечающих высокую степень сопротивления инновациям в аграрной сфере [3; 4]. Однако наше исследование дополняет картину выявлением специфических барьеров, связанных с длительностью производственного цикла и конфликтом ритмов.

Особого внимания заслуживает тот факт, что ожидание неоправданного роста ответственности (55%) оказалось более значимым барьером, чем страх потери навыков (48%). Это указывает на несовершенство существующих систем мотивации: работники готовы осваивать новое, но видят, что дополнительная нагрузка не компенсируется.

На основе выявленных барьеров предложены следующие практические рекомендации:

1) Введение роли «агентов изменений», а именно, выделение из числа авторитетных работников (необязательно молодых) внутренних тренеров, прошедших углублённое обучение и способных транслировать позитивный опыт коллегам.

2) Визуализация выгод, таких как, использование демонстрационных полей, сравнительной аэрофотосъёмки с беспилотных летательных аппаратов для наглядного отображения разницы между традиционным и инновационным способами производства. Это позволяет преодолеть «дефицит наглядности».

3) Временная мотивационная надбавка. Например, установление дополнительной выплаты в размере 20–30% от тарифной ставки на период освоения новшества (первые 2–3 месяца). Такая мера снижает восприятие инновации как «неоплачиваемого дополнительного бремени».

4) Регулярные выездные коммуникационные сессии, в том числе проведение собраний руководства непосредственно на рабочих местах (фермы, полевые станы) для систематического сбора обратной связи и опровержения слухов. Это повышает доверие и снижает психологическую дистанцию между управленцами и рядовыми работниками.

Расчётная экономическая эффективность учёта социально-психологических аспектов, по оценкам экспертов, составляет не менее 40% прироста результативности инноваций по сравнению с технократическим подходом [5].

Таким образом, социально-психологические аспекты нововведений являются критическим, но часто недооцениваемым фактором инновационного развития АПК. Игнорирование человеческого фактора обрекает на провал даже хорошо финансируемые проекты.

Библиографический список

1. **Андреева Г. М.** Социальная психология: учебник / Г. М. Андреева. — Москва: Аспект Пресс, 2019. — 363 с.

2. **Корецкий Г. А.** Инновационная культура сельскохозяйственных предприятий: проблемы формирования / Г. А. Корецкий // Экономика сельского хозяйства России. — 2021. — № 7. — С. 45–51.

3. **Леонтьев Д. А.** Психология смысла и инновационное поведение личности / Д. А. Леонтьев // Организационная психология. — 2020. — Т. 10, № 2. — С. 8–22.

4. **Ушачёв И. Г.** Социально-психологические факторы эффективности АПК: монография / И. Г. Ушачёв. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2022. — 188 с.

5. Экономика устойчивого развития и ESG-трансформация аграрного бизнеса / Д.А. Антонова, Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова [и др.]. – Москва: ООО «Сам полиграфист», 2024. – 175 с.

6. **Rogers E. M.** Diffusion of Innovations / Everett M. Rogers. — 5th ed. — New York: Free Press, 2003. — 551 p.

УДК 658.64

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСНЫХ УСЛУГ ПО ПРЕДПРОДАЖНОЙ ПОДГОТОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Костина Карина Павловна, *магистрант 1 курса института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, karinka.kostina@yandex.ru*

Научный руководитель - Сергеева Наталья Викторовна, *к.э.н., доцент, доцент кафедры экономики и организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nvsergeewa@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье рассматриваются современные подходы к совершенствованию сервисных услуг, направленных на предпродажную подготовку сельскохозяйственной техники. Особое внимание уделяется внедрению цифровых технологий, оптимизации процессов диагностики и технического обслуживания, а также повышению квалификации персонала сервисных центров.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственная техника, предпродажная подготовка, сервисные услуги, цифровые технологии, техническое обслуживание, клиент-ориентированность, качество сервиса, конкурентоспособность, диагностика, обучение персонала.*

Современный рынок сельскохозяйственной техники отличается высокой конкуренцией и растущими требованиями со стороны потребителей. В этих условиях качество сервисных

услуг, особенно на этапе предпродажной подготовки, становится одним из ключевых факторов, определяющих успех реализации продукции. Предпродажная подготовка – это комплекс мероприятий, направленных на приведение техники в рабочее состояние, проверку её функциональности и безопасности, а также формирование у клиента доверия к бренду. В статье рассматриваются современные подходы к совершенствованию сервисных услуг в этой сфере, анализируется влияние цифровых технологий и профессионализма персонала на удовлетворённость клиентов и конкурентоспособность продукции.

Роль предпродажной подготовки в формировании лояльности клиентов [1].

Предпродажная подготовка – не просто технический этап, а важная часть клиентского опыта. Качественно выполненная подготовка позволяет избежать проблем в эксплуатации, снижает риск поломок и простоев, а также формирует у покупателя уверенность в надёжности техники [5]. В условиях, когда сельхозпроизводители сталкиваются с сезонными пиковыми нагрузками, любая задержка или неисправность может привести к значительным убыткам. Поэтому сервисные центры, предлагающие высокий уровень предпродажной подготовки, получают конкурентные преимущества и укрепляют свою репутацию на рынке.

Внедрение цифровых технологий.

Одним из главных трендов в совершенствовании сервисных услуг является цифровизация процессов. Современные диагностические комплексы, программное обеспечение для мониторинга состояния техники и электронные базы данных позволяют ускорить и повысить точность предпродажной подготовки [2]. Использование мобильных приложений и облачных сервисов даёт возможность оперативно обмениваться информацией между сервисным центром, дилером и клиентом. Это способствует прозрачности процесса, позволяет клиенту отслеживать статус подготовки своей техники и получать рекомендации по эксплуатации ещё до передачи машины.

Оптимизация процессов диагностики и технического обслуживания.

Эффективная предпродажная подготовка невозможна без чётко выстроенных процессов диагностики и технического обслуживания [3]. Важно внедрять стандартизированные чек-листы, которые охватывают все ключевые узлы и агрегаты сельскохозяйственной техники: двигатель, трансмиссию, гидравлику, электрооборудование, ходовую часть. Автоматизация диагностики с помощью современных стендов и приборов позволяет выявлять скрытые дефекты на ранних стадиях. Кроме того, оптимизация логистики запасных частей и инструментов на складе сервисного центра сокращает время подготовки техники к продаже.

Повышение квалификации персонала. Качество сервисных услуг напрямую зависит от профессионализма сотрудников [6]. Регулярное обучение персонала новым технологиям, особенностям современных моделей техники и стандартам клиентского обслуживания – обязательное условие для развития сервисного центра. Важно не только техническое обучение, но и развитие коммуникативных навыков: умение консультировать клиента, объяснять результаты диагностики и формировать доверие. Внедрение программ наставничества и обмена опытом между специалистами способствует росту корпоративной культуры и повышению лояльности сотрудников.

Клиент-ориентированный подход. Современный сервис должен быть максимально ориентирован на потребности клиента. Это проявляется в гибкости графика обслуживания, возможности индивидуального подбора комплектации, предоставлении расширенных гарантий и постгарантийной поддержки. Важно формировать у клиента ощущение заботы: информировать о ходе работ, предлагать дополнительные услуги (например, обучение оператора), а после передачи техники поддерживать обратную связь. Такой подход способствует формированию долгосрочных отношений и повторным покупкам [4].

Влияние на конкурентоспособность. Качественная предпродажная подготовка напрямую влияет на конкурентоспособность как самой техники, так и дилерской сети [7]. Покупатели всё чаще выбирают не только по цене или техническим характеристикам, но и по уровню сервиса. Надёжный партнёр по обслуживанию становится решающим фактором при

принятии решения о покупке. В результате инвестиции в развитие сервисных услуг окупаются за счёт увеличения объёмов продаж, роста доли рынка и укрепления бренда.

Совершенствование сервисных услуг по предпродажной подготовке сельскохозяйственной техники – это комплексная задача, требующая внедрения цифровых технологий, оптимизации внутренних процессов, постоянного обучения персонала и развития клиент-ориентированного подхода. Качественный сервис не только повышает удовлетворённость клиентов, но и становится важным инструментом конкурентной борьбы на рынке сельхозтехники. Внедрение современных стандартов обслуживания способствует росту эффективности реализации продукции и формированию долгосрочного доверия между производителем, дилером и конечным потребителем.

Библиографический список

1. Бабанская, А.С. Коммуникационные и бизнес-стратегии в сфере АПК : монография / А.С. Бабанская, И.И. Галанкина, Е.В. Гнездилова, и др. - Москва, ООО «Мегаполис». – 2023. – 249 с.
2. Водянников, В.Т. Направления совершенствования воспроизводства технического потенциала аграрного сектора экономики страны / В.Т. Водянников, Е.Ф. Малыха, Н.В. Сергеева // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27. – № 6. – С. 52-59.
3. **Гвоздева, Е.А.** Импортозависимость продукции сельскохозяйственного машиностроения: оценка, риски, методы управления / **Е.А. Гвоздева,** А.В. Карпенко // Экономика сельского хозяйства России. – 2024. № 6. – С. 32-36.
4. Сергеева, Н.В. Современный вектор агропромышленной интеграции / Н.В. Сергеева, В.Н. Ариничев // Актуальные вопросы социально-экономических, технических и естественных наук: материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции Института агроинженерии. Челябинск, 2021. – С. 75-82.
5. Сергеева, Н.В. Ресурсный потенциал устойчивого развития сельского хозяйства : монография / Н.В. Сергеева, В.В. Рахаева, Н.Ю. Трясцина, Е.В. Ковалева, Арзамасцева Н.В. – Москва: ИКЦ «Эксперт», 2023. – 156 с.
6. Сергеева, Н.В. Цифровые технологии в маркетинге предприятий АПК / Н.В. Сергеева, Д.А. Гераськина // Достижения науки и технологий, культурные инициативы и устойчивое развитие - ДНиТ-III-2024 : сборник научных статей по материалам III Всероссийской научной конференции с международным участием. Красноярск, 2024. – С. 74-79.
7. Ягудаева, Н.А. Особенности современных условий развития аграрной экономики и формирования ее ресурсного потенциала / Н.А. Ягудаева // В сборнике: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. Сборник статей. Москва, 2023. – С. 706-708.

УДК 338.43

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА НА ИНВЕСТИЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

***Мельников Дмитрий Григорьевич**, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, melnikovd2510@gmail.com*

***Зарук Наталья Федоровна**, д.э.н., профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zaruk@rgau-msha.ru*

Аннотация: В статье рассмотрено влияние технологического суверенитета на инвестиционную активность в сельском хозяйстве России. Обоснована роль технологической независимости в снижении инвестиционных рисков и повышении устойчивости производства.

Сформулирован вывод о необходимости комплексной государственной поддержки для стимулирования инвестиций.

Ключевые слова: технологический суверенитет, инвестиционная активность, сельское хозяйство, продовольственная безопасность, модернизация АПК.

Влияние технологического суверенитета на инвестиционную активность в сельском хозяйстве определяется тем, что современное аграрное производство уже невозможно рассматривать только как сферу землепользования, сезонного труда и биологических процессов. Сельское хозяйство в XXI в. представляет собой сложную систему, в которой результат зависит от уровня механизации, качества техники, доступности цифровых решений, состояния селекции и семеноводства. Поэтому вопрос технологического суверенитета в аграрной сфере выходит далеко за пределы узкого понимания импортозамещения. Так, актуализируется способность государства и национальной экономики обеспечивать агропромышленный комплекс критически важными технологиями, оборудованием, машинами, научными разработками и управленческими решениями.

Суверенитет государства традиционно связывается с независимостью в принятии решений, устойчивостью внутреннего развития и способностью противостоять внешним ограничениям. В экономической плоскости означает наличие собственного производственного, научного и финансового потенциала, достаточного для поддержания ключевых отраслей. Если аграрная система критически зависит от поставок импортной техники, семян, генетического материала, средств защиты растений, программного обеспечения или компонентов для оборудования, то любая внешняя нестабильность автоматически превращается в фактор внутреннего риска. В сложившейся ситуации инвестиционная активность снижается, так как инвестор оценивает и текущую доходность, и способность отрасли стабильно функционировать в средне– и долгосрочной перспективе [4].

В составе технологического суверенитета особое место занимает технический суверенитет, а именно способность отечественного сельхозмашиностроения и смежных отраслей обеспечить сельхозтоваропроизводителей тракторами, комбайнами, почвообрабатывающими, посевными, кормозаготовительными и иными машинами требуемого качества. Именно технический суверенитет формирует материальную основу технологической независимости, поскольку даже при наличии научных разработок и цифровых решений отсутствие современной техники ограничивает возможности роста производительности труда, повышения урожайности.

Влияние технологического суверенитета на инвестиционную активность проявляется по нескольким взаимосвязанным направлениям:

– наличие отечественной технологической базы снижает инвестиционные риски. Инвестор охотнее вкладывает средства в отрасль, в которой существует предсказуемая система поставок техники, оборудования и комплектующих, (ремонт и сервис не зависят от внешнеполитической конъюнктуры);

– технологический суверенитет повышает экономическую эффективность аграрного производства, поскольку позволяет сокращать издержки на импорт, сервисное обслуживание, адаптацию зарубежных решений и замену недоступных компонентов;

– развитие отечественных технологий создает новые точки приложения капитала и в сельском хозяйстве, и в смежных отраслях (машиностроении, приборостроении, электронике, селекции, биотехнологиях) [2].

Для аграрной отрасли России проблема технологического суверенитета особенно актуальна, поскольку значительная часть основных фондов длительное время формировалась в условиях высокой зависимости от внешних поставщиков. Даже при наличии отечественного производства по ряду направлений сохранялись дефицит современных машин, ограниченность ассортимента. В результате инвестиционные решения хозяйств нередко принимались не исходя из стратегических задач модернизации, а в режиме адаптации к ограниченным финансовым возможностям. Данная ситуация привела к накоплению

изношенной техники, снижению темпов обновления машинно-тракторного парка и росту доли оборудования со сроком эксплуатации более десяти лет. В таблице 1 отражена динамика показателей сельскохозяйственной техники в России в 2018–2024 гг.

Таблица 1

Динамика показателей сельскохозяйственной техники в России в 2018–2024 гг. [5]

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Производство (с НДС), млрд руб.	96,9	114,8	136,7	217,3	250,6	271,1	237,1
Произведено в натуральном выражении, тыс. шт.							
Зерноуборочные комбайны	4,5	5	5,2	3,59	4,74	5,5	4,5
Кормоуборочные комбайны	0,85	0,71	0,64	0,25	0,29	0,4	0,2
Тракторы	2,4	3,5	4,13	6,13	6,2	6,7	6,2
Плуги	12	17,7	4,7	3,92	4,12	4,5	3,6
Жатки	2,1	2,5	1,1	2,41	2,85	2,99	2,64
Отгрузка на внутренний рынок (с НДС), млрд руб.	100,6	91,8	128,6	188,6	226,4	240,9	198,4
Экспорт (без НДС), млрд руб.	11	12,2	15,9	10	10,2	17,1	18

Анализ динамики производства сельскохозяйственной техники в России за 2018–2024 гг. демонстрирует структурно неоднородную, но в целом восходящую траекторию обновления материально–технической базы как ключевого фактора повышения инвестиционной эффективности аграрного сектора, в частности при росте объема производства (с НДС) до 237,1 млрд руб. (пик 271,1 млрд руб. в 2023 г.) и увеличении отгрузки на внутренний рынок с 100,6 до 198,4 млрд руб. прослеживается расширение емкости внутреннего спроса на технику, что коррелирует с активизацией механизмов лизинга и льготного кредитования. Одновременно экспорт вырос с 11 до 18 млрд руб., что указывает на формирование конкурентных преимуществ отечественного машиностроения.

Государственная политика в последние годы все более явно связывает достижение продовольственной безопасности с необходимостью технологического обеспечения сельского хозяйства. Поддержка отечественной селекции, генетики, семеноводства, формирование перечня критически значимых технологий и запуск профильных национальных проектов означают, что технологический суверенитет перестает быть абстрактной категорией. Сегодня системная государственная позиция снижает неопределенность. Когда инвестор видит наличие долгосрочных приоритетов, нормативно-правовой базы, субсидий, программ льготного кредитования и мер поддержки машиностроения, то воспринимает отрасль как более устойчивую и управляемую [1].

Связь между стоимостью финансовых ресурсов и инвестиционной активностью в сельском хозяйстве носит прямой и очевидный характер. Чем выше процентная ставка, тем ниже доля кредитных ресурсов в общем объеме инвестиций (особенно в капиталоемких направлениях, связанных с приобретением техники и оборудования). Для аграрной сферы критично, поскольку обновление машинно-тракторного парка требует значительных единовременных затрат, а срок окупаемости таких вложений нередко растягивается на годы. Если финансовая система предлагает ресурсы по ставке, не соответствующей рентабельности

сельхозпроизводства, инвестиции становятся экономически невыгодными. Даже прибыльные хозяйства в этом случае зачастую используют собственные средства, но их недостаточно для масштабной модернизации. Следовательно, без создания приемлемых условий кредитования невозможно обеспечить тот объем инвестиций, который нужен для достижения технологического суверенитета [3].

Особое значение имеет различие инвестиционных моделей у разных категорий хозяйств. Малые формы хозяйствования зачастую опираются на собственные средства и значительно реже используют кредит и лизинг. Данное положение связано как с ограниченным доступом к финансовым инструментам, так и с высокой чувствительностью к долговой нагрузке. Сельскохозяйственные организации в большей степени включены в лизинговые схемы, что позволяет им обновлять технику даже при недостатке собственных ресурсов.

Следовательно, политика технологического суверенитета учитывает неоднородность аграрного сектора – универсальные меры недостаточны. Для крупных и средних предприятий приоритетом является льготное кредитование и развитие промышленного лизинга, а для малых хозяйств – грантовые программы, субсидии на первоначальный взнос, кооперационные механизмы использования техники и региональные программы обновления парка. Одним из важнейших индикаторов реального состояния технологического суверенитета выступает соотношение между производством сельскохозяйственной техники внутри страны и потребностями сельхозтоваропроизводителей. Если внутреннее производство покрывает спрос лишь частично, а значительная доля техники остается импортозависимой, то инвестиционная активность неизбежно оказывается связанной с внешними рисками.

Важный фактор, влияющий на инвестиционную активность, – рост стоимости сельскохозяйственной техники. Даже если внутреннее производство сохраняется, повышение цены единицы техники при снижении физического объема приобретений означает сужение инвестиционных возможностей хозяйств. В этом случае официальные показатели в денежном выражении создают иллюзию инвестиционного роста, хотя в реальности происходит удорожание модернизации при сокращении фактического обновления парка. Для сельского хозяйства данная тенденция особенно опасна, поскольку технологическое отставание накапливается постепенно, но затем проявляется в виде снижения производительности, роста простоев, увеличения расходов на ремонт и обслуживания устаревших машин. Все в совокупности в конечном счете ухудшает финансовые результаты хозяйств и дополнительно снижает их инвестиционный потенциал.

Интерес представляют основные экономические показатели сельского хозяйства в целом по России в 2018–2024 гг. (таблица 2)

Таблица 2

Основные экономические показатели сельского хозяйства в целом по России в 2018–2024 гг. [5]

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Среднегодовая численность занятых, тыс. чел.	4346	4212	4011	3947	3931	4408	4208
Удельный вес занятых в сельском хозяйстве в общей численности занятых, %	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,7	5,4
Количество рабочих мест, тыс. ед.	21711	21415	22686	21981	21322	21208	20948
Среднемесячная номинальная заработная плата, руб.	25820	28396	31058	35460	41994	42584	53877

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Инвестиции в основной капитал, млрд руб.	707,3	750,4	747,5	826,5	877,9	880,4	894,5
Основные фонды, млрд руб.	3067,8	3478,8	3791,8	4202,6	4675,9	4728,4	4713,4
Коэффициент обновления основных фондов по полной учетной стоимости, ед.	12,9	12,9	12,6	13,2	13	12,7	12,1
Сальдирован.–й финансовый результат, млрд руб.	206,2	118,9	399,5	574,6	525,4	728,9	482,3
Уровень рентабельности, %	15,4	14	20,3	25	18,9	18,9	18

Цифровизация сельского хозяйства становится существенной частью технологического суверенитета и одновременно фактором роста инвестиционной активности. Современное аграрное производство опирается на системы точного земледелия, мониторинга посевов, управления техникой, анализа данных, автоматизации животноводческих комплексов и контроля производственных процессов.

Таким образом, технологический суверенитет выступает одним из ключевых условий роста инвестиционной активности в сельском хозяйстве. При этом слабость технологической базы, высокая изношенность техники, ограниченный доступ к кредитам, рост цен на оборудование и неравномерность финансовых возможностей разных форм хозяйствования сдерживают инвестиционный процесс и препятствуют формированию полноценного технологического суверенитета. Поэтому для достижения устойчивого результата необходимо синхронное развитие сельхозмашиностроения, аграрной науки, банковской системы, механизмов лизинга, государственной поддержки и кадрового обеспечения.

Библиографический список

1. Запорожцева, Л. А. Государственная аграрная политика и цифровая трансформация сельского хозяйства: перспективные направления совершенствования в условиях ЦФО РФ / Л. А. Запорожцева, М. К. Измайлов, Е. А. Арбенина, Н. В. Леонова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2025. – № 4(87). – С. 130–141.

2. Иовлев, Г. А. О проблемах формирования технического и технологического суверенитета в сельском хозяйстве Российской Федерации / Г. А. Иовлев, И. И. Голдина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 201–215.

3. Маслов, Н. С. Интегральная модель цифровой трансформации сельского хозяйства / Н. С. Маслов, Н. В. Проваленова // Вестник НГИЭИ. – 2025. – № 6(169). – С. 118–131.

4. Маслова, В. В. Инвестиционное развитие сельского хозяйства и его инвестиционная привлекательность в условиях современных вызовов и угроз / В. В. Маслова, Н. Ф. Зарук, М. В. Авдеев // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2024. – № 4. – С. 567–579.

5. Сельское хозяйство в России. 2025: статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – М., 2025. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S_x_2025.pdf (дата обращения: 15.04.2026).

УДК 658.64

КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ ИННОВАЦИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ

Омирбеков Руслан Усенович, *соискатель ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева*

Научный руководитель - Водянников Владимир Тимофеевич, *доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева, vtvodyannikov@rgau-msha.ru*

Аннотация. *Агропромышленный комплекс – сложная структура, состоящая из различных организационных и функциональных подсистем, где процесс производства складывается из определенных этапов, что и предопределяет многообразие факторов научно-технического прогресса, влияющих на процессы организации аграрного производства.*

Ключевые слова: *Агропромышленный комплекс (АПК), научно-технический прогресс, факторы инноваций, направления научно-технического прогресса в АПК.*

Современный рост экономики в развитых и быстроразвивающихся странах в значительной мере обусловлен ускорением прогресса науки и технологий, изменением роли инноваций, формированием инновационных моделей экономик. Переход к инновационной экономике – абсолютный императив развития на период до 2030 г. и в более отдаленной перспективе.

За последние годы в России и Казахстане созданы основные элементы инновационной инфраструктуры, в инновационную деятельность вовлечено значительное число организаций, ученых и предпринимателей. В аграрном секторе России отмечается рост производства продукции сельского хозяйства. Происходит модернизация производства, в том числе с вовлечением инновационных разработок в производство [1, 2].

Фактор, по классическому определению, представляет собой причину, движущую силу процесса, его характер или отдельные ее черты. В экономической литературе не всегда полно выделяются факторы научно-технического прогресса и в большей степени авторы отождествляют факторы и направления научно-технического прогресса, при том, что по своей сути эти понятия не тождественны. Фактор предопределяет первопричину и необходимость развития прогресса, а его реализация осуществляется самыми различными путями или направлениями. Следовательно, на первом этапе следует выделить факторы научно-технического прогресса (НТП), а затем в пределах каждого фактора определить, по каким конкретным направлениям он будет осуществляться.

В ряде современных учебных изданий рассматриваются лишь направления научно-технического прогресса в сельском хозяйстве, а их выделение и перечисление вносят определенную путаницу, т.к. указываемые направления имеют отношение к самым разнообразным факторам прогресса [2].

Применительно к агропромышленному производству необходимо выделить следующие ключевые группы факторов инноваций научно-технического прогресса: биологические, технические, технологические, энергетические, экологические, экономические, социальные, правовые, организационные. Целесообразно обратиться к общей характеристике означенной группы факторов и установить их влияние на процесс ускорения НТП [3].

Биологические факторы научно-технического прогресса в аграрном производстве являются ключевыми, спецификой сельского хозяйства, использованием биологических процессов роста, развития и продуцирования сельскохозяйственных культур, животных и птицы. В процессе производства необходимо использовать эту группу факторов для повышения его результативности, роста объемов производства и повышения качества

продукции. В современных условиях биологические факторы научно-технического прогресса реализуются не в полной мере [4].

Технические факторы научно-технического прогресса охватывают направления, обусловленные техническим прогрессом в аграрной экономике. Здесь происходит качественное изменение и развитие технических средств, основанные на использовании новых видов материалов и источников энергии. Этот процесс может происходить эволюционным путем, т.е. путем постепенного качественного изменения технических средств и улучшения их использования, и революционным путем, когда технический уровень производства значительно возрастает за счет внедрения новейшей техники, основанной на средствах автоматизации, применения компьютерных машин, роботов, информационных технологий и систем.

Биологические и технические факторы тесным образом связаны с *технологическими факторами* научно-технического прогресса. Они включают в себя разработку и освоение принципиально новых и модернизированных технологий в растениеводстве и животноводстве. В науке 80-х гг. прошлого столетия такие технологии стремительно разрабатывались и назывались интенсивными или индустриальными технологиями. В последних успешно сочетаются действия биологических и технических факторов, т.к. аккумулируют в себе все достижения науки по биологии растений и животных, а также по техническому оснащению производственных процессов.

Энергетические факторы научно-технического прогресса на современном этапе влияют не только на развитие и эффективность функционирования агропромышленного комплекса, но и в целом на экономику страны, на социальную сферу и жизнь людей. Продукция энергетики в современном мире относится не просто к товарам повседневного спроса – по сути формирует образ жизни в городе и деревне. В прошлом столетии технический прогресс и рост производства сельскохозяйственной продукции сопровождались увеличением потребления всех видов энергии и ростом энерговооруженности труда [6].

Научно-технический прогресс и развитие современных секторов аграрной экономики, совершенствование технологии переработки сельскохозяйственной продукции, внедрение электротехнологий и средств автоматизации в аграрное производство, повышение качества и улучшение условий жизни сельского населения предопределяют расширение сфер использования электроэнергии и усиление требований к надежному и бесперебойному электроснабжению села [3].

Деятельность человека в любой сфере производства сводится к процессам преобразования энергии посредством различных технологий. Каждая сфера производства потребляет все возрастающее количество энергии. Особенно велики затраты энергии на создание сельскохозяйственной техники, производство минеральных удобрений, средств защиты растений, других технических и химических средств. Например, для удвоения урожайности сельскохозяйственных культур требуется десятикратное увеличение суммарных затрат энергии [4].

В последние годы практически во всех странах мира наращивается выработка электрической и тепловой энергии на базе альтернативных источников энергии. Использование солнечной, ветровой, геотермальной энергии, энергии биомассы, энергии моря, малых рек, бытовых отходов, отходов растениеводства и животноводства обусловлено непрерывным удорожанием и очевидным истощением запасов традиционных природных энергоресурсов – нефти, газа, угля. Проблемы энергосбережения, биоэнергетики, разработки нетрадиционных энерготехнологий, практически неограниченных возобновляемых энергоресурсов в агропромышленном комплексе встали в ряд важных направлений научно-технического прогресса [4].

Экономические факторы научно-технического прогресса в современных условиях представляют собой комплекс мероприятий по охране земель и окружающей среды с целью их максимального сохранения, организации производства высококачественной экологически чистой продукции. Недооценка экологических факторов прогресса в сельском хозяйстве стала

причиной множества негативных последствий, развития эрозионных процессов и значительного снижения эффективности использования земли и других природных ресурсов.

Социальные факторы научно-технического прогресса приобретают важное значение в современных условиях, т.к. обусловлены кадровой политикой и трудовыми ресурсами в агропромышленном комплексе. Здесь идет речь об уровне их подготовки и необходимости создания соответствующих условий для их эффективной трудовой деятельности [7]. Работать на обновленной технике с использованием прогрессивных технологий успешно могут высококвалифицированные работники, владеющие всеми методами работы в новых условиях. Здесь не менее важна мотивация труда, соблюдение интересов работников и создание надлежащих условий жизни. Более высокие, гибкие и динамичные требования предъявляются к среднему и высшему профессиональному образованию, системе профессиональной подготовки и переподготовки инженерно-технических, агропромышленных, агроэкономических и других специалистов, чтобы ориентироваться на самые эффективные и перспективные направления научно-технического прогресса [5].

Как подтверждают исследования и практика хозяйствования, не менее важная роль отводится *организационным факторам* научно-технического прогресса. Теорией и практикой доказано, что крупные предприятия имеют больше условий и возможностей для реализации прогрессивных техники и технологий. Здесь решающую роль играют квалифицированные менеджеры – руководители и специалисты предприятий [6].

Сельскохозяйственные предприятия и агропромышленные формирования, которые максимально реализуют возможности науки, реализуют в своей работе достижения научно-технического прогресса мирового уровня и располагают высококвалифицированными специалистами, могут эффективно конкурировать, способны обеспечить страну в достаточном объеме продовольствием и создать продовольственную безопасность. Действие упомянутых факторов научно-технического прогресса, содержащих самые различные его направления, должно происходить в комплексе и взаимосвязи. Условность выделенных факторов и направлений, несомненна, однако, демонстрирует существенную разницу между факторами и конкретными направлениями научно-технического прогресса в агропромышленном комплексе страны.

Библиографический список

1. Алтухов, А. И. Агропромышленный комплекс страны: состояние и возможности развития / А. И. Алтухов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2024. – № 1(107). – С. 7–24.

2. Водянников, В.Т. Направления совершенствования воспроизводства технического потенциала аграрного сектора экономики страны / В.Т. Водянников, Е.Ф. Малыха, Н.В. Сергеева // Агроинженерия. – 2025. – Т. 27. – № 6. – С. 52-59.

3. Водянников, В.Т. Роль научно-технического прогресса при модернизации АПК в условиях цифровой трансформации/В.Т. Водянников, А.В. Эдер// Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. №9. – 2023. – С. 64-68.

4. Долгушкин, Н.К. Научное обеспечение продовольственной безопасности в условиях современных вызовов / Н. К. Долгушкин // АПК: экономика, управление. – 2025. – № 1. – С. 14-21.

5. Санду, И.С. Инновационная деятельность в аграрном секторе экономики: теоретико-методологические аспекты / И.С. Санду, Н.Е. Рыженкова // Экономика сельского хозяйства России. – 2013. – № 10. – С. 2-11.

6. Сергеева, Н.В. О низкой эффективности использования сельскохозяйственной техники в России / Н.В. Сергеева // Известия Международной академии аграрного образования. – 2015. – № 25-1. – С. 137-139.

УДК 339.162

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА МАРКЕТПЛЕЙСАХ

Секачева Вера Михайловна, *к. э. н., доцент кафедры менеджмента и агробизнеса ФГБОУ «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова», e-mail: veramixs@mail.ru*
Сартакова Оксана Алексеевна*, к.э.н., доцент кафедры менеджмента и агробизнеса, ФГБОУ «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова», e-mail: oksana_sartakova@mail.ru*

Резниченко Ирина Юрьевна*, д.т.н., профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания, ФГБОУ «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова» e-mail: irina.reznichenko@gmail.com*

Аннотация. *Внедрение цифровых площадок для реализации продукции сельскохозяйственных производителей открывает перспективы дальнейшего улучшения, но требует развитие законодательной и нормативной базы в этой сфере деятельности, что позволит хозяйствующим субъектам агропромышленного комплекса рассматривать маркетплейсы как устойчивый и эффективный инструмент в коммерческой деятельности.*

Ключевые слова: *цифровые платформы, региональная экономика, эффективность реализации, рапсовое масло, рентабельность продаж*

Цифровые торговые площадки представляют собой удобное место для фермеров и предприятий сельского хозяйства, где есть возможность реализовывать свою продукцию. Активное использование цифровых платформ может оказать сельскохозяйственной отрасли устойчивое развитие и увеличить объем продаж при этом обеспечит справедливую цену для предприятий АПС (агропродовольственной системы) и потребителей [1].

В последнее время наблюдается тенденция цифровой трансформации агропромышленного комплекса и роль маркетплейсов в повышении экономической устойчивости [2], уделяется внимание оценке эффективности маркетинговых инструментов по управлению поведением потребителей на маркетплейсах с учетом специфики последних [3], подчеркивается популярность площадок и их новые возможности как для потребителей, так и для продавцов, перспективы перехода агропродовольственных компаний на торговлю на маркетплейсах [4].

Кузбасский рынок сельскохозяйственной продукции динамично развивается и при условии правильной ценовой политики, выбора оптимальных каналов распределения продовольственный рынок имеет потенциал для расширения, в связи с чем, важной задачей является поиск оптимального канала реализации продукции на существующих маркетплейсах.

Цель исследования заключалась в сравнительной оценке эффективности реализации продукции переработки масличных культур предприятием ООО «Темп» (Кузбасс) на отечественных маркетплейсах.

Для достижения цели решали следующие задачи: определить наиболее эффективные онлайн каналы реализации рапсового масла для ООО «Темп»; провести оценку эффективности реализации рапсового масла на различных отечественных маркетплейсах ООО «Темп» и обосновать выбор наиболее актуальной электронной площадки сбытовой деятельности данного предприятия.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись отечественные маркетплейсы (Ozon, Wildberries, Яндекс.Маркет) и компания смешанного сельского хозяйства ООО «Темп», расположенное на территории г. Кемерово (Кузбасс). Предметом

исследований является готовый продукт - рапсовое масло в таре объемом 0,5 литра, марки «Rapsöl», реализуемое на отечественных маркетплейсах компанией ООО «Темп». Анализировали данные с 2022 по 2024 гг.

Применяли методы анализа, систематизации, обобщения, приемы экономического анализа, использовали интернет-ресурс Федеральной службы государственной статистики [5].

Результаты исследований и их обсуждение.

На первом этапе работы определяли точку безубыточного объема производства за анализируемый период. Установлено, что рост точки безубыточности в стоимостном и натуральном выражении в 2024 году был обусловлен увеличением, как постоянных, так и переменных затрат. Анализ динамики точки безубыточности в натуральном выражении показал, что для достижения порога рентабельности (точки безубыточности) компании в 2024 г нужно производить и реализовывать не менее 669914 ед. продукции, в нашем случае бутылок рапсового масла объемом 0,5 литра, что выше аналогичного показателя 2023 г на 207083 ед. и выше аналогичного показателя 2022 г на 77628 ед. Установлено, что в компании наблюдается снижение маржинальности (с 59,1% в 2023 г. до 48,0% в 2024 г.) из-за роста переменных затрат. Запас финансовой прочности упал с 67,5% до 49% - компания ближе к убыткам. Также операционная прибыль сократилась на 45,5% из-за роста затрат и падения продаж. Кроме того, как можно заметить, операционный рычаг вырос в 2 раза (с 0,48 до 1,04) –даже небольшое снижение выручки сильно «ударит» по прибыли.

На основании проведенных исследований, сделаны выводы: компания ООО «Темп» занимается производством и продажей рапсового масла и жмыха и имеет монополистическое положение на данном рынке в Кузбассе; общий объем реализации рапсового масла в 2024 году составил 604333,22 кг.; на фоне сокращения выручки и роста себестоимости производства и реализации продукции в ООО «Темп» наблюдается отрицательная динамика финансовых результатов и показателей рентабельности продаж и рентабельности продукции; финансовое состояние предприятие находится на довольно низком уровне. Следовательно, необходимо предложить компании наиболее эффективные электронные площадки для реализации произведенной продукции.

Оценка эффективности реализации рапсового масла ООО «Темп» на трех ключевых площадках - Wildberries, Ozon и Яндекс. Маркет по показателям: вознаграждение от стоимости товара, логистика, последняя миля, обработка отправления (ПВЗ, ВПВЗ) показала, что наиболее актуальным маркетплейсом для реализации рапсового масла компанией ООО «Темп» является Яндекс.Маркет, с точки зрения величины дополнительных затрат.

Определение оптимальной цены реализации на анализируемых маркетплейсах показало, что согласно произведенным расчетом, наиболее актуальным маркетплейсом для реализации рапсового масла компанией ООО «Темп» является Яндекс.Маркет, с точки зрения величины дополнительных затрат.

Определение и выбор наиболее эффективного направления сбыта на маркетплэйсах продукции ООО «Темп» показало, что с точки зрения экономической эффективности, абсолютно все маркетплейсы покажут один и тот же результат, а именно, установленная норма рентабельности в 25%. При этом, величина прибыли от продажи на маркетплейсе Ozon будет выше, чем по продажам на Wildberries и Яндекс.Маркет.

Гражданское законодательство РФ не содержит нормы, которые бы регулировали отношения между продавцами и маркетплейсами, в связи с чем, маркетплейсы сами разрабатывают правила и условия размещения и продажи товаров на своих онлайн площадках. Правовое регулирование данных отношений находится на низком уровне, а монополизация рынка продаж товаров маркетплейсами, ведет к повышению их влияния на рынок и к возможному злоупотреблению своим доминирующим положением.

Заключение. На сегодняшний день отсутствует регламентированная система показателей или методика оценки эффективности реализации товаров на маркетплейсах, а монополистическое положение таких интернет-гигантов как Вайлдбериз, ОЗОН и Яндекс Маркет, оказывает отрицательное влияние на продавцов в области навязывания условий

торговли. В результате предложена целесообразность использования компанией ООО «Темп» маркетплейсов для реализации рапсового масла маркетплейсов Wildberries и Яндекс.Маркет. Научная новизна работы заключается в обосновании важности правильного выбора маркетплейса для составления ценовой стратегии реализации сельскохозяйственной продукции через посреднические онлайн платформы.

Библиографический список

1. Денисова О.А. Маркетплейсы: продвижение и реклама// Управленческий учет. 2023. № 12-2. С. 432-440.
2. Куликова Е. С., Сулимин В.В., Шведов В.В. Цифровая трансформация агрорынка: факторы экономической устойчивости и роль маркетплейсов в развитии АПК.// Международный сельскохозяйственный журнал. 2025. № 5(407). С. 572-576. – DOI 10.55186/25876740_2025_68_5_572.
3. Фирсова И. А., Саядян Р. Оценка эффективности маркетинговых инструментов управления поведением потребителей на маркетплейсах// РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2025. № 3. С. 44-50. DOI 10.56584/1560-8816-2025-3-44-50.
Восколович Н.А. Маркетплейсы как сегмент российского рынка электронной торговли// Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. 2023. № 4 (47). С. 92-101.
4. Буевич А. П. Маркетплейсы как ключевое звено современных каналов сбыта //Экономика, предпринимательство и право. 2024. Т. 14. №. 6. С. 2875-2884.
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov. ru (дата обращения: 17.12.2025).

УДК 338.43:665.3(470.312)

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫМИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫМИ КЛАСТЕРАМИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Романов Виктор Витальевич, *аспирант, направление подготовки «Менеджмент», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Аннотация: *Масложировая отрасль является стратегически важной составляющей агропромышленного комплекса Российской Федерации, к которой в 2023 году относилось около 19 % объёма экспорта АПК (8,5 млрд долл. из рекордных 43,5 млрд долл.). Цель исследования – анализ кластерного потенциала масложировой отрасли Тульской области с применением «алмазной» модели М. Портера и SWOT-анализа в рамках авторской четырёхэтапной модели стратегического управления. Результаты могут быть использованы региональными органами власти и предприятиями при разработке стратегий развития кластеров.*

Ключевые слова: *агропромышленный комплекс, масложировая отрасль, кластерный анализ, Тульская область, стратегический менеджмент.*

Введение. В 1990 году Майкл Портер ввёл термин «кластер» в экономическую науку в своей работе «Конкурентные преимущества наций». По определению Портера, кластер представляет собой географически связанную группу производителей, снабженцев, сервисных компаний и организаций, работающих в определённой сфере [1]. Кластеры способствуют ускорению регионального экономического развития за счёт повышения производительности, стимулирования инноваций, расширения бизнеса и укрепления конкурентного преимущества. В 2012 году Министерство экономического развития России

запустило программу поддержки инновационных территориальных кластеров. По итогам конкурсного отбора из 94 заявок официальный статус получили 25 кластеров, число которых впоследствии увеличилось до 27; общий объём выделенных в 2013–2015 годах федеральных субсидий превысил 5 млрд рублей [2]. Несмотря на растущее значение масложировой отрасли для российской экономики, в науке существует явный исследовательский пробел, поскольку в имеющихся научных работах по кластерам не определяется экономический потенциал региональных кластеров по производству масложировой продукции.

Объектом исследования является масложировой комплекс Тульской области, предметом — теоретические основы, процессы и механизмы стратегического управления, применимые к формированию регионального агропромышленного кластера.

В 2023 году доля масложировой продукции составила 8,5 млрд долл. из рекордного объёма экспорта продукции АПК в 43,5 млрд долл., в результате чего Россия заняла второе место в мире по экспорту подсолнечного и рапсового масел [3]. Тульская область занимает 9-е место в стране по объему производства рапса (252 200 тонн в 2024 году, 5,4 % от общего объёма) [4]. На долю масложировой продукции приходится около 44 % от общего объёма экспорта АПК Тульской области [5]. Эти данные свидетельствуют о наличии значимых предпосылок для формирования агропромышленного кластера.

Цель исследования — разработка практической концепции для формирования масложирового кластера в Тульской области. В рамках исследования решаются четыре задачи: 1) определить теоретические основы кластерной теории и стратегического управления; 2) составить четырёхэтапную модель стратегического управления региональными агропромышленными кластерами; 3) применить данную модель к масличному комплексу Тульской области; 4) сформулировать практические рекомендации по региональной кластерной политике.

Методы исследования. Теоретическую основу исследования составляет «алмазная» модель Майкла Портера для кластерного анализа, включающая условия факторов производства и спроса, связанные и вспомогательные отрасли, а также бизнес-стратегию и уровень конкуренции. Кроме того, применяется SWOT-анализ для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз [6]. Сочетание двух инструментов обеспечивает комплексный подход к определению конкурентоспособности кластера.

Эмпирическая часть исследования основана на данных Росстата, Федерального центра «Агроэкспорт», OleoScope, а также данных Федеральной таможенной службы за период с 2019 по 2024 год [7].

Результаты исследований, их обсуждение. На основе проведённого анализа предлагается четырёхэтапная модель стратегического управления региональными агропромышленными кластерами (таблица 1). Данная модель является цикличным процессом, что отражает необходимость адаптации стратегии к меняющимся внешним условиям.

Таблица 1

Модель стратегического управления региональными агропромышленными кластерами

Этапы	Содержание	Инструменты
Определение кластерной зрелости	Оценка состояния кластера: конкурентной среды, ресурсной базы, степени локализации цепочки создания стоимости, спроса и наличия	Модель «алмаза» Портера; SWOT-анализ

	институциональной среды функционирования кластера	
Постановка кластерных целей	Определение стратегических ориентиров развития кластера с учётом региональной и федеральной политики; выбор приоритетных экспортных рынков, направлений импортозамещения и структуры цепочки создания стоимости	Инструменты стратегического планирования; система KPI; анализ заинтересованных сторон
Формирование кластерной стратегии и механизмов координации	Создание управляющей организации кластера (центра кластерного развития, отраслевой ассоциации); определение инфраструктурных приоритетов (элеваторные мощности, транспортно-логистическая сеть, системы контроля качества); выработка мер стимулирования межфирменной кооперации	Дорожная карта развития кластера; центры кластерного развития Минэкономразвития, особые экономические зоны; механизмы государственно-частного партнёрства
Контроль и мониторинг выполнения стратегии	Оценка реализации стратегии на основе показателей производительности, экспортной активности, инновационной динамики между участниками; корректировка стратегии по итогам мониторинга	Система KPI; отчёты мониторинга производственно-экспортных показателей; периодические опросы участников кластера; координационный совет как институт обратной связи

Как показано в таблице 1, предлагаемая модель объединяет анализ внешних и внутренних факторов в рамках цикла стратегического управления. На первом этапе конкурентная среда агропромышленного кластера анализируется с помощью алмазной модели Портера, которая позволяет выявить ключевые факторы конкурентоспособности: условия производства, условия спроса, смежные и вспомогательные отрасли, а также бизнес-стратегию предприятий [1]. Данный подход дополняется SWOT-анализом, который систематизирует сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы внешней среды [6]. Применительно к масложировой отрасли Тульской области на первом этапе отмечается благоприятная ресурсная база и растущий спрос на растительные масла; однако смежные и вспомогательные отрасли имеют структурные проблемы, а участники рынка недостаточно скоординированы.

На стадии постановки целей формулируются стратегические цели кластера. Для Тульской области выделены три основные цели: увеличение объёмов производства масложировой продукции, расширение географии экспорта и улучшение координации деятельности участников кластера. Эти цели соответствуют государственным задачам в области экспорта продукции АПК [3].

В ходе разработки стратегии определяется комплекс мер: создание координационной структуры кластера, объединяющей агропромышленных производителей, перерабатывающие предприятия и транспортно-логистические компании; развитие вспомогательной

инфраструктуры; внедрение механизмов стимулирования сотрудничества между участниками кластера.

На последнем этапе внедряется система показателей эффективности для оценки результативности развития кластера. Система включает показатели динамики производства, экспортной деятельности и уровня взаимодействия участников кластера. Результаты подтверждаются статистическими данными за 2019–2024 гг. и указывают на устойчивые тенденции развития масложировой промышленности Тульской области [5]. Предлагаемая модель вносит вклад в теорию стратегического управления, интегрируя модель Портера и SWOT-анализ в единый управленческий цикл.

Выводы. В результате исследования получены следующие ключевые выводы.

Во-первых, интеграция «алмазной модели» Портера и SWOT-анализа обеспечивает методологическую основу для анализа и управления развитием региональных агропромышленных кластеров, позволяя оценивать кластер с учётом конкурентных условий.

Во-вторых, разработана четырёхэтапная модель стратегического управления: диагностика, постановка целей, формулирование стратегии и контроль. Предложенная модель представляет собой повторяющейся процесс и может рассматриваться как инструмент принятия стратегических решений в агропромышленных системах.

В-третьих, практическая применимость модели показана на примере масложировой промышленности Тульской области. Модель выявляет ресурсные и рыночные предпосылки развития, а также институциональные и инфраструктурные ограничения, что позволяет обосновать направления развития кластера.

В-четвёртых, практическая значимость исследования определяется разработкой рекомендаций по кластерной политике в регионе. Научная новизна заключается в адаптации классической модели стратегического управления к специфике региональных агропромышленных кластеров за счёт того, что на этапе диагностики оценивается зрелость кластера, на этапе целеполагания задаются кластерные KPI, а на этапе формирования стратегии напрямую используются действующие российские инструменты кластерной политики. Результаты исследования могут быть использованы областными органами власти и агропромышленными предприятиями при разработке и реализации стратегий развития кластеров.

Библиографический список

1. Кульпина, О. С. Кластерная теория и её применение в России / О. С. Кульпина // Управление социально-экономическим развитием регионов: проблемы и пути их решения : сборник научных статей 7-ой Международной научно-практической конференции, Курск, 30 июня 2017 года. – Курск : Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2017. – С. 154–156. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_29752605_85711953.pdf (дата обращения: 04.04.2026). – EDN ZBBZHP.

2. Кластерная политика в России : [сайт] / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – URL: https://cluster.hse.ru/innovative_clusters#NPA (дата обращения: 04.04.2026). – Текст : электронный.

3. Итоги экспорта продукции АПК России в 2023 году / Федеральный центр «Агроэкспорт». – Москва : Агроэкспорт, 2024.

4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024 : статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики. – Москва : Росстат, 2024.

5. Статистика внешней торговли Тульской области, 2019–2024 гг. / Федеральная таможенная служба России. – Москва : ФТС, 2024.

6. Трифонова, И. В. Теоретические подходы к рассмотрению кластерной теории / И. В. Трифонова // Актуальные проблемы современной экономической науки : материалы IV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных : в 2 частях, Омск, 12–13 мая 2016 года / Омский государственный университет путей сообщения. Ч. 1. – Омск : Омский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 26–33. – EDN WMVIYR.

7. Аналитика рынка масличных и масложировой продукции России, 2019–2024 / OleoScope. – URL: https://oleoscope.com (дата обращения: 07.04.2026). – Текст : электронный.

СЕКЦИЯ «БИЗНЕС-СТАТИСТИКА»

УДК 339.9:631

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И СТРУКТУРЫ ВАЛОВОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ АГРАРНОГО СЕКТОРА ПО СТРАНАМ И МАКРОРЕГИОНАМ МИРА

***Анохин Игорь Александрович**, ассистент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, anokhin.igor@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: **Уколова Анна Владимировна**, к.э.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, statmsha@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В статье проведен сравнительный анализ динамики и структуры валовой добавленной стоимости аграрного сектора 209 стран мира за период 2014-2023 гг. на основе данных UNCTAD. Установлено, что, несмотря на высокую страновую концентрацию (на долю Китая приходится 30,5 % мировой ВДС), совокупный вклад стран с объемом производства ВДС от 10 млрд до 1 трлн долл. США остается максимальным.*

***Ключевые слова:** валовая добавленная стоимость, аграрный сектор, международная торговля, макроэкономические тенденции, UNCTAD.*

«Валовая добавленная стоимость по каждой из отраслей рассчитывается как разница между выпуском товаров и услуг и промежуточным потреблением этих отраслей. Термин «валовая» указывает на то, что показатель включает потребление основного капитала» [6]. В отличие от более широко известного показателя валового внутреннего продукта (ВВП), который может быть рассчитан несколькими способами, ВДС является его ключевой составляющей, определяемой с производственной точки зрения. Фундаментальное определение ВДС заключается в том, что это разница между общей стоимостью произведенной продукции (валовым выходом) и стоимостью товаров и услуг, которые были потреблены в процессе этого производства (промежуточным потреблением) [2]. Этот расчет позволяет отделить ту часть стоимости, которая была фактически создана в рамках данного сектора экономики, от стоимости ресурсов, которые были просто преобразованы в ходе производственного процесса.

В контексте аграрного сектора, который включает «Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство», ВДС измеряет вклад именно этих видов деятельности. Показатель используется для оценки доли сельского хозяйства в национальной экономике, его влияния на занятость и доходы, а также для анализа производительности и эффективности [4].

ВДС в секторе «Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство» является сложным составным показателем, который формируется под влиянием комплекса факторов и требует глубокого анализа для правильной интерпретации. Такие страны, как Китай, Индия и США, демонстрируют значительные абсолютные величины ВДС в аграрном секторе, однако

причины и смысл этих значений могут кардинально различаться. Можно выделить несколько ключевых интерпретаций, объясняющих формирование значительных величин ВДС в аграрном секторе. Первая и наиболее очевидная причина – масштаб производства и доля сектора в национальной экономике. В абсолютных цифрах ВДС напрямую зависит от общего объема производственной деятельности. Вторая важная интерпретация связана с производительностью и эффективностью. Значительные величины ВДС может свидетельствовать не только о большом объеме производства, но и о высокой эффективности использования ресурсов. Эффективность здесь проявляется в виде высокой производительности труда и капитала. Третья и, возможно, одна из самых значимых причин больших значений ВДС – степень переработки сельскохозяйственной продукции и структура добавленной стоимости. Этот аспект часто недооценивается, но он имеет решающее значение для понимания реальной экономической выгоды от аграрного экспорта. Страна, экспортирующая сырье, получает лишь минимальную добавленную стоимость, соответствующую первичному сельскохозяйственному производству. В то же время страна, которая импортирует то же самое сырье, перерабатывает его и экспортирует уже конечный продукт (например, муку, текстиль), получает значительно большую долю добавленной стоимости. Этот процесс «добавления» ценности происходит на каждом этапе переработки: замешивание теста, выпечка хлеба, производство макаронных изделий, упаковка и транспортировка. Поэтому стратегия развития аграрного сектора во многих странах направлена именно на развитие перерабатывающей промышленности. Китай является ярким примером такого подхода: он не только является крупнейшим производителем сельскохозяйственной продукции, но и активно ее перерабатывает, создавая сложные внутренние рынки и экспортируя продукцию с большой добавленной стоимостью, что обуславливает существенные значения ВДС аграрного сектора. Наконец, четвертая интерпретация связана со структурой и специализацией аграрной экономики. Значительные величины ВДС могут отражать не только масштаб и эффективность, но и уникальное положение страны в глобальной экономике. Например, страна может специализироваться на производстве высокодоходных культур (какао, кофе, фрукты) или животноводстве, где добавленная стоимость на единицу продукции выше. Для точной интерпретации необходимо анализировать не только значения показателя, но и структуру экономики, уровень технологического развития и характер торговых потоков.

Связь между ВДС аграрного сектора и международной торговлей является двусторонней и многогранной, охватывая как экспорт, так и импорт. Экспорт продукции агропромышленного комплекса (АПК) является одним из главных двигателей ВДС, поскольку он создает внешний спрос на внутреннюю продукцию, стимулируя производство, занятость и доходы [5]. Однако простое увеличение объемов экспорта не гарантирует пропорционального роста ВДС. Ключевым понятием для понимания этой связи является различие между «валовым экспортом» и «добавленной стоимостью экспорта». Валовый экспорт представляет собой общую стоимость товаров и услуг, отправленных за рубеж. Однако эта стоимость может включать не только те компоненты, которые были созданы внутри страны, но и стоимость импортированных промежуточных товаров и услуг, использованных в производстве. Добавленная стоимость экспорта – это именно та часть стоимости, которая была создана и добавлена в экономике страны-экспортера. Экспорт переработанной продукции всегда более выгоден для национальной ВДС, чем экспорт сырья. Страна, занимающаяся углубленной переработкой, получает право на большую долю мировой цены конечного продукта.

Роль импорта в формировании ВДС аграрного сектора двояка. С одной стороны, импорт товаров и услуг, которые потребляются в процессе сельскохозяйственного производства, таких как сельскохозяйственные машины, удобрения, пестициды и технологии, напрямую уменьшает ВДС. Это происходит потому, что стоимость этих импортных компонентов уже учтена в валовом продукте и должна быть вычтена при расчете ВДС по стандартной формуле. Так страна, сильно зависящая от импорта дорогостоящих

агротехнологий или дефицитных ресурсов, может иметь более низкую ВДС по сравнению с более самодостаточной страной. С другой стороны, импорт может быть критически важным фактором для повышения производительности и, как следствие, для роста ВДС. Импорт современных машин, генетически модифицированных семян или энергоэффективных систем орошения позволяет производить больше продукции с теми же или меньшими затратами ресурсов, что в долгосрочной перспективе ведет к росту ВДС.

В конечном счете, торговля – это не просто движение товаров, а механизм перераспределения ресурсов и добавленной стоимости. Страны, успешно интегрированные в мировую торговлю, используют экспорт как рычаг для роста ВДС, инвестируя вырученные средства в технологии и переработку, а также управляя импортом таким образом, чтобы он стимулировал, а не подрывал внутреннее производство.

Целью исследования было выявить макроэкономические тенденции, оценить темпы роста и определить ключевые факторы, определяющие развитие мирового аграрного сектора в рассматриваемый период. Статистический анализ динамики ВДС по отрасли «Сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство» на основе данных Конференции ООН по торговле и развитию (UNCTAD) за период 2014-2023 гг. был проведен по данным 209 стран мира, сгруппированных по ВДС. Особое внимание уделено сравнительной характеристике ключевых экономических держав, выявлению структурных тенденций и интерпретации колебаний, обусловленных экзогенными шоками (пандемия COVID-19, геополитические кризисы). В период 2014-2016 гг. наблюдается некоторое снижение совокупной ВДС с 3330,5 млрд долл. США в 2014 году до минимума в 3312,6 млрд в 2016 году, после чего происходит восстановление до 3405,1 млрд в 2017 году. Общее изменение за этот трехлетний период составляет -4,3%. Эта временная пауза в росте коррелирует с общим замедлением мировой экономики и периодом относительно низких цен на сельскохозяйственное сырье, что оказывало давление на доходы производителей в развивающихся странах и, как следствие, на их вклад в мировую ВДС. В период поступательного роста с восстановлением докризисных уровней (2017-2019 гг.) ВДС увеличилась с 3405,1 млрд до 3496,3 млрд долл. США, что соответствует росту почти на 3%. Рост был обусловлен восстановлением спроса, нормализацией цен на сырье и реализацией государственных программ поддержки в ряде стран [7]. Ключевым моментом в анализируемом периоде стал 2020 год, ознаменованный началом пандемии COVID-19. Несмотря на тотальный экономический спад во многих других секторах, аграрный сектор продемонстрировал поразительную устойчивость. В 2020 году мировая ВДС выросла по сравнению с 2019 г. на 5,1% до 3684,1 млрд долл. США. Этот рост свидетельствует о том, что спрос на продукты питания не только сохранился, но и, возможно, даже усилился в условиях закрытия ресторанов и изменения потребительских привычек, что привело к увеличению закупок в розничной торговле. Аграрный сектор подтвердил свой статус «защитного актива» в периоды глобальных кризисов, обеспечив положительную динамику, в то время как многие другие отрасли (промышленность и услуги) сталкивались со спадом, вызванным внешними шоками [1]. В 2021 году показатель достиг 4232,6 млрд долл. США, а в 2022 году – 4380,6 млрд долл. США. За эти два года произошло увеличение ВДС почти на 1500 млрд долл. США. Мировая ВДС аграрного сектора достигла пиковых значений в 2022 году с последующей незначительной коррекцией в 2023 году (-0,04%). Такой мощный рост был обусловлен двумя основными факторами: во-первых, сохраняющимся повышенным спросом на продовольствие, а во-вторых, стремительным ростом мировых цен на сельскохозяйственную продукцию. Этот рост цен был вызван рядом причин, включая обеспокоенность по поводу нарушений поставок зерна и удобрений из-за геополитических кризисов, а также инфляционные ожидания на мировых рынках [3].

Наблюдается высокая степень региональной концентрации мирового сельскохозяйственного производства, при которой ключевые экономические державы формируют основную долю глобальной добавленной стоимости. Структурный анализ,

основанный на точных расчетах долей ВДС по группам стран, построенных на основе данных UNCTAD за 2023 год, позволяет наглядно продемонстрировать эту концентрацию (таблица 1).

Группа стран с ВДС от 10 до 100 млрд долл. США фактически является крупнейшей по совокупной доле в мировой ВДС аграрного сектора (34,9%), опережая даже группу абсолютного лидера (Китай – 30,5%). Это указывает на то, что страны со средним уровнем показателя (Россия, государства ЕС, Япония, Турция, Иран и др.) в совокупности обеспечивают максимальный вклад в глобальную добавленную стоимость отрасли, несмотря на отсутствие в данной группе абсолютных лидеров. Менее чем половина всех стран мира, для которых есть данные, создают большую часть валовой добавленной стоимости в аграрном секторе. При этом на долю самых малых игроков, стран с ВДС менее 1 млрд долл. США, приходится лишь 0,4% мировой ВДС, что свидетельствует о незначительном вкладе данной группы в глобальное производство.

Таблица 1

Группировка стран мира по объему ВДС аграрного сектора в 2023 г.

Группа по ВДС	Количество стран	Доля в мировой ВДС, %	Характеристика
Триллион+	1 (Китай)	30,5	Абсолютный лидер, определяющий глобальный тренд
100 млрд – 1 трлн	4 (Индия, США, Бразилия, Индонезия)	26,3	Ядро мирового аграрного производства
10 – 100 млрд	48 (Россия, ЕС, Япония и др.)	34,9	Развитые и крупные развивающиеся аграрные экономики
1 – 10 млрд	86	8,0	Средние и малые аграрные экономики
< 1 млрд	70	0,4	Наименее развитые страны
ИТОГО МИР	209	100,0	х

Источник: составлено автором

Для количественной оценки общей динамики можно рассчитать абсолютные изменения и темпы прироста (таблица 2). Совокупная мировая ВДС за период с 2014 по 2023 год выросла с 3 330,5 млрд долл. США до 4 379,0 млрд долл. США, что составляет абсолютный прирост в 1 048,5 млрд долл. США. Расчетный темп прироста за весь анализируемый период составил +31,5%. При расчете среднегодового темпа прироста, который характеризует среднюю скорость роста в течение всего периода, этот показатель составляет в среднем на +2,8% в год. Эти цифры свидетельствуют о долгосрочной устойчивости и росте аграрного сектора как компонента мировой экономики.

Таблица 2

ВДС аграрного сектора по макрорегионам мира и её динамика

Регион	ВДС, млрд долл. США	Доля в мире, %	Темп прироста в 2023 по сравнению с 2014 гг., %
Азия	2650,4	60,5	+35,2
Европа	550,2	12,6	+19,0
Северная Америка	430,3	9,8	+67,6
Южная Америка	350,1	8,0	+15,3
Африка	300,5	6,9	+45,8
Океания	97,5	2,3	+52,3

Источник: составлено автором

Азия является безусловным доминирующим регионом с долей 60,5% в мировой ВДС аграрного сектора. Вклад в этот показатель вносят преимущественно Китай, Индия и Индонезия, которые вместе формируют значительную часть этого регионального лидерства. Другие крупные регионы, такие как Европа (12,6%) и Северная Америка (9,8%), имеют значительно меньший, но все еще весомый вклад. Целесообразно отметить, что Северная Америка, будучи одним из самых развитых регионов мира, демонстрирует самые высокие темпы прироста ВДС среди всех регионов (+67,6%), что указывает на усиление конкурентоспособности американского аграрного сектора и его способности адаптироваться к новым условиям. В то же время Океания, регион с относительно небольшим масштабом аграрного сектора в глобальном контексте (2,3%), показывает один из самых высоких темпов прироста (+52,3%), что может свидетельствовать об успешной экспортной ориентации и специализации ее экономики на высокодоходных сельскохозяйственных продуктах.

Библиографический список

1. Белокопытов, А. В. Устойчивый рост и инновационное развитие аграрного сектора в условиях пандемии и санкций / А. В. Белокопытов, О. В. Лазько // Продовольственная политика и безопасность. – 2022. – Т. 9, № 2. – С. 141-152. – DOI 10.18334/ppib.9.2.114650. – EDN IVMIZY.

2. Внешняя торговля Российской Федерации: статистические данные [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/bgd/free/b99_10/isswww.exe/stg/d010/i010810r.htm (дата обращения: 13.04.2026).

3. Доклад о развитии сельского хозяйства и сельских территорий Российской Федерации [Электронный ресурс] / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – Режим доступа: https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/633951523.pdf (дата обращения: 15.04.2026).

4. Комшанов, Д. С. Доходность сельского хозяйства и экономический рост в системе национальных счетов / Д. С. Комшанов, И. Г. Толмачева, Г. В. Антонов // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2019. – № 4(14). – С. 39-51. – DOI 10.36718/2500-1825-2019-4-39-5. – EDN YLZWXH.

5. Макуценя, Е. П. Факторы и взаимосвязи развития мировой торговли сельскохозяйственной продукцией и продовольствием / Е. П. Макуценя // Никоновские

чтения. – 2015. – № 20-1. – С. 462-466. – EDN VZLBCT.

6. Методологические пояснения к показателям валовой добавленной стоимости [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: https://74.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ%20ПОЯСНЕНИЯ(17).htm (дата обращения: 13.04.2026).

7. Отчёт о состоянии мировых рынков сельскохозяйственной продукции [Электронный ресурс] / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). – Режим доступа: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/bodies/CCP_72/MX203_3/MX203_CCP_18_3_ru.pdf (дата обращения: 14.04.2026).

УДК 631.15:311.2:504.75

ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ОТЧЕТНОСТЬ ПО ВЫБРОСАМ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ: ФОРМЫ ОТЧЕТНОСТИ, МЕТОДОЛОГИИ И ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

***Бодур Айсу Мустафаевна**, ассистент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bodur_a@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: **Уколова Анна Владимировна**, к.э.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, statmsha@rgau-msha.ru*

***Аннотация**: переход к обязательному учету эмиссии парниковых газов (ПГ) в аграрном секторе Российской Федерации обусловлен необходимостью адаптации АПК к глобальной климатической повестке. Отсутствие единого подхода и понятных алгоритмов создает риски неточности статистической отчетности и повышает административную нагрузку на сельхозпроизводителей. В рамках научного исследования был проведен анализ нормативно-правовой базы по учету и декларированию выбросов парниковых газов для АПК, сформирован и проанализирован перечень цифровых платформ, предназначенных для сдачи экологической отчетности с целью оценки их функционала и соответствия требованиям статистического учета в России.*

***Ключевые слова**: парниковые газы, отчетность о выбросах парниковых газов, ГИС, АПК, формы отчетности, углеродный след.*

С 1 января 2025 года в Российской Федерации вступает в силу требование об обязательной отчетности по выбросам парниковых газов (ПГ) для организаций, соответствующих критериям регулирования согласно Федеральному закону от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ [6]. Стратегическая цель нововведения – создание верифицированного национального реестра выбросов, который станет базой для формирования климатической политики и инструментов декарбонизации.

Для агропромышленного комплекса (АПК) текущая ситуация характеризуется «регуляторной серой зоной». При установленном пороге в 50 тыс. тонн CO2-эквивалента в год, крупные агрохолдинги сталкиваются с методологическими ограничениями: действующий Приказ Минприроды от 27.05.2022 г. № 371 содержит методики преимущественно для процессов сжигания топлива. Специализированные методики для оценки специфических аграрных процессов на национальном уровне не утверждены. Это создает ситуацию, при

которой предприятия обязаны отчитываться по закону, но лишены легитимного инструментария для учета своих основных источников эмиссии.

Климатическое законодательство России базируется на Федеральном законе от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» и Постановлении Правительства от 20.04.2022 г. № 707 (ПП № 707), которые определяют архитектуру национальной системы отчетности. При этом текущая архитектура в рамках аграрного сектора характеризуется избыточностью и пересечением требований Росприроднадзора, Минэкономразвития и Росстата. Специалист, отвечающий за соблюдение организацией внешних законов, отраслевых стандартов и внутренних норм, вынужден оперировать множеством форм, данные в которых могут дублировать друг друга.

К основным формам эколого-экономической отчетности относятся следующие:

1. Сведения об охране атмосферного воздуха (Форма № 2-ТП (воздух) – это ежегодный государственный статистический отчет о выбросах загрязняющих веществ в атмосферу;
2. Сведения о текущих затратах на охрану окружающей среды и экологических платежах (Форма № 4-ОС) – годовая статистическая отчетность, отражающая расходы ЮЛ и ИП на экологические мероприятия. Отчет включает данные по защите воздуха, воды, земель, обращению с отходами.
3. Отчет об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля (Отчет ПЭК) – это ежегодная обязательная отчетность для ЮЛ и ИП с объектами НВОС (негативное воздействие на окружающую среду) I, II и III категорий. Документ содержит данные о воздействии предприятия на окружающую среду, результаты мониторинга выбросов загрязняющих веществ за прошедший год.
4. Отчет о выбросах парниковых газов – это обязательный ежегодный документ, предоставляемый регулируемыми организациями, фиксирующий объемы прямых выбросов ПГ в тоннах CO2-экв. Основной документ о выбросах ПГ.

Каждая из представленных форм включает в себя сведения о выбросах парниковых газов в атмосферу, однако регулируется разными ведомствами, что создает риск «двойной отчетности» для аграриев (таблица 1) [4].

Таблица 5

Ключевые формы эколого-статистической отчетности в АПК

Форма отчетности	Ведомство	Срок сдачи	Объект/Критерий
2-ТП (воздух)	Росприроднадзор	До 22.01	Стационарные источники (от 10 т/год или от 5 т/год при наличии I-II классов опасности)
4-ОС	Росстат	До 25.01	Предприятия с затратами на охрану среды > 100 тыс. руб./год
Отчет ПЭК	Росприроднадзор	До 25.03	Результаты производственного контроля для объектов I-III категорий НВОС (негативное воздействие на окружающую среду)
Отчет о выбросах ПГ	Минэкономразвития	До 01.07	Регулируемые организации (> 50 тыс. т CO2-экв.)

Источник: составлено автором

Минсельхоз России, а также отраслевые союзы считают подобную административную нагрузку на АПК непропорционально высокой и избыточной. По сравнению с главным

отраслевым эмитентом парниковых газов – энергетическим сектором, доля выбросов которого составляет почти 80% от общего объема по стране, доля сельского хозяйства несоизмеримо мала и составляет всего 5,6%. Следовательно, для включения отечественных предприятия сельского хозяйства и пищевой промышленности в число регулируемых требуется исключить чрезмерное дублирование показателей путем синхронизации форм на уровне ГИС, что снимет нагрузку с предприятий и исключит расхождение статистических данных в разных реестрах [1].

Цифровизация является единственным путем к снижению издержек на соблюдение нормативно-правовой базы. Основным инструментом в РФ является Реестр ПГ на базе ГИС «Энергоэффективность» (ГИС ЭЭ).

Алгоритм работы в ГИС ЭЭ:

1. Авторизация: через ЕСИА (Госуслуги). Для сотрудников обязательна загрузка МЧД (Машиночитаемой доверенности) в профиле.

2. Карточка организации: заполнение данных о процессах и объектах НВОС, если они числятся в реестре Росприроднадзора. Автоматической бесшовной интеграции на текущем этапе нет.

3. Черновик: создание черновика, где система автоматически проверяет обязательные поля. При наличии ошибок формируется протокол в формате MS Excel.

4. Расчет: использование встроенного калькулятора по Приказу Минприроды от 27.05.2022 г. № 371. Расчет реализуется тремя методами: 1) использование коэффициентов выбросов по справочным данным методики; 2) расчет на основе коэффициентов, привязанных к теплотворной способности топлива; 3) использование фактических данных о содержании углерода в топливе/сырье. Пользователь самостоятельно выбирает метод расчета и вводит показатели деятельности.

Все вышеуказанные методы ориентированы на «стационарное сжигание топлива» [2]. Специфические процессы АПК (кишечная ферментация скота, внесение удобрений и управление навозом и др.) не имеют научно-обоснованных национальных коэффициентов [5]. Это вынуждает аграриев либо использовать общие коэффициенты, которые часто завышают углеродный след, либо заказывать дорогостоящие экспертные исследования. По оценкам Минсельхоза, стоимость подготовки одного отчета варьируется от 1 до 5 млн рублей, что является чрезмерной нагрузкой для сельхозтоваропроизводителей при условии, что отчет является ежегодным [3]. Информационная система является жестко регламентированной и не позволяет учитывать процессы, выходящие за рамки федеральных методик, что делает ее инструментом контроля, а не управления экологической эффективностью.

В условиях отсутствия гибких государственных инструментов, бизнес вынужден использовать альтернативные платформы для управления углеродным следом продукции и повышения инвестиционной привлекательности (таблица 2).

Таблица 2

Инструменты оценки углеродного следа предприятий

Инструмент	Целевая аудитория	Ключевой функционал	Методологическая база
Cool Farm Tool	Фермеры, агрохолдинги	Поддержка решений на уровне фермы, учет цепочек поставок.	Научно-обоснованные международные аграрные стандарты.

AgRE Calc	Производители продуктов	Визуализация выбросов, расчет экономической эффективности декарбонизации.	Отраслевые стандарты для сертификации товаров как «зеленых» (LCA).
Product Impact Calculator (Worldly)	Пищевая промышленность	Расчет углеродного следа конкретной единицы продукции.	Международные методики оценки жизненного цикла.
Sber ESG	Средний и крупный бизнес	Самодиагностика, ИИ-алгоритмы для сравнения с конкурентами.	Корпоративные ESG-стандарты.
Carbon Footprint	Универсальный	Базовый онлайн-калькулятор общего следа компании.	Усредненные коэффициенты ООН (IPCC).

Источник: составлено автором

В российской практике отчетности по выбросам парниковых газов выявляется существенное противоречие. С одной стороны, существуют научно обоснованные инструменты (такие как Cool Farm Tool, AgRE Calc), предназначенные для реальной работы по снижению углеродного следа и оптимизации производства, учитывающие жизненный цикл продукции и включающие более широкий набор аграрных показателей. С другой стороны, для сдачи официальной отчетности требуется использование государственной платформы. Проблема заключается в том, что методология западных калькуляторов не совпадает с нормативными требованиями, установленными в Российской Федерации. В частности, их алгоритмы расчета противоречат закрытому перечню процессов и коэффициентов, утвержденному Постановлением Правительства РФ от 20.04.2022 г. № 707. В результате данные, полученные с помощью этих инструментов, не могут быть приняты в качестве основы для официальной отчетности.

Таким образом, для оптимизации углеродного регулирования и снижения административной нагрузки на агропромышленный комплекс России следует: обеспечить автоматическую подгрузку сведений из отчетов Росприроднадзора, Росстата и других ведомств в соответствующие разделы реестра ПГ для исключения двойного учета; создать верифицированную методику расчета углеродного следа для животноводства и растениеводства с учетом поглощающей способности почвы; до момента внедрения разработанной методики в ГИС «Энергоэффективность» обеспечить временное смягчение штрафных санкций за некорректный или неполный учет выбросов ПГ для аграриев. Подобный комплексный подход поможет обеспечить экологическую эффективность не только сельскохозяйственной отрасли, но и страны, а также поспособствует экспортной привлекательности на мировом рынке.

Библиографический список

1. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России / Ю. Н. Романцева, А. М. Бодур, В. В. Маслакова, М. В. Кагирова // Аграрная наука. – 2024. – № 2. – С. 139-145. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145.

2. Армашова-Тельник, Г. С. Ориентиры нивелирования проблемных зон эколого-экономических последствий парниковых выбросов в регионах Российской Федерации / Г. С. Армашова-Тельник // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 3(93). – С. 316-325.

3. Бодур, А. М. Анализ рисков и возможностей для агропромышленного комплекса России в контексте экологической повестки / А. М. Бодур // Агрофорсайт. – 2025. – № 4(59). – С. 11-17.

4. Какие есть формы отчетности в Росприроднадзор. URL: https://www.kontur-extern.ru/info/54387-kakie_est_formy_otchetnosti_v_rosprirodnadzor.

5. Красноярова Бэлла Александровна, Назаренко Антон Евгеньевич, Плуталова Татьяна Геннадьевна, Шарабарина Софья Николаевна Особенности оценки углеродного следа в сельском хозяйстве: сравнительный анализ методических подходов // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2024. №1 (221).

6. Экологическая отчетность в 2025 году: памятка по срокам и месту предоставления. URL: https://journal.ecostandard.ru/eco/praktikum/ekologicheskaya-otchetnost-v-2025-godu-pamyatka-po-srokam-i-mestu-predostavleniya/.

УДК 311, 519.237.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ТИПОВ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ, ВЫЯВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

***Быков Денис Витальевич**, старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bykovdv@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: **Уколова Анна Владимировна**, к.э.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, statmsha@rgau-msha.ru*

***Аннотация**: в статье представлены результаты сравнительного анализа устойчивости типов личных подсобных хозяйств, выявленных в результате кластерного анализа на основе интегральных показателей (многомерных средних) с использованием методом многомерного статистического и нейросетевого анализа.*

***Ключевые слова:** личные подсобные хозяйства, хозяйства населения, типизация, кластерный анализ, самоорганизующаяся карта*

Личные подсобные хозяйства (ЛПХ), представляющие собой форму непредпринимательской деятельности по производству и переработке сельскохозяйственной продукции, играют важную роль в сельском хозяйстве страны они являются наиболее многочисленной категорий сельхозтоваропроизоводителей, одновременно служат местом жительства сельского населения, имеют большое значение для развития сельских территорий и сохранения сельского образа жизни, обеспечения продовольственной безопасности страны.

Основными источниками статистической информации о деятельности и состоянии ЛПХ, на основе которых можно провести типизацию, являются результаты Всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 гг. (ВСХП-2006 и ВСХП-2016 соответственно), а также сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. (СХМП-2021). При этом важно отметить, что традиционно в российской статистике выделяют следующие основные категории хозяйств: хозяйства населения (ХН), крестьянские (фермерские) хозяйства (К(Ф)Х), индивидуальные предприниматели (ИП), сельскохозяйственные организации (СХО). Категория «Хозяйства населения» включает в первую очередь ЛПХ, а также другие индивидуальные хозяйства граждан, садоводческие, огороднические, животноводческие, дачные некоммерческие объединения граждан. Некоторые статистические данные приводятся по категории ЛПХ, а некоторые по категории ХН.

Численность хозяйств населения многократно превышает численность производителей сельскохозяйственной продукции всех других категорий – К(Ф)Х, ИП, СХО. Это объясняет важность ХН в обеспечении продовольственной безопасности страны: так, по Российской Федерации в целом в 2025 г. удельный вес ХН в общей посевной площади картофеля составил

71,5%, овощей открытого грунта – 61,0%; в общем поголовье крупного рогатого скота (КРС) удельный вес ХН составил 36,4%, овец – 41,5%, коз – 79,8%, лошадей – 55,2% [2, 3].

Большую часть хозяйств населения представляют личные подсобные хозяйства, при этом именно в ЛПХ сосредоточено производство основных видов продукции сельского хозяйства в категории ХН. Так, по России в целом в 2016 г. удельный вес личных подсобных хозяйств в общей площади посева сельскохозяйственных культур среди всех категорий ХН составил 83,4%, в общем поголовье КРС – 91,4% [4].

Однако совокупности ЛПХ являются крайне неоднородными. В эту категорию одновременно входят хозяйства как резидентского типа, не занимающиеся производством продукции вовсе, так и крупные товарные хозяйства, реализующие значительную долю производимой продукции и фактически представляющие собой хозяйства иной категории.

Выявление личных подсобных хозяйств, потенциально готовых перейти в категорию крестьянских (фермерских) хозяйств, индивидуальных предпринимателей или самозанятых возможно посредством типизации, заключающейся в формировании внутренне однородных, но качественно различающихся групп с целью дальнейшего, более детального анализа и осуществления точечного государственного регулирования и поддержки.

Цель исследования: провести сравнительный анализ результатов кластеризации, осуществленной по микроданным ВСХП-2016 и СХМП-2021 для оценки устойчивости выделенных типов хозяйств.

Объектом исследования выступают статистические совокупности личных подсобных хозяйств (ЛПХ) Астраханской области.

Для типизации ЛПХ области был применен метод *K*-средних, являющийся более предпочтительным для подобных достаточно больших совокупностей (число ЛПХ в регионе более 120 тыс. по данными СХМП-2021) [1].

Предварительно были выявлены резидентские ЛПХ, характеризующиеся нулевыми значениями по всем отобранным признакам (типическая группа I), отобранные показатели были разделены на 2 группы, характеризующие развитие растениеводства и животноводства, по которым были рассчитаны многомерные средние, что привело к сокращению пространства признаков и облегчило визуализацию результатов кластерного анализа на основе двумерной точечной диаграммы, а также поиск и исключение выбросов на основе границ межквартильного размаха (англ. *Interquartile Range, IQR*) для каждого обобщенного признака (доля выбросов, как наиболее отдаленных от границ *IQR* хозяйств, составила 0,1% – данные хозяйства были представлены в виде типической группы VII).

Число кластеров $k = 5$ для метода *K*-средних было определено на основе метрик таких метрик как коэффициент *SC* (англ. *Silhouette Coefficient*), индекс *DB* (англ. *Davies-Bouldin Index*), индекс *CH* (англ. *Calinski-Harabasz Index,* также известный как *Variance Ratio Criterion*) [5, 6] и с учетом результатов применения разведочного иерархического кластерного анализа.

Разработан методический подход к кластеризации, который расширяет классический метод *K*-средних и основывается на специальной модели искусственной нейронной сети – самоорганизующейся карте (*SOM*). Предложенный методический подход позволяет лучше оценить число выбросов в каждом кластере с учетом значений многомерных средних и уточнить состав кластеров (полученных на основе классических методов кластеризации) на основе установленных границ кластеров на самоорганизующейся карте путем анализа графиков матриц активации, частот, расстояний, а также матриц усредненных значений признаков.

Для выделения границ кластеров было разработано программное обеспечение с интерактивной матрицей нейронов, с помощью которого были выделены границы пяти кластеров и таким образом был уточнен состав кластеров (рисунок 1). При разработке использовался язык Python и специализированные библиотеки, включая PyQt, minisom, matplotlib.

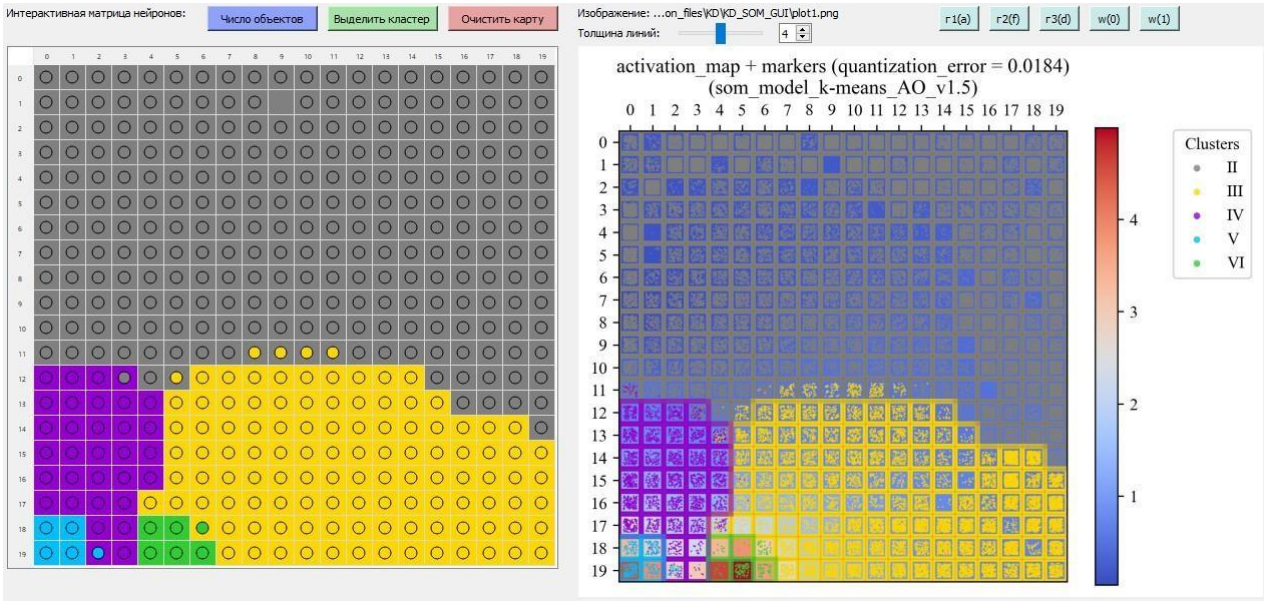


Рис. 1 Окно разработанного приложения для выделения границ кластеров:

слева – интерактивная карта нейронов с выделенными границами кластеров; справа – график матрицы активации с выделенными границами кластеров

Источник: разработано автором по микроданным сельскохозяйственной микропереписи 2021 г.

Для выделенных кластеров были рассчитаны метрики кластеризации, качество кластеризации по отдельным метрикам оказалось несколько выше по сравнению с результатами применения метода *K*-средних (*SC* = 0,615, *DB* = 0,614, *CH* = 57506,8). Дисперсионный анализа показал статистическую значимость различий между группами по двум многомерным средним на критическом уровне значимости менее 0,1 %.

Для оценки устойчивости выделенных типов хозяйств был проведен сравнительный анализ результатов кластеризации, осуществленной по микроданным ВСХП-2016 и СХМП-2021 (таблица 1).

Сравним типические группы, полученные по микроданным ВСХП-2016 и СХМП-2021. Специализация в выделенных типах по данным СХМП-2021 по сравнению с типами по данным ВСХП-2016 отличается значительно, поэтому группы средних и крупных хозяйств были укрупнены на основе расчета взвешенных средних. По размерам типы хозяйств в достаточной степени являются сопоставимыми.

Наиболее устойчивыми типами ЛПХ оказались кластеры резидентских, малых потребительских и наиболее крупных хозяйств. По микроданным переписи и микропереписи были выделены кластеры крупных хозяйства, при этом в обоих случаях один из этих кластеров имеет животноводческую специализацию (скотоводство и овцеводство), а второй – смешанную специализацию (овощеводство и скотоводство), численность кластеров отличается существенно. Наименее устойчивыми оказались группы средних хозяйств как по размеру, так и по специализации. Различия можно объяснить дополнительным интегральным показателем, отражающем техническую обеспеченность, учтенным в случае кластеризации по микроданным ВСХП-2016.

Таблица 1 – Выделенные типы ЛПХ Астраханской области в результате нейросетевой кластеризации

Показатель	Резидентские		Малые потребительские		Товарные					
					средние		крупные		наиболее крупные	
Год	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Число ЛПХ	31223	48591	47956	63182	38918	14431	4296	3099	91	80
Удельный вес ЛПХ в общей численности, %	25,5	37,6	39,2	48,8	31,8	11,2	3,5	2,4	0,1	0,1
Общая площадь земли, а	27,1	7,5	114,4	57,6	437,3	89,4	3376,0	1773,5	22566,8	12300,3
Площадь сельскохозяйственных угодий, а:										
всего посевов под урожай 2021 г.,	0,0	-	1,5	1,3	11,8	13,6	30,7	42,2	1652,9	885,5
в т.ч.: картофель	-	-	0,5	0,1	2,8	1,9	3,3	8,2	275,3	180,1
овощные и бахчевые открытого грунта	-	-	1,0	1,2	8,8	11,2	20,9	31,1	1375,0	508,0
кормовые	-	-	0,0	0,0	0,0	0,1	6,4	2,1	0,5	175,0
сенокосы	7,2	0,1	55,0	19,5	186,4	26,8	1170,8	410,7	7972,7	1564,7
пастбища	4,9	-	40,6	25,3	190,3	24,9	2054,0	1256,6	11517,3	8380,3
многолетние насаждения	0,0	0,0	0,9	0,3	1,4	1,1	1,3	0,5	2,0	1,1
Поголовье с.-х. животных, голов:										
скот крупный рогатый,	0,0	0,0	0,7	1,0	1,9	1,0	11,3	29,5	57,8	92,6
в т.ч.: скот молочный крупный рогатый (коровы)	-	-	0,3	0,3	0,7	0,4	3,9	5,0	21,5	13,1
свиньи	-	-	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,5	0,3	2,2
овцы	-	-	0,8	1,4	4,9	1,1	48,5	98,4	294,6	400,2
козы	-	-	0,0	0,0	0,2	0,0	1,8	2,6	31,3	23,1
птица	-	-	1,0	1,3	3,7	3,4	9,2	15,2	47,3	81,1

Источник: разработано автором по микроданным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г., сельскохозяйственной микропереписи 2021 г.

Таким образом, выделенные типические группы в целом оказались достаточно устойчивыми. Дальнейшее исследование может предполагать изучение типов хозяйств в динамике с одинаковым набором признаков, однако поскольку СХМП-2021 не учла как показатели технической обеспеченности, так и множество других важных показателей, для проведения подобного исследования потребуются микроданные последующей Всероссийской сельскохозяйственной переписи.

Библиографический список

1. Быков, Д. В. Сравнительный анализ методов кластеризации для выделения типов личных подсобных хозяйств // Экономика и управление: проблемы, решения. 2026. № 4. Т. 5. С. 152–165; https://doi.org/10.36871/ek.up.p. r.2026.04.05.016
2. Бюллетень «Поголовье скота в хозяйствах всех категорий в 2025 году» // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). – rosstat.gov.ru – Федеральная служба государственной статистики: сайт. – URL: https://www.rosstat.gov.ru/compendium/document/13277
3. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2025 году» // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). – rosstat.gov.ru – Федеральная служба государственной статистики: сайт. – URL: https://www.rosstat.gov.ru/compendium/document/13277
4. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.: В 8 т. – Т. 1: Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.: кн. 1.: Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Российской Федерации. – 458 с. / Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSHP_2016_T1_k1(3).pdf
5. Chicco D. et al. The silhouette coefficient and the davies-bouldin index are more informative than dunn index, calinski-harabasz index, shannon entropy, and gap statistic for unsupervised clustering internal evaluation of two convex clusters //PeerJ Computer Science. – 2025. – Т. 11. – С. e3309.
6. Kaufman L. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis: 1st Edition / Kaufman L., P.J. Rousseeuw. – New Jersey, USA: Wiley-Interscience, 1990. – 342 p.

УДК 004.89

КРАТКИЙ ОБЗОР НЕКОТОРЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОВОЩЕВОДСТВА ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА

***Иванов Александр Михайлович**, аспирант кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ivanov_sasha2000@mail.ru*
*Научный руководитель: **Демичев Вадим Владимирович**, к.э.н., доцент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, demichev_v@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** Статья представляет краткий обзор основных направлений применения методов машинного обучения в овощеводстве защищённого грунта. Она включает в себя основные выводы об использовании алгоритмов ML в управлении микроклиматом, мониторинге роста и прогнозировании урожайности, а также в обнаружении болезней и вредителей. На основе анализа шести обзорных научных публикаций за 2023–2026 гг. установлено, что наибольшее распространение получили искусственные нейронные сети, ансамблевые алгоритмы и методы обучения с подкреплением. Интеграция ML с IoT и компьютерным зрением позволяет повысить*

точность прогнозирования, снизить ресурсозатраты и автоматизировать принятие решений.

Ключевые слова: *машинное обучение, овощеводство защищённого грунта, теплицы, управление микроклиматом, прогнозирование урожайности, обнаружение болезней, компьютерное зрение.*

Овощеводство защищённого грунта является одним из наиболее динамично развивающихся направлений современного сельского хозяйства. Тепличные комплексы обеспечивают круглогодичное производство овощной продукции, контролируя температуру, влажность, освещённость, концентрацию CO_2 и состав питательного раствора [1, 2]. Современные теплицы оснащены датчиками, исполнительными механизмами и программными модулями; интеграция IoT, компьютерного зрения и алгоритмов ИИ превращает их в «умные теплицы», способные функционировать в режиме адаптивного управления [1, 4, 5]. Тем не менее систематизация методов ML в контексте овощных теплиц остаётся недостаточно освещённой в отечественной литературе.

Цель исследования – сделать краткий обзор основных направлений использования машинного обучения в овощеводстве защищённого грунта. Задачи: проанализировать применение ML для управления микроклиматом; рассмотреть использование ML в мониторинге роста и прогнозировании урожайности; выявить подходы к обнаружению болезней и вредителей с помощью ML.

Эти три направления были выделены на основе изучения релевантных обзорных публикаций по теме. Каждому из них посвящён раздел в основной части, а также ключевые методы, типы данных и примеры задач указаны в таблице 1.

Поддержание оптимального микроклимата является фундаментальной задачей тепличного комплекса. Температура, влажность, концентрация CO_2 и освещённость образуют нелинейно связанную систему, в которой изменение одного параметра влияет на остальные. Традиционные ПИД-регуляторы и модельное прогнозирующее управление (MPC) обладают ограниченной адаптивностью к колебаниям внешних условий [4]. Li и соавторы (2025) в обзоре 106 исследований отмечают, что 34 из них посвящены интеллектуальному управлению, из которых 17 использовали нейросетевые контроллеры, 5 — обучение с подкреплением (RL) и 12 — прочие адаптивные методы [4]. Многоуровневая архитектура управления включает верхний уровень (рыночная оптимизация), средний (управление ростом культуры) и нижний (пошаговый контроль климата и орошения), при этом ML применяется преимущественно на среднем и нижнем уровнях [4].

Среди конкретных методов Maraveas (2023) выделяет ANN, GBM и RF как наиболее эффективные для прогнозирования температуры и влажности [1]. Модели LSTM и Bi-LSTM часто превосходят классические статистические методы в краткосрочном прогнозировании микроклимата, достигая R^2 от 0,8 до 0,99 [5]. Обучение с подкреплением перспективно для долгосрочной оптимизации соотношения урожайность/энергопотребление [4, 5]. El Ouaham и соавторы (2026) подчёркивают роль мультимодального слияния данных IoT-датчиков и камер, однако отмечают, что обобщающая способность моделей при переносе между различными теплицами остаётся ограниченной [5].

Мониторинг фенологического состояния и прогнозирование урожайности представляют второе крупное направление. Ahmed и соавторы (2024) отмечают, что методы классификации и кластеризации активно применяются для оценки урожайности овощных культур на основе агрометеорологических данных [2]. Модели CNN и LSTM анализируют временные ряды с IoT-датчиков, позволяя прогнозировать урожайность на несколько недель вперёд [3, 5]. Akbar и соавторы (2024) систематизируют применения компьютерного зрения: подсчёт листьев, оценка площади листовой поверхности, определение стадий развития и визуальный контроль плодоношения [3]. Архитектуры YOLO и Faster R-CNN

применяются для детекции плодов, а U-Net и DeepLab — для анализа состояния листового аппарата. Мультиспектральные и тепловые изображения дополнительно повышают информативность, выявляя стресс растений до появления видимых симптомов [3, 5].

El Ouaham и соавторы (2026), обобщив данные более 130 исследований, формулируют ключевые вызовы: гетерогенность данных, отсутствие стандартизированных наборов, низкая интерпретируемость моделей глубокого обучения и трудности масштабирования на уровне кластера теплиц [5]. Тем не менее общий тренд указывает на неуклонный рост точности прогнозных моделей, делающий их применимыми для коммерческих тепличных хозяйств.

Третье направление связано с ранним обнаружением фитопатогенов и вредителей. По оценкам ФАО, потери урожая от болезней и вредителей достигают 40 % ежегодно (~220 млрд долларов США) [5]. Основным инструментом являются методы компьютерного зрения на базе глубоких сверточных нейросетей. Akbar и соавторы (2024) выделяют три группы: классификация изображений (тип заболевания), обнаружение объектов (YOLO, SSD) для локализации поражений и сегментация (U-Net, Mask R-CNN) для оценки площади поражения [3]. Модели ResNet, EfficientNet и Vision Transformer (ViT) демонстрируют точность классификации выше 95 % на стандартных наборах данных по болезням овощных культур.

Maraveas (2023) приводит примеры успешной диагностики мучнистой росы и других болезней тепличных культур методами обработки изображений [1]. Nurgaliyeva и соавторы (2025) рассматривают мультимодальный подход, сочетающий визуальный анализ с детекцией летучих органических соединений (VOC), выделяемых заражёнными растениями, что повышает надёжность ранней диагностики [6]. Специфика тепличных условий (переменная освещённость, перекрытие листьев, влажная среда) обусловливает разработку специализированных моделей: модификации YOLOv8 для теплиц, методы аугментации данных и GAN для расширения обучающих выборок [3, 5].

Таблица 1

Основные направление применения ML в овощных теплицах

Направление	Ключевые методы	Типы данных	Примеры задач
Управление микроклиматом	ANN, LSTM, Bi-LSTM, RF, GBM, RL	IoT-датчики (темп., влажн., CO_2)	Прогнозирование и оптимизация параметров среды
Мониторинг роста и урожайность	CNN, LSTM, TCN, RF, YOLO, U-Net	RGB/мультиспектр. изображения, данные IoT	Оценка фенологии, прогноз урожая, детекция плодов
Обнаружение болезней и вредителей	CNN, ResNet, EfficientNet, YOLO, ViT, GAN	RGB-изображения, гиперспектр., VOC	Классификация болезней, локализация поражений

Источник: составлено автором

Ограничения данного исследования состоят в том, что в нём рассмотрены только три наиболее распространённых направления исследований, и не представлен полный перечень задач ML в области тепличного овощеводства. Из-за этого многие менее популярные направления не были освещены. Кроме того, здесь не была проведена подробная характеристика конкретных задач в рамках указанных разделов.

Тем не менее, проведённый обзор позволяет сделать выводы о текущем состоянии и перспективах применения ML в овощеводстве защищённого грунта. Во-первых, методы машинного обучения прочно вошли в практику управления тепличными комплексами по трём ключевым направлениям: управление микроклиматом, мониторинг роста и

прогнозирование урожайности, обнаружение болезней и вредителей. Наиболее широко используются нейросетевые модели (ANN, CNN, LSTM), ансамблевые алгоритмы (RF, GBM) и методы RL, демонстрирующие высокую точность в задачах прогнозирования и классификации [1, 3, 4, 5].

Во-вторых, интеграция ML с технологиями IoT и компьютерного зрения открывает возможности для создания полностью автоматизированных тепличных систем. Мультимодальный подход к анализу данных (сочетание IoT-датчиков, изображений различного спектрального диапазона и ольфакторной информации) является перспективным вектором развития [5, 6]. В-третьих, остаются нерешёнными такие проблемы, как ограниченная обобщающая способность моделей, дефицит стандартизированных данных, низкая интерпретируемость глубоких моделей и высокие вычислительные затраты [4, 5]. Преодоление указанных ограничений, наряду с развитием Edge AI и стандартизацией бенчмарков, определит дальнейший прогресс интеллектуализации овощеводства защищённого грунта.

Библиографический список

1. Maraveas C. Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art // Applied Sciences. 2023. Т. 13. № 1. С. 14.

2. Ahmed N. и др. Advancing horizons in vegetable cultivation: a journey from ageold practices to high-tech greenhouse cultivation—a review // Front. Plant Sci. 2024. Т. 15.

3. Akbar J. U. M. и др. A Comprehensive Review on Deep Learning Assisted Computer Vision Techniques for Smart Greenhouse Agriculture // IEEE Access. 2024. Т. 12. С. 4485–4522.

4. Li K. и др. The Intelligentization Process of Agricultural Greenhouse: A Review of Control Strategies and Modeling Techniques // Agriculture. 2025. Т. 15. № 20. С. 2135.

5. El Ouaham W. и др. Smart Greenhouses in the Era of IoT and AI: A Comprehensive Review of AI Applications, Spectral Sensing, Multimodal Data Fusion, and Intelligent Systems // Agriculture. 2026. Т. 16. № 7. С. 761.

6. Nurgaliyeva S. A., Naiman N. B., Adikanova S. S. A REVIEW OF MACHINE LEARNING AND OLFACTORY TECHNOLOGIES FOR RAPID VEGETABLE DISEASE DETECTION // Bulletin of the CAA. 2025. Т. 36. № 1.

УДК 338.43:311

АНАЛИЗ СРЕДНЕГО РАНГА РЕГИОНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЦЕПОЧКЕ АПК

Маслакова Веста Владимировна, *к.э.н., доцент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Lenora-@mail.ru*

Аннотация: *Проведен анализ структурных изменений в денежных потоках крупных субъектов предпринимательства за период с 2020 по 2024 гг. в производственно-хозяйственной цепочке, включающей сельское хозяйство, пищевое производство и торговлю. Для построения среднего ранга использована многомерная средняя. Для оценки движения денежных потоков в субъектах предпринимательства в расчетах использованы показатели: темп прироста заработной платы, рентабельности и налоговой нагрузки за анализируемый период. Единицы наблюдения – регионы РФ, по каждому из которых приведены данные о результатах деятельности крупных субъектов предпринимательства.*

В результате чего выделены регионы лидеры, в которых преобладают денежные потоки по поступлению средств над оттоками. За анализируемый период в данных регионах наблюдается положительная тенденция роста заработной платы, рентабельности и сокращения налоговой нагрузки. Результаты исследования имеют

научную и практическую ценность для изучения межотраслевого взаимодействия регионов РФ.

Ключевые слова: *многомерная средняя, средний ранг, межотраслевое взаимодействие, денежные потоки, крупные субъекты предпринимательства, сельское хозяйство, пищевое производство, торговля.*

Проведено исследование, целью которого являлось проанализировать структурные изменения в денежных потоках крупных субъектов предпринимательства за период с 2020 по 2024 гг. в производственно-хозяйственной цепочке, включающей сельское хозяйство, пищевое производство и торговлю. Оценка денежных потоков по поступлению и выбытию проведена с использованием показателей прироста средней заработной платы, рентабельности и налоговой нагрузки. Для выполнения поставленной цели, во-первых, произведен расчет темпов прироста (снижения) заработной платы, рентабельности и налоговой нагрузки по рассматриваемым видам деятельности за анализируемый период. Во-вторых, рассчитан многомерный средний ранг по всей совокупности показателей темпов прироста. В-третьих, проведена типологическая группировка по субъектам РФ и выделены регионы-лидеры и отстающие регионы.

Статистические методы, используемые в работе, включают расчет показателей динамики, многомерного среднего ранга, типологическую группировку, графический анализ. В качестве статистической базы данных использованы материалы официального сайта Федеральной налоговой службы РФ [2]. Методология исследования подробно рассмотрена в работах [1, 3].

Рассмотрим полученные выводы и результаты исследования. Расчет показателей динамики по совокупности регионов за анализируемый период позволил получить вывод о неоднородном характере движения денежных потоков в регионах в сельском хозяйстве, пищевом производстве и в торговле. Примером тому, один и тот же регион может иметь положительную динамику движения денежных потоков в сельском хозяйстве, при этом отрицательную – в пищевом производстве. Положительную динамику определяет рост заработной платы и рентабельности на фоне снижения налоговой нагрузки. В Белгородской области наблюдается рост заработной платы, максимальный прирост достигнут в сельском хозяйстве в среднем за год на 14,6%. При этом в сельском хозяйстве рентабельность снижается в среднем на 1,01 п.п. в год, но возрастает в пищевом производстве на 0,7 п.п. в год и в торговле. Налоговая нагрузка увеличилась как в сельском хозяйстве, так и в пищевом производстве, при этом сократилась в торговле. Средний темп снижения налоговой нагрузке в оптовой торговле пищевыми продуктами 0,02 п.п. в год.

Расчет многомерного среднего ранга и построение на его основе типологической группировки позволило выделить группы регионов, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Типологическая группировка по показателю средний ранг регионов

Группы регионов	**Значение среднего ранга**	**Состав регионов**
Регионы - лидеры	От 0 до 14	6 областей (Брянская, Смоленская, Вологодская, Амурская, Пензенская, Белгородская), 2 республики (Удмуртская, Мордовия)
Регионы в середине рейтинга	От 14 до 16	10 областей (Ярославская, Саратовская, Псковская, Калининградская, Кировская, Тверская, Тульская, Орловская, Нижегородская, Ленинградская), 2 края (Пермский, Приморский)
Регионы, отстающие	От 16 и выше	8 областей (Липецкая, Курская, Московская, Воронежская, Рязанская, Самарская, Тамбовская, Новгородская), 2 республики (Татарстан, Башкортостан)

Источник: составлено автором

Первая группа регионов, регионы-лидеры, находятся вверху рейтинга и показали преимущественно положительную динамику роста заработной платы и рентабельности на фоне сокращения налоговой нагрузки. Субъекты данной группы имеют положительный приток денежных средств и характеризуются максимальной выгодой в результате взаимодействия в производственно-хозяйственной цепочке АПК. Обратная ситуация наблюдается в отстающих регионах, представителях третьей группы.

Однако стоит отметить, что и внутри группы регионов лидеров процессы хозяйственной деятельности неоднородны. Примеру тому, Брянская область лидирует по сельскому хозяйству (средний балл 7,7), по торговле 9,8, при этом средний балл по пищевому производству невысокий (14,7).

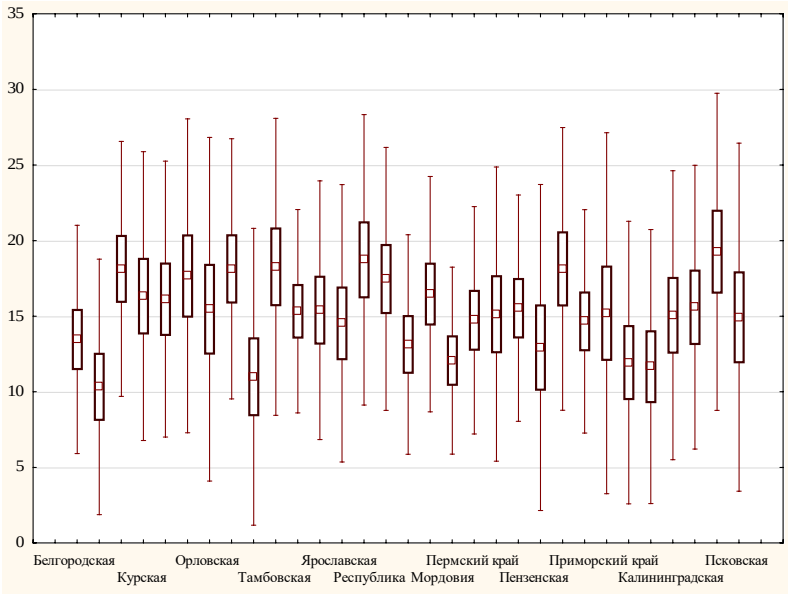


Рис. 1 Диаграмма размаха среднего ранга по совокупности регионов

* на диаграмме отмечены средние значения ранга, стандартное отклонение и размах вариации

Наглядно позиция регионов в рейтинге отражена на рисунке 1, где помимо среднего балла учтен размах вариации, разброс средних баллов по видам деятельности АПК. Регионы с наименьшим размахом вариации наиболее динамично развивались в рассматриваемом временном периоде как в сельском хозяйстве, в пищевом производстве, так и в торговле. Среди таких регионов можно отметить Белгородскую, Тверскую, Саратовскую области и Удмуртскую республику.

Общий вывод исследования, хозяйственные процессы, происходящие в субъектах регионах РФ в производственно-хозяйственной цепочке АПК характеризуются высокой степенью неоднородности. Рассмотренная в работе методология позволяет выделять регионы, в которых процессы межотраслевого взаимодействия наиболее эффективны.

Библиографический список

1. Родионова О.А., Маслакова В.В. Оценка инплицитности межотраслевой согласованности в развитии субъектов АПК: межрегиональный подход. Экономика сельского хозяйства России. 2025. № 3. С. 38-45. DOI: 10.32651/253-38

2. Родионова О.А., Эрюкова И.Д., Маслакова В.В. Целевые показатели для оценки региональной дифференциации межотраслевого взаимодействия участников агропродовольственных цепочек/ Свидетельство о регистрации базы данных RU 2025623367, 15.08.2025. Заявка № 2025622791 от 21.07.2025.

3. Родионова Ольга Анатольевна, Маслакова Веста Владимировна. Оценка взаимосвязи рентабельности и налоговой нагрузки для исследования экономического взаимодействия хозяйствующих субъектов в регионах России. Бухучет в сельском хозяйстве. 2026. Т. 23. № 4 (272). С. 342-353. DOI: 10.33920/sel-11-2604-04

УДК 004.8

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ УМНОЙ ТЕПЛИЦЫ

***Музалев Константин Сергеевич**, ассистент кафедры прикладной информатики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kmuzalev@inbox.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается задача прогнозирования параметров микроклимата умной теплицы как основа повышения эффективности автоматизированного управления агротехнологическими процессами. Выполнена сравнительная оценка статистических и интеллектуальных алгоритмов прогнозирования температуры, влажности воздуха и концентрации углекислого газа. Проведен анализ применимости методов линейной регрессии, ARIMA, случайного леса и LSTM-сетей в условиях изменчивой и многопараметрической тепличной среды. Показано, что выбор алгоритма определяется балансом между точностью прогноза, вычислительной сложностью и требованиями к интерпретируемости модели.*

***Ключевые слова:** умная теплица, прогнозирование, микроклимат, машинное обучение, LSTM.*

В последние годы тепличные комплексы все чаще рассматриваются не просто как объекты автоматизации, а как элементы цифровой агроинженерной среды, где управление основано на непрерывном сборе, передаче и анализе данных. Такая логика соответствует общему направлению цифровой трансформации АПК. В учебнике «Информационные системы и технологии в АПК» подчеркивается, что современное сельское хозяйство все в большей степени опирается на большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект, робототехнику и сенсорные технологии, что характеризует переход к модели «Сельское хозяйство 4.0» [3]. В этих условиях особую значимость приобретает не только регистрация текущих параметров, но и их заблаговременное прогнозирование.

Для тепличного хозяйства задача прогноза особенно важна, поскольку качество регулирования зависит от способности системы реагировать не постфактум, а с упреждением. Если управляющий контур способен заранее оценить изменение температуры, влажности воздуха или концентрации CO_2 , появляется возможность более точно настраивать вентиляцию, отопление, досвечивание, полив и подачу углекислого газа. Такой подход позволяет снизить амплитуду колебаний параметров среды, уменьшить энергетические затраты и поддерживать более стабильные условия для роста растений.

Однако микроклимат теплицы нельзя рассматривать как простую совокупность независимых показателей. Это многосвязная динамическая система, на которую одновременно воздействуют внешняя погода, тепловая инерция конструкции, режимы работы оборудования, полив, стадия развития растений и особенности выращиваемой культуры [2]. В учебнике по информационным системам в АПК отмечается, что в современных производственных условиях значимым направлением становится измерение максимально возможного количества параметров технологических процессов с использованием датчиков интернета вещей и последующей передачей данных в системы управления и анализа [3]. Следовательно, прогнозирование в умной теплице относится к числу сложных многопараметрических задач, для которых применимы как классические методы анализа временных рядов, так и современные алгоритмы машинного обучения [1].

Цель статьи состоит в сравнительной оценке алгоритмов прогнозирования параметров умной теплицы с учетом их точности, вычислительной сложности, устойчивости к шумам и перспектив практического использования в системах управления

реального времени. В качестве основных прогнозируемых параметров рассматриваются температура воздуха, относительная влажность и концентрация углекислого газа как наиболее значимые характеристики тепличного микроклимата.

С практической точки зрения рассматриваемые методы целесообразно разделить на несколько групп. К первой группе относятся простые статистические подходы, в частности линейная регрессия. Этот метод может использоваться как базовый инструмент для описания зависимости прогнозируемого параметра от одного или нескольких факторов. Его достоинствами являются простота реализации, невысокие вычислительные затраты и высокая интерпретируемость результатов. Именно поэтому линейная регрессия может быть полезна в малоресурсных системах и при первичной оценке закономерностей в данных. Вместе с тем для тепличной среды ее возможности ограничены, поскольку реальные процессы в значительной степени нелинейны, а их динамика определяется совокупным влиянием множества переменных. Вследствие этого при наличии выраженных суточных колебаний, сезонности и взаимозависимостей между параметрами линейная регрессия обычно уступает более сложным моделям.

Вторая группа представлена методами анализа временных рядов, среди которых наибольшее практическое значение имеет модель ARIMA. Ее сильная сторона заключается в способности учитывать внутреннюю структуру временного ряда и использовать прошлые значения самого показателя для построения краткосрочного прогноза. Такой подход оказывается полезным при наличии относительно устойчивой динамики и ограниченного объема данных. Однако при применении ARIMA к тепличным процессам проявляются и существенные ограничения. Во-первых, модель чувствительна к нарушению стационарности ряда, что требует предварительной обработки данных. Во-вторых, она ориентирована прежде всего на прогноз одного параметра и не всегда позволяет адекватно учесть внешние факторы, такие как температура наружного воздуха, радиация или режим работы исполнительных механизмов. Поэтому ARIMA чаще рассматривается как инструмент краткосрочного прогноза в сравнительно простых сценариях.

К третьей группе относятся ансамблевые методы машинного обучения, в частности случайный лес. В отличие от линейных моделей и классических временных рядов, случайный лес лучше выявляет нелинейные зависимости и сохраняет устойчивость при наличии шумов и выбросов. Это особенно важно для тепличных данных, где измерения часто содержат локальные аномалии, вызванные как особенностями сенсоров, так и нестабильностью технологических процессов. Кроме того, алгоритм способен работать с разнородными признаками, объединяя параметры микроклимата, внешней среды и управляющих воздействий в единую модель. В аграрных исследованиях неоднократно подчеркивалась высокая прикладная ценность методов машинного обучения для решения прогностических задач [5]. Вместе с тем случайный лес не учитывает временную структуру автоматически: для работы с динамическими процессами необходимо специально формировать лаговые признаки. По этой причине он хорошо подходит для прикладных многопараметрических задач, но в анализе длительных временных зависимостей может уступать специализированным рекуррентным архитектурам.

Отдельную группу составляют рекуррентные нейронные сети, прежде всего модели типа LSTM. Их применение особенно оправдано при работе с процессами, в которых текущее состояние определяется не только текущими измерениями, но и предшествующей динамикой. Для теплицы это условие выполняется в полной мере. Реальные изменения температуры и влажности формируются под влиянием накопленного эффекта отопления, полива, инерции конструкции, испарения и вентиляции. LSTM-сети позволяют учитывать такие длительные зависимости и извлекать скрытые временные закономерности, которые трудно описать с помощью традиционных статистических методов. В более широком контексте развития цифрового сельского хозяйства предиктивная аналитика рассматривается как инструмент построения оптимальных моделей процессов и управления ими на основе накопленных данных с применением технологий искусственного

интеллекта [3]. В то же время использование LSTM сопряжено с более высокими требованиями к объему выборки, вычислительным ресурсам и качеству настройки модели.

Для корректного сопоставления алгоритмов необходимо использовать единый набор критериев. В задачах регрессии, к которым относится прогнозирование параметров тепличного микроклимата, обычно применяются метрики MAE, MSE, RMSE и коэффициент детерминации R^2 [5]. Однако в инженерной практике только формальной точности недостаточно. Не менее значимы такие характеристики, как устойчивость к пропускам и шумам в данных, скорость обучения и расчета, а также возможность интерпретации результатов. Для локальных систем управления и встраиваемых контроллеров это имеет принципиальное значение: даже если сложная модель дает более точный прогноз, ее применение не всегда оправдано из-за ограничений по вычислительным ресурсам. Напротив, менее точный, но стабильный и понятный алгоритм может оказаться более предпочтительным в реальной эксплуатации. Сравнительная характеристика рассмотренных методов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка алгоритмов прогнозирования параметров умной теплицы

Алгоритм	**Точность прогноза**	**Учет нелинейности**	**Учет временной зависимости**	**Вычислительная сложность**	**Интерпретируемость**	**Практическая применимость**
Линейная регрессия	Низкая–средняя	Низкий	Низкий	Низкая	Высокая	Базовые и малоресурсные системы
ARIMA	Средняя	Низкий	Высокий для краткосрочного прогноза	Средняя	Средняя	Краткосрочный прогноз одного параметра
Случайный лес	Средняя–высокая	Высокий	Средний при использовании лагов	Средняя	Средняя	Многопараметрические прикладные задачи
LSTM	Высокая	Высокий	Высокий	Высокая	Низкая	Интеллектуальные системы с большими массивами данных

Источник: составлено автором

Сопоставление алгоритмов показывает, что универсального решения для всех условий эксплуатации не существует. Линейная регрессия может использоваться как отправная точка при построении простейших контуров предиктивного управления и для экспресс-оценки взаимосвязей между параметрами. ARIMA остается полезным инструментом там, где требуется краткосрочный прогноз одного показателя при наличии достаточно устойчивого временного ряда. Случайный лес можно рассматривать как компромисс между сложностью и качеством прогноза, особенно если в модель включается

большое число факторов, отражающих как состояние внутренней среды, так и внешние воздействия.

Наиболее перспективными для интеллектуального управления теплицей представляются LSTM-сети. Их преимущества наиболее заметны в задачах многопараметрического прогноза на несколько шагов вперед, когда необходимо учитывать временную память процесса. Практика применения методов глубокого обучения в аграрной сфере показывает, что такие модели способны выявлять более сложные и высокоуровневые зависимости в данных [5]. Для тепличных комплексов это особенно важно, поскольку позволяет перейти от реактивного управления к упреждающему: система может заранее оценивать возможное отклонение параметров и активировать нужный режим работы оборудования до того, как произойдет выход за допустимые пределы.

Вместе с тем эффективность любой прогнозной модели определяется не только выбранным алгоритмом, но и качеством исходных данных. Для тепличных систем это означает необходимость надежной работы сенсоров, регулярной калибровки измерительных приборов, согласования временных меток и корректной обработки пропусков. Не менее существенен и состав признаков, используемых в модели. Наряду с внутренними параметрами микроклимата необходимо учитывать температуру наружного воздуха, солнечную радиацию, скорость ветра, особенности сезона и специфику выращиваемой культуры. Если подобные факторы исключаются из анализа, точность прогноза снижается, а устойчивость модели к изменению условий эксплуатации ухудшается [3]. Следовательно, формирование качественного датасета является самостоятельным и принципиально важным этапом построения системы прогнозирования.

С учетом современных тенденций цифрового развития АПК наиболее обоснованным представляется гибридный подход к организации прогнозирования. В этом случае статистические модели могут использоваться для оперативного краткосрочного анализа и контроля типовых режимов, тогда как методы машинного и глубокого обучения — для решения более сложных задач адаптивного управления [4]. Подобное сочетание позволяет объединить преимущества разных классов алгоритмов: интерпретируемость и вычислительную экономичность простых моделей — с более высокой точностью интеллектуальных методов. Дополнительные возможности открывает применение ансамблевых схем и механизмов онлайн-дообучения, благодаря которым система может адаптироваться к сезонным изменениям, смене агротехнологий и изменению характеристик сенсорных данных.

Проведенный анализ показывает, что выбор алгоритма прогнозирования для умной теплицы должен определяться не абстрактным уровнем «современности» модели, а реальными условиями ее применения. Для сравнительно простых систем локального мониторинга и регулирования могут быть достаточны линейная регрессия и ARIMA. В задачах, где требуется учитывать большой набор факторов и выявлять нелинейные зависимости, оправдано использование случайного леса. Наибольший интерес для интеллектуальных систем управления представляют LSTM-сети, так как именно они в наибольшей степени соответствуют природе тепличного микроклимата как нелинейной динамической системы с выраженной временной памятью. Их применение создает предпосылки для перехода к более точному и упреждающему управлению тепличным производством, что соответствует современной логике цифровой трансформации агроинженерных систем [6].

Библиографический список

1. Benos L., Tagarakis A. C., Dolias G., Berruto R., Kateris D., Bochtis D. Machine learning in agriculture: A comprehensive updated review // Sensors. 2021. Vol. 21. No. 11. Article 3758.

2. Бабкина, А. В. Моделирование производственной структуры

сельскохозяйственной организации / А. В. Бабкина, О. С. Пучкова, К. В. Бонз // Экономико-математические методы анализа деятельности предприятий АПК : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2024 года. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова", 2024. – С. 57-62. – EDN CERQWK.

3. Информационные системы и технологии в АПК : учебник / А. В. Бабкина, И. Е. Быстренина, М. И. Горбачев [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 615 с. – ISBN 978-5-9675-2093-8. – EDN ZJCXJU.

4. Красовская, Л. В. Использование сверточных нейронных сетей в деятельности сельхозпредприятий / Л. В. Красовская, С. В. Пчелинцева, М. В. Ковшова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 7-11. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-7-9. – EDN POWODH.

5. Сравнение эффективности алгоритмов машинного обучения в задачах прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / К. А. Макеев, А. В. Греченева, Я. С. Котов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 203-206. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-2-203-206. – EDN VYNVFM.

6. Худякова, Е. В. Совершенствование управления бизнес-процессами цеха сахарного завода на основе технологии цифровых двойников / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, К. С. Музалев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 5. – С. 240-253. – DOI 10.26897/0021-342X-2025-5-240-253. – EDN KMYEQN.

УДК 004.622

ОЦЕНКА КОНЪЮНКТУРЫ РЫНКА ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ОСНОВЕ ПАРСИНГА

Невзоров Александр Сергеевич, *старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, a.nevzorov@rgau-msha.ru*
Научный руководитель: ***Демичев Вадим Владимирович,*** *к.э.н., доцент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, demichev_v@rgau-msha.ru*

Аннотация: В статье представлен один из этапов исследования, направленного на разработку комплексного методического подхода к использованию больших данных в официальном статистическом наблюдении за явлениями сельского хозяйства. Разработана методика оценки конъюнктуры рынка труда в сельском хозяйстве на основе парсинга веб-источников и машинного обучения. Приведены результаты обработки 17 051 вакансии с агрегаторов *svoevagro.ru*, *hh.ru*, *superjob.ru*. Показано, что интеграция больших данных позволяет повысить информативность статистического учёта при снижении нагрузки на респондентов.

Ключевые слова: большие данные, статистическое наблюдение, сельское хозяйство, рынок труда, парсинг, машинное обучение, прокси-показатели.

Целью исследования является разработка парсера для сбора больших данных из веб-источнков по рынку труда в сельском хозяйстве. Сбор данных является трудоемкой задачей, в которой ключевую роль имеют доступность и качество данных [3]. В качестве открытых источников исследования выбраны сайты вакансий на рынке труда – hh.ru, superjob.ru и svoevagro.ru.

Основным методом сбора данных является **парсинг** – это автоматизированный сбор и структурирование данных из веб-сайтов. Специально разработанная программа-парсер

«считывает» информацию, извлекает нужное и преобразует в удобный формат, например, в нашем случае, Excel-таблицу. Парсер разработан на языке программирования Python. Выбор Python обусловлен наличием мощных библиотек для веб-скрапинга (BeautifulSoup, Scrapy, Selenium), а также широкими возможностями последующей обработки данных и построения моделей машинного обучения (pandas, numpy, scikit-learn).

Основным показателем для исследования является профессия, требуемая на рынке, и регион, в котором была подана вакансия. Второй показатель – это средняя зарплата по профессии (Таблица 1).

Таблица 1

Сводные данные по профессиям

Профессия	Средняя зарплата (руб)	Количество вакансий
Тракторист	110912,7	8016
Агроном	70084,7	2364
Животновод	54103,16	1735
Оператор машинного доения	50418,49	1672
Ветеринария	90855,26	1203
Птицевод	72699,76	479
Агрохимик	85589,77	357
Зоотехния	117129,46	294
Пчеловод	92547,47	236
Виноградарство	124327,03	227
Мастер растениеводства	109872,14	209
Семеноводство	98638,32	138
Животноводческий комплекс	120821,92	91

Источник: составлено автором

Использование парсинга в полной мере соответствует природе больших данных: данные собираются непрерывно (что отвечает характеристикам *Volume* и *Velocity*), поступают из разнородных источников в различных форматах (характеристика *Variety*) [4], а их последующая структуризация позволяет перевести неструктурированные данные (тексты вакансий, описания требований) в форму, пригодную для количественного анализа [1]. Также была решена проблема с тем, что на выбранных сайтах вакансии не объединены в регионы, поэтому была проделана работа с их группировкой.

Таблица 2

Сводные данные по регионам и источникам

Регион	hh.ru	superjob.ru	svoevagro.ru
Москва	725	46	1213
Московская область	366	0	21
Волгоградская область	299	20	30
Республика Башкортостан	282	20	5

Регион	hh.ru	superjob.ru	svoevagro.ru
Республика Татарстан	272	53	26
Санкт-Петербург	271	0	0
Ростовская область	223	32	8
Алтайский край	213	41	101
Челябинская область	212	20	0
Самарская область	187	20	36
Новосибирская область	180	32	20
Пермский край	173	11	6
Оренбургская область	164	20	53
Нижегородская область	137	35	10
Свердловская область	134	21	27
Ленинградская область	133	0	2
Кемеровская область	118	42	10
Республика Мордовия	115	0	72
Иркутская область	112	40	0

Источник: составлено автором

По результатам парсинга были получены сводные таблицы (Таблицы 1, 2), на основе которых будет проведено дальнейшее исследование с применением статистических методов и машинного обучения. Эмпирическая база исследования включает 17 051 вакансию в сфере сельского хозяйства, собранную с трёх открытых веб-источников: отраслевого портала svoevagro.ru, общероссийского агрегатора вакансий hh.ru и платформы superjob.ru.

Абсолютный лидер по числу вакансий — тракторист (8 016 вакансий, средняя зарплата ≈111 тыс. руб.). Высокий спрос и достойная оплата также у зоотехников (≈117 тыс. руб.), специалистов животноводческого комплекса (≈121 тыс. руб.) и виноградарства (≈124 тыс. руб.). Наиболее низкие зарплаты – у операторов машинного доения (≈50 тыс. руб.) и животноводов (≈54 тыс. руб.) при большом числе вакансий (Таблица 1).

В Москве доминирует svoevagro.ru (1 213 из 1 984 вакансий), значимо присутствие hh.ru (725). В Московской области почти все вакансии (366 из 387) – с hh.ru. Алтайский край – единственный, где все три источника дают сопоставимый вклад (213 / 41 / 101). Санкт-Петербург (271 вакансия) представлен только hh.ru. Некоторые регионы (Ленинградская, Иркутская области) почти не освещены на svoevagro.ru, что важно учитывать при сборе данных (Таблица 2).

Данный факт имеет прямое методическое значение: при организации статистического наблюдения на основе больших данных необходимо применять комбинированный сбор из нескольких источников, а также проводить взвешивание данных для устранения смещения, связанного с неравномерным покрытием регионов [5].

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующий итог: рынок вакансий в агросекторе характеризуется высокой концентрацией предложений на одном источнике, доминированием полной занятости, чёткой связью профессии с уровнем оплаты и сильной региональной дифференциацией как по числу вакансий, так и по зарплатам. Полученные данные пригодны для построения моделей прогнозирования спроса и рекомендательных

систем, но требуют предварительной очистки и нормализации [**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**].

Таким образом, разработанный парсер сбора и подготовки данных в полной мере соответствует цели исследования, а полученные эмпирические результаты позволяют перейти к следующему этапу исследования – построению модели машинного обучения для прогнозирования конъюнктуры рынка труда в сельском хозяйстве.

Библиографический список

1. Дэви, С. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных / С. Дэви, М. Арно, А. Мохамед. - СПб.: Питер, 2018. - 336 с.
2. Рагимов, А. О. Статистический анализ данных в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] : учеб.-практ. пособие / А. О. Рагимов, М. А. Мазиров ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2022. – 454 с. – ISBN 978-5-9984-1477-0.
3. Хохлова О.А., Хохлова А.Н., Чойжалсанова А.Ц. Разработка алгоритма анализа вакансий на рынке труда по данным из открытых источников. Вопросы статистики. 2022;29(4):33-41. https://doi.org/10.34023/2313-6383-2022-29-4-33-41
4. Что такое Big Data – сбор, обработка и аналитика больших данных [Электронный ресурс] // Sendsay : блог. – 2025. – 26 ноября. – URL: https://sendsay.ru/blog/km/big-data/ (дата обращения: 08.04.2026).
5. Big Data [Электронный ресурс] / Yandex Cloud // Yandex Cloud : [сайт]. – Обновлена 19 января 2026 г. – URL: https://yandex.cloud/ru/docs/glossary/bigdata (дата обращения: 08.04.2026).

УДК 004.932:619:616.12-073.7

МОДИФИЦИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МОДЕЛИ YOLO ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА ИНДЕКСА VHS

Титов Артем Денисович, *аспирант кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, a.titov@rgau-msha.ru*
Научный руководитель: ***Демичев Вадим Владимирович,*** *к.э.н., доцент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* demichev_v@rgau-msha.ru

Аннотация: *В статье рассматривается теоретическое описание разработки модифицированной модели компьютерного зрения семейства YOLO для задачи расчета кардиовертебрального индекса кошек и собак на рентгенограммах в правой латеральной проекции. Интеграция сегментации и детекции ключевых точек сократила затрачиваемое время на обработку.*

Ключевые слова: *компьютерное зрение, кардиовертебральный индекс, модифицированная модель, интеграция регрессии ключевых точек, функция потерь*

Оценка сердечно-сосудистой системы у мелких домашних животных по рентгенограммам исторически опирается на расчет кардиовертебрального индекса (VHS), методология расчета которого была предложена в середине 1990-ых годов Джоном Бьюкененом [1]. Клиническая практика демонстрирует устойчивую зависимость корректность диагностики от опыта ветеринарного врача. Ручное измерение длинной и короткой осей сердца требуют высокой точности визуального разграничения контуров на фоне перекрывающихся анатомических структур (Рис. 1), что в условиях высокой загрузки клиник неизбежно ведет к вариабельности результатов. Интеграция компьютерного зрения

в рутинные рабочие процессы требуют не просто замены ручных операций, а перенастройки вычислительных конвейеров для сохранения клинической достоверности.

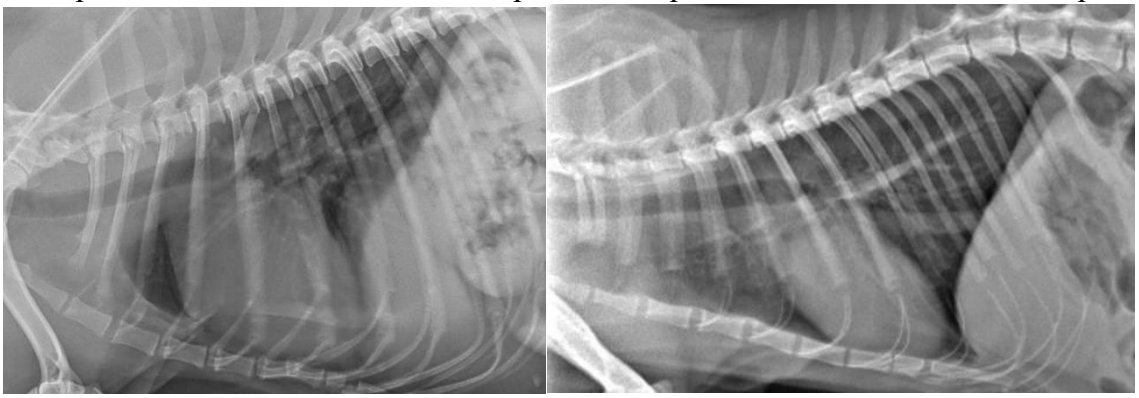


Рис. 1 Сложность разграничения анатомических контуров

Существующие научные подходы к автоматизации процесса демонстрируют фундаментальные методологические расхождения. Среди ведущих исследователей можно выделить Jing Chang [**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**], Emilie Boissady [**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**], Hablamu Mekonnen [**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**]. В этих исследованиях предлагается использовать каскад методов и моделей компьютерного зрения в разных комбинациях. Эти подходы обладают большой точностью, но использование каскада моделей ведет к увеличению нагрузки на рабочую станцию и как следствие – увеличение времени на обработку рентгенограммы, что недопустимо в большинстве российских ветеринарных клиник, где оборудование не обладает большими мощностями.

В данной работе предлагается использование авторской мультизадачной модели компьютерного зрения на базе YOLOv8x-seg, в которую добавлена параллельная ветвь регрессии пространственных точек в последний слой декодера, что позволило сохранить целостность весов предобученного экстрактора признаков. Архитектурное расширение реализует выходной массив размерностью [B, 6, H, W], где шесть каналов кодируют две ключевые точки с триплетами координат (x, y, v). Оптимизация мультизадачной головы потребовала разработки авторской функции потерь. Стандартный функционал библиотеки Ultralytics учитывает только обнаружение объектов и сегментацию масок, тогда как добавление задачи регрессии ключевых точек нарушает баланс градиентов из-за разной размерности пространственных признаков. Финальная целевая функция представляет собой взвешенную суперпозицию трех компонент: потерь обнаружения, потерь попиксельной сегментации и среднеквадратичной ошибки локализации точек с учетом маски видимости.

Экспериментальный подбор показал, что конфигурация с весами 1 для детекции, 0.5 для сегментации и 0.5 для ключевых точек обеспечивает оптимальный компромисс.

Библиографический список

1. Buchanan J.W., Bücheler J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs // Journal of the American Veterinary Medical Association. – 1995. – Vol. 206, No. 2. – P. 194–199.

2. Chang J, Qin R, Jiang H, Wei J, Gong H, Li S, Gong H, Zhang S. An automated vertebral heart scale measurement tool based on deep learning: Facilitating screening for prevention of canine cardiomegaly. Prev Vet Med. 2026 May;250:106810. doi: 10.1016/j.prevetmed.2026.106810. Epub 2026 Feb 16. PMID: 41713362.

3. Boissady E., de La Comble A., Zhu X., Abbott J., Hespel A.-M. Comparison of a Deep Learning Algorithm vs. Humans for Vertebral Heart Scale Measurements in Cats and Dogs Shows a High Degree of Agreement Among Readers // Frontiers in Veterinary Science. 2021. Vol. 8. P.

764570. DOI: 10.3389/fvets.2021.764570

4. Mekonnen HT, Puig N, Elson A, López E, Martínez P, Campos S, Hernández F, Mayor D, Quilis J, Cufí X, Freixenet J, Oliver A, Lladó X and Martí R (2025) Deep learning framework for vertebral heart size and cardiothoracic ratio estimation in dogs and cats using thoracic radiographs. Front. Vet. Sci. 12:1612338. doi: 10.3389/fvets.2025.1612338

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687753 Российская Федерация. Декстопное приложение для автоматизации расчета кардиовертебрального индекса (VHS) на основе рентгенограмм : заявл. 24.09.2025 : опубл. 15.10.2025 / А. Д. Титов, В. В. Демичев, С. В. Акчурин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». – EDN YKAGJJ.

6. Нейронные сети на языке Python в АПК : Материалы заседания секции «Нейронные сети на языке Python в АПК», Москва, 16 октября 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – 122 с. – ISBN 978-5-9675-2098-3. – EDN UOCTEQ.

7. Титов, А. Д. Разработка модуля интеллектуальной платформы для автоматизации расчета кардиовертебрального индекса (VHS) на основе рентгенограмм / А. Д. Титов // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 733-736. – EDN JSIJXI.

8. Формирование и разметка специализированного датасета для задач компьютерного зрения в ветеринарной рентгенологии / А. Д. Титов, В. В. Демичев, С. В. Акчурин, Ю. С. Шмаренкова // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2025. – № 4. – С. 129-140. – DOI 10.18137/RNU.V9187.25.04.P.129. – EDN IZGOPW.

9. Алгоритмизация и программирование : Учебное пособие / В. В. Демичев, Д. В. Быков, Д. Э. Храмов [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 248 с. – ISBN 978-5-907933-15-6. – EDN DMGLNI.

10. Харитонова, А. Е. Разработка модуля информационной системы распознавания образов / А. Е. Харитонова, А. Д. Титов // Цифровые технологии анализа данных в сельском хозяйстве. – Москва : «Научный консультант», 2022. – С. 211-241. – EDN CRKOMW.

11. Титов, А. Д. Разработка программного обеспечения по дешифрованию информации / А. Д. Титов, А. Н. Лосев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2020. – № 6. – С. 66-73. – EDN YDFMHQ.

УДК 311.14:631.15:502.15

ИНДЕКС СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

***Титова Дарья Алексеевна**, ассистент кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, d.gorshkova@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: **Уколова Анна Владимировна**, к.э.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, statmsha@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В статье исследуется роль Индекса статистической эффективности (SPI), разработанного Всемирным банком для измерения потенциала и уровня развития национальных статистических систем. В условиях глобальных климатических изменений и необходимости достижения Целей устойчивого развития (ЦУР) точность и полнота*

национальных статистических данных становятся фундаментом для принятия управленческих решений в аграрном секторе. В этой связи требуется инструмент, позволяющий оценить качество данных, их единообразие и сопоставимость в различных национальных статистических системах. Таким инструментом служит SPI. Автором проведен сравнительный анализ позиций Российской Федерации на глобальной карте статистической эффективности, сформулированы рекомендации по совершенствованию национальной статистической инфраструктуры, направленные на повышение доверия к данным и интеграцию цифровых сервисов.

Ключевые слова: *Индекс статистической эффективности (SPI), агроэкологический мониторинг, Цели устойчивого развития (ЦУР), агротехнологии*

В условиях нарастающей климатической нестабильности и глобальных вызовов продовольственной безопасности эффективность мониторинга агроэкосистем становится фундаментом для принятия обоснованных управленческих решений. Реализация Повестки дня в области устойчивого развития до 2030 года требует от государств не просто накопления количественных данных, но и создания зрелых национальных статистических систем, способных интегрировать экологические и сельскохозяйственные показатели в единую аналитическую систему [2].

Одним из наиболее эффективных инструментов для оценки качества таких систем является Индекс статистической эффективности (SPI), разработанный Всемирным банком [2]. Придя на смену Индексу статистического потенциала (SCI), SPI базируется на пяти «столпах», охватывающих весь жизненный цикл данных: от их использования и доступности сервисов до разнообразия источников информации и качества инфраструктуры [1, 4]. Особую значимость SPI приобретает при оценке прогресса в достижении ЦУР №2 «Ликвидация голода», ЦУР №13 «Борьба с изменениями климата» и ЦУР №15 «Сохранение экосистем суши», так как его методология напрямую учитывает наличие сельскохозяйственных переписей и полноту экологической статистики [2].

Для Российской Федерации анализ через призму SPI позволяет объективно оценить текущую позицию страны на фоне мировых лидеров. Согласно международным отчетам, Россия демонстрировала устойчивую положительную динамику, увеличив свой общий балл SPI с 69,58 в 2016 году до 81,5 в 2021 году. В 2025 году страна заняла 51-е место из 167 в глобальном рейтинге устойчивого развития, что свидетельствует о высоком потенциале, но также и о наличии нерешенных задач [3, 5].

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью верификации успехов России в агроэкологическом мониторинге, особенно в свете трансформации национального проекта «Экология» в проект «Экологическое благополучие» и создания национальной системы мониторинга климатически активных веществ. Несмотря на достигнутые успехи, такие как формирование 112 показателей ЦУР на основе международных методологий, российская система мониторинга сталкивается с беспрецедентными вызовами: от рекордного количества опасных метеоявлений в 2024 году до необходимости радикального повышения точности оценок бюджета углерода в почвах агроэкосистем. В данной статье рассматривается, как Индекс статистической эффективности может быть использован для идентификации «разрывов» в данных и оптимизации стратегии агроэкологического мониторинга в Российской Федерации.

SPI оценивает не только «потенциал» страны (способность системы генерировать данные), но и фактическую «эффективность» – то, как статистическая информация используется, распространяется и насколько она соответствует потребностям конечных пользователей. Методология SPI базируется на пяти направлениях, каждое из которых имеет непосредственное значение для оценки состояния агроэкосистем [3]:

1. Использование данных. Статистика имеет ценность только в том случае, если она используется. Успешная статистическая система позволяет получать данные, которые широко и часто используются.

2. Сервисы для работы с данными. Ряд сервисов связывает пользователей данных с их поставщиками и способствует диалогу между ними, укрепляя доверие и повышая ценность данных.
3. Продукты на основе данных. Показывают, способны ли страны рассчитывать показатели, связанные с 17 целями в области устойчивого развития.
4. Источники данных. Для создания полезных продуктов статистическая система должна опираться на разные источники данных. Сбор данных не должен ограничиваться традиционными переписями и опросами, он включает в себя и административные, и геопространственные данные, а также данные, предоставляемые частными компаниями и гражданами.
5. Инфраструктура данных. Зрелая статистическая система имеет хорошо развитую инфраструктуру (законодательство, управление, стандарты, навыки, партнерские отношения), а также финансовые ресурсы для предоставления полезных и широко используемых продуктов и сервисов на основе данных.

Для объективной оценки национальной системы мониторинга необходимо сопоставление с мировыми лидерами, чьи показатели в рамках индекса SPI близки к максимально возможным. К этой группе традиционно относятся страны Северной Европы и наиболее развитые экономики США, Германии, Японии, Великобритании, Франции, Италии и Канады. Эталонным примером выступает Норвегия, которая демонстрирует абсолютные показатели (100 баллов) по таким ключевым категориям, как «Использование данных» (Data Use) и «Инфраструктура данных» (Data Infrastructure). В региональном разрезе «Европа и Центральная Азия» лидером является Финляндия с общим баллом статистической эффективности 95,1, достигшая более 80 пунктов по направлениям 3-5 и имеющая 100 и 98 пунктов по первому и второму направлениям соответственно. Высокие позиции этих стран обусловлены не только технологической оснащенностью, но и высокой степенью прозрачности и доверия к данным со стороны гражданского общества и бизнеса.

Российская Федерация в системе координат Всемирного банка занимает позицию в четвертом квинтиле (выше среднего), что свидетельствует о наличии развитой методологической и технологической базы. Анализ структуры российского индекса позволяет определить, что сильными сторонами являются соблюдение международных стандартов и методов (100 пунктов) и активное использование национальных данных международными организациями (88 пунктов). Это подтверждается формированием 112 показателей ЦУР на основе признанных мировых методологий к 2021 году.

Несмотря на высокие технические баллы, наблюдается разрыв между качеством статистики и её трансформацией в социальное благополучие. В глобальном рейтинге устойчивого развития на 2025 год Россия занимает 51-е место (балл 74,13), однако в Индексе социального прогресса зафиксировано снижение – с 59-го места в 2022 году до 77-го к началу 2026 года [2]. Таким образом, Российская Федерация обладает мощным потенциалом, который, однако, сталкивается с вызовами в области качества окружающей среды и личных свобод, что косвенно влияет на итоговую эффективность агроэкологического мониторинга.

На противоположном полюсе рейтинга находятся государства, чьи статистические системы находятся в состоянии деградации из-за конфликтов и отсутствия базовой инфраструктуры. Примером крайнего дефицита данных являются Южный Судан (балл социального прогресса 27,71), Чад и Центральноафриканская Республика. В этих странах практически отсутствуют регулярные сельскохозяйственные и демографические переписи, что делает невозможным проведение агроэкологического мониторинга. Низкие баллы (менее 30) по категории «Источники данных» в таких регионах, как Ближний Восток (Йемен, Сирия) и Африка, указывают на полную невозможность оценки прогресса по ЦУР №13 и №15.

Для сравнительного анализа были выбраны страны-лидеры в лице Норвегии и Финляндии, страны с низкими показателями ликвидации голода или мониторинга климата

Южный Судан и Чад, а также Российская Федерация и Казахстан, как страны из 4 квантиля (рисунок 1).

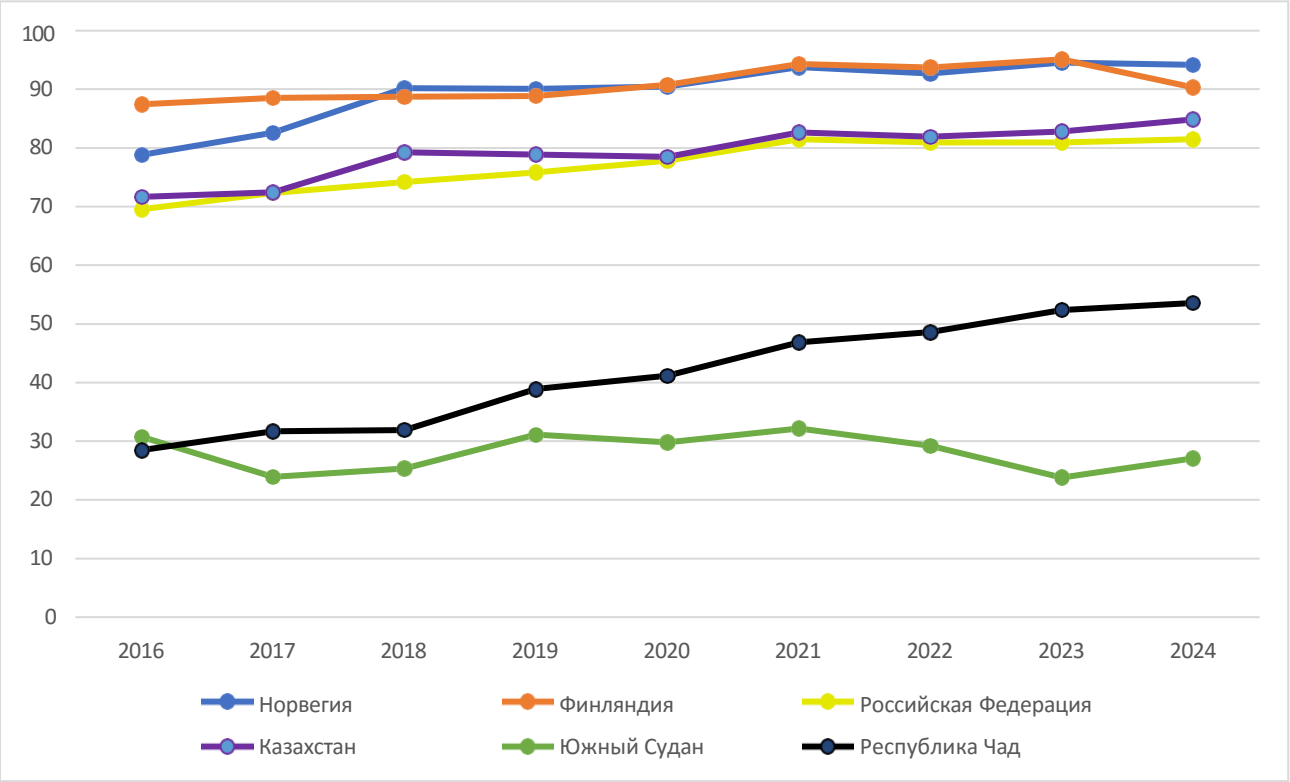


Рис. 1 Индекс SPI для разных категорий стран

Исходя из представленных данных [3] Норвегия и Финляндия демонстрируют лидирующие позиции на протяжении всего периода с 2016 по 2024 годы, удерживая значения в диапазоне 90-95 баллов. Российская Федерация показывает устойчивый положительный тренд: если в 2016 году индекс составлял 71,59, то к 2024 году он поднялся выше 80 баллов. Казахстан демонстрирует динамику, практически идентичную российской, что говорит о схожих процессах цифровизации и модернизации статистических систем в регионе. Обе страны находятся в четвертом квинтиле. Республика Чад показывает значительный рывок с уровня ниже 30 баллов в 2016 году до более 50 баллов к 2024 году. Это может свидетельствовать о начале системных реформ при поддержке международных организаций. Южный Судан остается в зоне ниже среднего, демонстрируя нестабильную динамику в районе 20-30 баллов. Это подтверждает данные о том, что страна замыкает рейтинги из-за отсутствия регулярных переписей и базовой инфраструктуры данных.

Таким образом, Российская Федерация успешно догоняет мировых лидеров по технологическому потенциалу измерения данных (приближаясь к уровню 85 баллов), в то время как страны из конца списка по-прежнему не имеют инструментов для элементарного мониторинга продовольственной или экологической безопасности. Особенно важно отметить на графике точку 2021-2024 годов, где Россия и Казахстан выходят на плато. Это может означать, что дальнейший рост невозможен простым количественным накоплением отчетов и требует совершенствование методов и открытости микроданных.

Результаты оценки агроэкологического мониторинга через призму SPI выявляют как зоны успеха, так и дефициты данных (таблица 1).

Таблица 1

Оценка статистического обеспечения мониторинга целей устойчивого развития и выявленные пробелы в данных

Цель устойчивого развития	Результаты мониторинга и статистические инструменты	Выявленные дефициты данных

№ 2 Ликвидация голода	Обеспечена высокая база данных через регулярные сельскохозяйственные переписи и обследования. Доля электронного сбора данных достигла 60% [5].	Недостаток оперативной статистики по экономической доступности здорового рациона, продовольственной безопасности, большего количества относительных показателей (к численности населения).
№ 13 Борьба с климатом	Создается Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ. Рост числа тестовых полигонов планируется с 259 (2024г.) до 1329 к 2030 году [6].	Крайне высокая неопределенность в оценках бюджета углерода в почвах агроэкосистем из-за использования упрощенных методик.
№ 15 Сохранение экосистем суши	Россия находится в тройке стран-лидеров по приросту площади земель лесного фонда и земель (26 млн га за 20 лет). Внедряется мониторинг лесозаготовок через систему ГЛОНАСС [7].	Разрыв в 37% между официальной ведомственной отчетностью и данными спутникового мониторинга реальной площади лесных пожаров.

Источник: составлено автором

Таким образом, результаты оценки показывают, что Россия обладает мощным технологическим фундаментом, однако эффективность мониторинга агроэкосистем сдерживается методологическими расхождениями между ведомствами и необходимостью повышения точности экологических измерений на субнациональном уровне.

Проведенный анализ подтверждает, что Индекс статистической эффективности (SPI) является не просто рейтинговым инструментом, но и комплексной методологической рамкой для трансформации агроэкологического мониторинга. Внедрение SPI позволило сместить фокус с количественного накопления данных на оценку их качества, открытости и практической применимости в государственном управлении.

Российская Федерация обладает высоким баллом статистической эффективности, страна вошла в четвертый квинтиль глобального рейтинга индекса SPI, продемонстрировав значительные успехи в цифровизации отчетности и внедрении международных стандартов. Однако выявленный разрыв между высоким качеством сбора данных и снижением показателей социального и экологического прогресса указывает на то, что потенциал национальной статистической системы (НСС) пока не в полной мере конвертируется в устойчивое развитие агроэкосистем. Для перехода России в высший квантиль индекса SPI и повышения объективности агроэкологического контроля необходимо преодоление ведомственной разобщенности данных, разработка национальных коэффициентов поглощения углерода почвами агроэкосистем, развитие технологий, в том числе спутниковых систем ГЛОНАСС для контроля состояния земель.

Библиографический список

1. Dang, H.-A. H. Country statistical capacity: A recent assessment tool and further reflections on the way forward / H.-A. H. Dang [et al.] // Statistical Journal of the IAOS. – 2024. – Vol. 40. – P. 211–225. – DOI: 10.3233/SJI-230093

2. Measuring the Statistical Performance of Countries: An Overview of Updates to the World Bank Statistical Capacity Index [Электронный ресурс] // The World Bank Group : официальный сайт. – URL: https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/815721616086786412 (дата обращения: 23.04.2026)

3. Statistical Performance Indicators (SPI) Database [Электронный ресурс] // The World

Bank Group : официальный сайт. – URL: https://www.worldbank.org/en/programs/statistical-performance-indicators/ (дата обращения: 28.04.2026)

4. Statistical Performance Indicators (SPI): About SPI [Электронный ресурс] // The World Bank Group : официальный сайт. – URL: https://www.worldbank.org/en/programs/statistical-performance-indicators/about-spi (дата обращения: 02.05.2026)

5. Sustainable Development Report: Russian Federation Profile [Электронный ресурс] // SDG Index : аналитический портал. – URL: https://dashboards.sdgindex.org/profiles/russian-federation/ (дата обращения: 30.04.2026)

6. Наземный мониторинг бюджета углерода в почвах агроэкосистем Российской Федерации: от решения методических вопросов к созданию национальной сети / Д. Н. Козлов, А. Г. Болотов, В. С. Столбовой [и др.] // Углерод в наземных экосистемах: мониторинг реализация ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» : материалы конф. (Москва, 13–15 февраля 2024 г.). – Москва : ИКИ РАН, 2024

7. Площадь пожаров в 2024 году на 10% больше, чем в среднем за последние 15 лет [Электронный ресурс] // Если быть точным : проект БФ «Нужна помощь». – URL: https://tochno.st/materials/ploshhad-pozarov-v-2024-godu-na-10-bolse-cem-v-srednem-za-poslednie-15-let-ogromnye-territorii-goriat-v-novyx-regionax (дата обращения: 27.04.2026)

УДК 004.8

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ЦИФРОВЫХ ПРОЕКТОВ В АПК НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ АЛГОРИТМОВ

Храмов Дмитрий Эдуардович, *старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики института экономики и управления АПК ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, khramovde@rgau-msha.ru*

Аннотация*: В статье рассматривается задача статистического прогнозирования продолжительности и трудоемкости разработки программного обеспечения для агропромышленного комплекса. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности бюджетного планирования и минимизации рисков срыва сроков в условиях цифровизации АПК. Методологическую основу работы составляет гибридный алгоритм, объединяющий классические статистические методы (PERT, анализ исторических данных) и технологии машинного обучения.*

Ключевые слова: *бизнес-статистика, прогнозирование, гибридные модели, машинное обучение, управление проектами, АПК.*

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (АПК) в рамках национальных проектов «Экономика данных» и «Цифровое сельское хозяйство» требует точного планирования сроков и ресурсов разработки программного обеспечения. Согласно международным исследованиям (CHAOS Report 2020), лишь 31% IT-проектов завершаются успешно, а средняя погрешность экспертной оценки трудоемкости достигает 17–30% [1]. Для АПК, где ресурсы ограничены, а последствия срыва сроков критичны (сезонность работ, зависимость от погодных факторов), повышение точности прогнозирования становится стратегической задачей бизнес-статистики.

Специфика цифровых проектов в АПК обусловлена рядом факторов:

- Сезонность – дедлайны привязаны к посевной/уборочной, опоздание означает потерю года;
- Внешние факторы – погода, цены на удобрения, изменения в законодательстве;

- Разнородные данные – спутники, датчики, бухгалтерия, полевые отчёты;
- Ограниченная статистика – отсутствие репрезентативных исторических данных по аналогичным проектам.

Классические методы оценки (COCOMO, PERT, UCP) предполагают стабильную среду и предсказуемые требования, что противоречит реалиям АПК [2]. В связи с этим возникает необходимость разработки гибридных подходов, сочетающих статистические методы с технологиями искусственного интеллекта.

Целью исследования является разработка и апробация гибридного алгоритма статистического прогнозирования трудоемкости цифровых проектов в АПК, обеспечивающего повышение точности оценки при минимизации временных затрат на анализ.

Основой исследования служит формальная модель задачи прогнозирования (формула 1) продолжительности жизненного цикла разработки программного обеспечения (ЖЦР ПО):

$$T_{\text{прогноз}}=f(X_{\text{техн}},X_{\text{ком}},X_{\text{ист}}), \quad (1).$$

где $X_{\text{техн}}$ – технические факторы (функциональные точки, масштаб проекта, сложность архитектуры); $X_{\text{ком}}$ – командные факторы (опыт команды, скорость работы); $X_{\text{ист}}$ – исторические данные (сроки и метрики завершённых проектов).

Ключевым этапом исследования стала разработка алгоритма формализации входных данных, обеспечивающего преобразование субъективных экспертных оценок в стандартизированные числовые признаки. Алгоритм включает следующие этапы:

Шаг 1. Преобразование категорий задач в функциональные точки. На основе принятой шкалы (1 – мелкая, 2 – средняя, 3 – крупная) вычисляется эквивалентное количество функциональных точек (формула 2):

$$FP=3B+2M+S, \quad (2)$$

где B – количество крупных задач, M – средних, S – мелких.

Шаг 2. Валидация и нормализация категориальных параметров. Система проверяет, что значения масштаба, сложности и опыта лежат в диапазоне [0; 5]. При отсутствии параметра присваивается нейтральное значение 3 («средний»), что соответствует коэффициенту 1.0 и не искажает расчёт.

Шаг 3. Расчёт скорректированного количества функциональных точек (AFP). Применяется мультипликативная модель коррекции (формула 3):

$$AFP=FP\times k_{diff}\times k_{scale}\times k_{exp}, \quad (3)$$

где весовые коэффициенты подобраны эмпирически на обучающей выборке.

Шаг 4. Логарифмическая нормализация. Для уменьшения дисперсии и улучшения сходимости моделей машинного обучения выполняется преобразование (формула 4):

$$y=\ln(1+y), \quad (4)$$

где y – трудозатраты в человеко-часах. Данный подход позволяет сократить стандартное отклонение с 4200 до 1.2 при диапазоне значений [120; 24500] человеко-часов.

Предлагаемый алгоритм основан на параллельном выполнении трёх методов оценки:

1. PERT – математический расчёт на основе трёхточечной оценки;
2. Историческая оценка – анализ данных о завершённых проектах компании;
3. Экспертная оценка (нейросеть) – прогноз на основе обученной модели.

Апробация гибридного алгоритма проводилась на ретроспективной выборке из 10 завершённых проектов различного масштаба и сложности в компаниях, работающих с цифровыми решениями для АПК. Для каждого проекта сравнивались три значения: фактическая продолжительность, экспертная оценка и прогноз разработанной системы (табл. 1).

Таблица 1

Основные статистические метрики

Показатель	Экспертная оценка	Гибридный метод
Средняя абсолютная погрешность	38.0 дней	8.6 дней
Средняя относительная погрешность	17.1%	4.8%
Время анализа одного проекта	12–82 часа	1.5 часа

Источник: разработано автором

Статистический анализ показал, что снижение дисперсии ошибки на 12% достигнуто за счёт ансамблирования моделей. Особенно критичными оказались проекты с высокой сложностью и нестабильными требованиями, где эксперты недооценили сроки на 30-32% из-за недостаточного учёта рисков и динамики изменений.

Экспериментально подтверждено, что качество предобработки данных напрямую влияет на точность прогноза. Сравнение моделей с логарифмической нормализацией и без неё представлено в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение моделей

Параметр	Без нормализации	С нормализацией
Время обучения НС	15–25 мин	4–6 мин
Средняя погрешность	8.2%	4.8%
Количество выбросов	23%	5%

Источник: разработано автором

Логарифмическое преобразование целевой переменной существенно улучшает сходимость и стабильность обучения, что объясняется высокой вариативностью длительности проектов: от нескольких сотен до десятков тысяч человеко-часов.

Анализ цифровых проектов в АПК выявил специфические статистические закономерности:

- Сезонный фактор – проекты, запущенные за 2–3 месяца до посевной, имеют на 40% выше риск срыва сроков;
- Интеграционные риски – проекты с интеграцией оборудования разных вендоров требуют на 25-30% больше времени на тестирование;
- Регуляторные изменения – в среднем 15-20% проектов сталкиваются с необходимостью переделки отчётности из-за изменений в законодательстве.

Эти факторы рекомендуется формализовать и дополнить модель дополнительными весовыми коэффициентами в формуле 3, что в теории должно позволить повысить точность прогноза для АПК-специфичных проектов ещё на 3-5%.

Полученные результаты согласуются с международными исследованиями в области прогнозирования трудоемкости ПО [3, 4]. Средняя погрешность 4.8% значительно превосходит традиционные методы: COCOMO II (18-25%), экспертная оценка (20-30%).

Преимущества разработанного подхода:

- Стандартизация входных данных – устраняет проблему несопоставимости разнородных параметров из разных источников;
- Динамическая корректировка – коэффициенты доверия к методам адаптируются по мере поступления новых данных;
- Автоматизация предобработки – сокращает время анализа с 12-82 часов до 1.5 часов;
- Применимость к малым проектам – в отличие от COCOMO, метод работает для проектов со сроком разработки от 1 месяца.

Ограничения исследования:

- Для валидации модели требуется расширение выборки до 150+ проектов для повышения статистической значимости;
- Модель ориентирована на российские IT-компании – адаптация для других регионов требует калибровки весовых коэффициентов;
- Исторические данные собирались вручную – необходима интеграция с системами управления проектами (Jira, GitLab).

Перспективы дальнейших исследований:

- Интеграция с методами байесовской статистики для учёта априорных распределений параметров;
- Разработка онтологии факторов риска для АПК-проектов на основе OWL 2 DL;
- Создание открытого набора данных по цифровым проектам в АПК для сообщества исследователей.

В результате исследования разработан и апробирован гибридный алгоритм статистического прогнозирования трудоемкости цифровых проектов в АПК. Ключевые достижения:

- Методологический вклад – предложен алгоритм предобработки данных, включающий стандартизацию параметров, мультипликативную коррекцию и логарифмическую нормализацию;
- Статистическая валидация – средняя относительная погрешность снижена с 17.1%;
- Практическая значимость – время анализа сокращено с 12-82 часов до 1.5 часа, что делает метод применимым в условиях ограниченных ресурсов.

Библиографический список

1. CHAOS Report 2020. Standish Group. URL: https://www.standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2020-Final.pdf (дата обращения: 15.04.2026).

2. Prakash, B., Viswanathan, V. A Survey on Software Estimation Techniques in Traditional and Agile Development Models // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2017. – Vol. 7, No. 3. – P. 867 – 876.

3. Garcia-Diaz, N., Macias-Chapula, H. Software development time estimation based on a new Neuro-fuzzy approach / N. Garcia-Diaz, H. Macias-Chapula, E. Chavez-Valdez, R. Martinez-Bonilla , A. Verduzco-Ramirez, N. Farias-Mendoza, J. Garcia-Virgen, // 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). – 2015. – P. 1-7.

4. Pospieszny, P., Czarnacka-Chrobot, B., Kobyliński, A. An effective approach for software project effort and duration estimation with machine learning algorithms. / P. Pospieszny, B. Czarnacka-Chrobot, A. Kobyliński // The Journal of Systems & Software. – Vol. 137. – 2018. – P. 184-196. – DOI: 10.13140/RG.2.2.15248.30724.

5. Храмов Д.Э. Система оценки продолжительности жизненного цикла разработки программного обеспечения на основе интеллектуальной обработки информации. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025;13(4). [Электронный ресурс]. – URL: https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=2045 (Дата обращения: 10.04.2026). – Текст: электронный. DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.011

6. Шульга, Т. Э. Архитектура программной системы для оценки продолжительности разработки программного обеспечения / Т. Э. Шульга, Д. Э. Храмов // Программная инженерия. – 2024. – Т. 15, № 9. – С. 476-484. – DOI 10.17587/prin.15.476-484. – EDN MVRXMB.

7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. М.: Стандартинформ, 2011. 99 с. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200082859 (дата обращения 12.04.2026). – Текст: электронный

8. ISO/IEC 20926. Software and Systems Engineering—Software Measurement—IFPUG Functional Size Measurement Method, 2nd Edition, // ISO, Geneva. – 2009. – 24 p.
9. Бахиркин, М.В. Система поддержки принятия решений для прогнозирования времени цикла разработки программных систем: автореф... дис. кан. тех. наук. –М.: 2016. – 22 с.
10. Кон, М. Agile: Оценка и планирование проектов / Пер. с англ., М. : Альпина Паблишер. – 2022. – С. 418.

СЕКЦИЯ «МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»

УДК 378.147.88

ПРОПЕДЕВТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ

***Атапина Юлия Алексеевна**, ассистент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, atapina@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель – **Шингарева Марина Валентиновна,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, shingareva@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается опыт проведения ознакомительной практики для будущих педагогов профессионального обучения, направленной на формирование у них комплексного понимания системы среднего профессионального образования. На основе анализа анкетирования студентов представлена оценка эффективности различных форматов работы: от посещения колледжей до стратегических сессий. Сделан вывод о том, что сочетание погружения в реальную среду, знакомства с историей и современными методиками обучения позволяет сформировать у студентов адекватное представление о будущей профессиональной деятельности.*

***Ключевые слова:** пропедевтика, ознакомительная практика, профессионально-педагогическое образование, среднее профессиональное образование, профессиональное самоопределение.*

Современная система среднего профессионального образования (СПО) в России переживает этап активных преобразований [2, 5]. Внедрение новых образовательных стандартов, ориентация на практико-ориентированность и запросы экономики требуют от педагога не только глубоких знаний по учебным дисциплинам, но и понимания специфики самой системы, ее структуры и современных тенденций развития [1, 7]. Однако у студентов педагогических направлений подготовки, особенно на начальных курсах, зачастую отсутствует целостное представление о том, где и в каких условиях им предстоит работать.

Учебная ознакомительная практика, реализующая пропедевтическую функцию, призвана решить эту проблему. Важно не просто рассказать будущим педагогам о системе СПО, а дать им возможность самим погрузиться в образовательную среду колледжа, увидеть ее изнутри, сформировать «образ будущей профессии».

Программа практики продолжительностью две недели включала следующие этапы и форматы работы:

1. Установочная конференция – знакомство с целями, задачами и содержанием практики.

2. Посещение колледжей г. Москвы (с разной отраслевой направленностью) с экскурсией по мастерским, лабораториям и учебным аудиториям.

3. Практико-ориентированные тренинги от Центра карьеры.

4. Экскурсия в Музей профессионального образования Москвы.

5. Круглый стол «Система СПО в контексте новых вызовов и государственных инициатив».

6. Итоговая рефлексия – обсуждение результатов и заполнение анкет.

В данном исследовании представлен анализ обратной связи от студентов, прошедших такую практику, в контексте реализации ее пропедевтической функции.

Цель исследования – оценить эффективность различных форматов ознакомительной практики в формировании целостного представления о системе СПО у будущих педагогов (реализации пропедевтической функции).

Методология и методы. Исследование проводилось методом анонимного анкетирования. В опросе приняли участие 71 студент направления подготовки «Профессиональное обучение (по отраслям)» после прохождения ознакомительной практики. Структура анкеты включала три блока. Первый блок был посвящен общему впечатлению от практики (оценка по шкале от 1 до 5). Второй блок оценивал полезность каждого из форматов работы (посещение колледжей, тренинги, экскурсии, круглый стол) по шкале «очень полезно / скорее полезно / скорее бесполезно / бесполезно». Третий блок включал открытые вопросы для сбора качественной обратной связи: «Что вам больше всего запомнилось?», «Что изменилось в вашем представлении о работе в колледже?», «Что бы вы посоветовали изменить в практике?».

Результаты исследования. Анализ анкет показал высокую общую удовлетворенность практикой: средний балл составил 4,3 из 5. Студенты отметили, что практика помогла им преодолеть стереотипное восприятие колледжа как «непрестижного» места работы и увидеть современную материально-техническую базу и мотивированных студентов.

Наибольшую ценность, по мнению респондентов, представили:

- посещение колледжей (98,0 % респондентов оценили как «очень полезно»), позволившее сформировать «реалистичную картинку» будущего рабочего места; студенты отметили, что увидели современную материально-техническую базу, мастерские, лаборатории, а также пообщались с преподавателями и студентами колледжей;
- практико-ориентированные тренинги (77,6 %); студенты отметили, что получили конкретные инструменты для работы, которые можно будет применить на следующих курсах и в будущей профессиональной деятельности;
- экскурсия в Музей профессионального образования Москвы (91,8 %), которая, по отзывам студентов, добавила ценностный контекст и понимание традиций системы профессионального образования, а также сформировала представление о современных образовательных технологиях;
- круглые столы и стратегические сессии (87,8 %). Так, участие в круглом столе «Система СПО в контексте новых вызовов и государственных инициатив» позволило студентам понять место СПО в современной экономике и перспективы его развития.

Проведенное исследование подтвердило гипотезу о том, что формирование целостного представления о системе СПО (реализация пропедевтической функции) возможно только при использовании комплекса взаимодополняющих форматов. Полученные результаты согласуются с теоретическими положениями о пропедевтике как о создании ориентировочной основы для последующей деятельности [3, 4, 6]. Каждый из элементов практики решал свою задачу:

1. Погружение в среду (посещение колледжей) служит фундаментом, формируя реалистичный образ будущего места работы.

2. Практико-ориентированные тренинги дают инструменты для работы в этой среде, создавая «ориентировочную основу» для последующего освоения педагогических дисциплин.

3. Экскурсии в музеи и тематические пространства создают ценностный и исторический контекст, что особенно важно для формирования положительного отношения к профессии.

4. Круглые столы и дискуссии развивают стратегическое мышление и понимание места СПО в социально-экономической структуре региона и страны.

Ознакомительная практика, построенная по такому принципу, становится важным этапом профессионального самоопределения будущего педагога. Результаты анкетирования подтверждают, что именно такой подход позволяет студентам перейти от разрозненных знаний к целостному пониманию многогранной и динамично развивающейся системы среднего профессионального образования.

Пропедевтическая функция практики выражается в следующих эффектах:

- формирование адекватного представления о материально-технической базе и содержании работы в колледже;
- разрушение стереотипов о «непрестижности» работы в системе СПО;
- создание ориентировочной основы для последующего изучения педагогических дисциплин;
- формирование положительного эмоционального отношения к будущей профессии.

Перспективы дальнейших исследований связаны с отслеживанием отсроченных эффектов пропедевтической работы: как именно опыт ознакомительной практики влияет на успешность освоения последующих дисциплин и прохождение производственной педагогической практики.

Библиографический список

1. Жаворонко, Е. С. Особенности функционально-ролевого репертуара современного педагога / Е. С. Жаворонко, А. А. Ниязова // Север и молодежь: здоровье, образование, карьера : сборник материалов I Международной научно-практической конференции, Ханты-Мансийск, 28–29 ноября 2019 года. – Ханты-Мансийск : Югорский государственный университет, 2019. – С. 382–385.

2. Занфирова, Л. В. Совершенствование содержания подготовки педагогов профессионального обучения в соответствии с современными социально-экономическими требованиями / Л. В. Занфирова, Т. П. Коваленок, М. В. Шингарева // Международный научный журнал. – 2024. – № 6 (99). – С. 93–101.

3. Козленкова, Е. Н. Интегративный подход к организации профориентационной работы со школьниками / Е. Н. Козленкова, П. Ф. Кубрушко // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 21-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 25–26 мая 2016 года / под научной редакцией Е. М. Дорожкина, В. А. Федорова. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2016. – С. 270–272.

4. Козленкова, Е. Н. Содействие профессиональному самоопределению будущих педагогов профессионального обучения в ходе практической подготовки / Е. Н. Козленкова, А. Н. Волкова // Образование: путь в профессию. – 2025. – Т. 2, № 2. – С. 36–43.

5. Кубрушко, П. Профессионально-педагогическое образование: вопросы теории // Высшее образование в России. – 2006. – № 2. – С. 96–98.

6. Профессиональное самоопределение студентов : научно-информационный материал / П. Ф. Кубрушко, А. М. Любителев, Л. И. Назарова, С. А. Цепляева. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – 47 с.

7. Шингарева, М. В. Подготовка педагогических кадров для системы среднего профессионального образования / М. В. Шингарева, А. С. Симан, Ю. А. Атапина // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2023. – № 5 (92). – С. 42–47.

УДК 37.048.45

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РАННЕЙ ПРОФОРИЕНТАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

***Горохова Валерия Владимировна**, заведующий центром цифрового образования детей «IT-куб» ГПОУ ТО «Ясногорский технологический техникум», valeriya.nsm@inbox.ru*
***Комаровская Анастасия Олеговна**, заведующий методическим кабинетом ГПОУ ТО «Ясногорский технологический техникум», anastasia.kommm@yandex.ru*
***Куликова Ксения Алексеевна**, заместитель директора по учебной работе ГПОУ ТО «Ясногорский технологический техникум», ksen.tatarenkowa@mail.ru*
*Научные руководители: **Кубрушко Петр Федорович,** д.п.н., профессор, чл.-корр. РАО, заведующий кафедрой педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kubrushko@rgau-msha.ru; **Назарова Людмила Ивановна,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nazarova@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема модернизации системы ранней профориентации школьников и непрерывного образования студентов профессиональных образовательных организаций в условиях цифровой трансформации экономики. Авторами разработан и обоснован комплекс мер по модернизации этой системы на примере ГПОУ ТО «Ясногорский технологический техникум» с использованием ресурсов центра цифрового образования детей «IT-куб».*

***Ключевые слова:** профориентация, среднее профессиональное образование, непрерывное образование, цифровая грамотность, IT-компетенции, цифровая трансформация.*

Актуальность разработки программы модернизации системы ранней профориентации школьников и непрерывного образования студентов профессиональных образовательных организаций с использованием ресурсов центра цифрового образования детей (ЦЦОД) «IT-куб» обусловлена необходимостью адаптации системы образования к условиям стремительной цифровой трансформации экономики и динамично меняющемуся рынку труда [5, 7].

Быстрое развитие информационных технологий предъявляет новые требования к квалификации специалистов: современный работодатель ожидает от выпускников не только базовых профессиональных навыков, но и владения цифровыми компетенциями – умениями программировать, работать с современным оборудованием и программным обеспечением, применять информационные и коммуникационные технологии в профессиональной деятельности [2, 6].

Использование ресурсов центра цифрового образования «IT-куб» дает возможность внедрить современные методы профориентационной работы (онлайн-тестирование, виртуальные экскурсии на предприятия, мастер-классы от IT-специалистов), расширить спектр дополнительных образовательных программ технической направленности (программирование, робототехника, 3D-моделирование, VR/AR технологии и др.) и обеспечить непрерывность образовательного процесса – от профориентации школьников до подготовки и трудоустройства выпускников техникума [1, 3].

Это особенно важно для регионов, подобных Ясногорскому району Тульской области, где необходимо не только повысить уровень цифровой грамотности молодежи и конкурентоспособность выпускников на рынке труда, но и способствовать развитию местной цифровой экономики за счет привлечения талантливой молодежи в IT-сферу,

укрепления связей между образовательными учреждениями и предприятиями, снижения уровня безработицы среди молодежи [4, 7].

Анализ состояния профориентационной работы по популяризации профессий, связанных со сферой IT в Ясногорском районе и необходимость освоения студентами СПО востребованных компетенций в области информационных технологий позволил выявить следующие проблемы и потребности (таблица 1).

Таблица 1

Проблемы профориентационной работы по популяризации профессий, связанных со сферой IT в Ясногорском районе

Проблема	Потребность
Недостаточная осведомленность школьников о современных профессиях, особенно в IT-сфере.	Разработка и внедрение инновационных профориентационных программ, ориентированных на IT-направления.
Разрыв между теоретическими знаниями и практическими умениями студентов, требуемыми на рынке труда.	Модернизация образовательных программ техникума с акцентом на практико-ориентированное обучение и развитие IT-компетенций.
Недостаточное использование потенциала ЦЦОД «IT-куб» для решения задач профориентации и непрерывного образования.	Расширение спектра образовательных программ «IT-куба» для школьников и студентов, организация совместных проектов и мероприятий.
Слабое взаимодействие между школами, техникумом и предприятиями-партнерами в вопросах профориентации и трудоустройства.	Развитие сетевого взаимодействия и партнерства для создания единой профориентационной среды.

Учитывая эти данные, появилась необходимость в создании программы, направленной на структурирование профориентационной деятельности по популяризации профессий в сфере IT, организации обучающих курсов, адаптированных под запросы работодателей и создании конкретной программы по обновлению системы профессиональной ориентации учащихся школ и обеспечение непрерывного профессионального развития студентов техникума.

Целью программы стало создание эффективной и современной системы профориентации и непрерывного образования, обеспечивающей формирование у школьников осознанного выбора будущей профессии, а у студентов техникума – углубленных знаний и практических умений, востребованных на рынке труда, с акцентом на IT-сферу.

Опираясь на анализ текущего состояния и обозначенную цель, данная программа призвана стать катализатором позитивных изменений в сфере профориентации и образования в Ясногорском районе. Реализация проекта подразумевает комплексный подход, включающий в себя модернизацию образовательных программ, развитие партнерских отношений и создание благоприятной среды для раскрытия талантов молодежи.

Основные задачи проекта:

1. Разработка и внедрение инновационных методик и инструментов профориентации для школьников, разработка плана профориентационных мероприятий.
2. Участие во Всероссийских профориентационных проектах в качестве базовой организации.

3. Расширение спектра дополнительных общеобразовательных (общеразвивающих) программ технической направленности ЦЦОД «IT-куб» для школьников и студентов, включая курсы по программированию, робототехнике, 3D-моделированию, VR/AR-технологиям, кибербезопасности и другим актуальным направлениям.

4. Создание системы наставничества с привлечением опытных IT-специалистов (в том числе выпускников техникума).

5. Развитие сетевого взаимодействия с образовательными организациями (школами, колледжами, вузами) и предприятиями-партнерами.

6. Повышение квалификации педагогических работников в области профориентации и цифровых технологий.

7. Оценка эффективности реализации проекта и внесение необходимых корректировок.

Для разработки эффективной стратегии и достижения поставленной цели при реализации программы был проведен SWOT-анализ, который позволил выявить ключевые факторы успеха и потенциальные риски при реализации программы (таблица 2). Анализ внешних и внутренних факторов показал, что решающее значение имеют внутренние ресурсы и инновационные подходы, направленные на активную популяризацию цифровых компетенций и развитие профориентационной работы в Ясногорском районе.

Реализация программы по модернизации профориентации и непрерывного образования на базе ГПОУ ТО «Ясногорский технологический техникум» и ЦЦОД «IT-куб» позволяет решить ключевые проблемы современного образования: сократить разрыв между теорией и практикой, повысить цифровую грамотность и мотивацию учащихся к освоению IT-специальностей.

Таблица 2

SWOT-анализ программы по модернизации системы ранней профориентации школьников и непрерывного образования студентов в техникуме на базе центра цифрового образования детей «IT-куб»

Внутренняя среда программы	**Сильные стороны**	**Слабые стороны**
	- Наличие современной материально-технической базы ЦЦОД «IT-куб». - Квалифицированный педагогический коллектив. - Поддержка руководства техникума и органов управления образованием. - Наличие партнерских связей с образовательными организациями и предприятиями Ясногорского района. - Востребованность IT-специалистов на рынке труда. - Гибкость и адаптивность образовательных программ.	- Недостаточная информированность школьников и родителей о возможностях ЦЦОД «IT-куб». - Ограниченная численность преподавателей с высокой квалификацией в области IT. - Трудности с привлечением IT-специалистов из крупных городов для проведения мастер-классов.
Внешняя среда программы	**Возможности**	**Угрозы**
	- Привлечение информационной инфраструктуры министерства образования Тульской области для трансляции проекта на региональном уровне. - Расширение архитектуры проекта на подведомственные профессиональные образовательные организации.	- Новые направления в государственной политике профессионального образования. - Уменьшение объема бюджетных средств и ассигнований. - Устаревание материально-технической базы.

	- Развитие сетевого взаимодействия с другими образовательными организациями, предприятиями и IT-компаниями на территории Тульской области. - Участие в федеральных и региональных программах по профориентации и развитию цифровой экономики. - Привлечение спонсорской помощи от реального сектора экономики. - Использование дистанционных образовательных технологий. - Популяризация IT-профессий через СМИ и социальные сети.	- Отток квалифицированных кадров с социально-экономически привлекательные и перспективные регионы. - Снижение интереса школьников к IT-профессиям.

Программа обеспечивает непрерывную образовательную траекторию – от профориентации школьников до трудоустройства выпускников – и укрепляет партнерство между учебными заведениями и работодателями. Ее внедрение повышает конкурентоспособность молодежи на рынке труда и способствует развитию цифровой экономики в регионе. Программа обладает потенциалом для масштабирования в других субъектах РФ.

Библиографический список

1. Гребнева, Д. М. Социализация и профориентация обучающихся в условиях информационного общества посредством контекстного подхода к обучению информатике / Д. М. Гребнева, М. В. Мащенко // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 4. – С. 29. – URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=29977.

2. Ковнир, Е. В. Цифровые решения ИТ-сферы как актуальные составляющие профориентации школьников в ответ на вызовы цифровой современности / Е. В. Ковнир, Е. А. Самохвалова // Информатика в школе. – 2025. – № 6. – С. 6–14.

3. Козленкова, Е. Н. Современные подходы к реализации профориентационных дополнительных образовательных программ / Е. Н. Козленкова, П. Ф. Кубрушко // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 28-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 23–24 мая 2023 года. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2023. – С. 137–140.

4. Приказ Минпросвещения России от 31 августа 2023 г. № 650 «Об утверждении Порядка осуществления мероприятий по профессиональной ориентации обучающихся по образовательным программам основного общего и среднего общего образования» (Зарегистрировано в Минюсте России 5 октября 2023 г. № 75467) / Банк документов. Министерство просвещения РФ. – URL: https://docs.edu.gov.ru/document/53d3c69503ab48125815993c075256b0/

5. Прогноз развития системы профессиональной ориентации в условиях цифровой трансформации / И. С. Сергеев, Д. А. Махотин, В. Н. Пронькин, Н. Ф. Родичев // Педагогика. – 2021. – № 7. – С. 5–19.

6. Хеннер, Е. К. Педагогическое сопровождение профессионального самоопределения старшеклассников на ИТ-профессии / Е. К. Хеннер // Образование и наука. – 2021. – Т. 23, № 8. – С. 37–60.

7. Чистякова, С. Н. Профессиональное самоопределение учащихся: проблемы и решения / С. Н. Чистякова // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2015. – Т. 2 (18). – С. 118–122.

УДК 377.1;377.016

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ ЗАНЯТИЙ В МЭШ КАК ИНСТРУМЕНТА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «КОЛЛЕДЖ – ПРЕДПРИЯТИЕ»

Грязнева Светлана Андреевна, *преподаватель, методист ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», griazneva.svetl@yandex.ru*

Научный руководитель – ***Назарова Людмила Ивановна,*** *к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, nazarova@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье рассматривается потенциал сценариев учебных занятий, разработанных в среде Московской электронной школы (МЭШ) как эффективного инструмента научно-методического сопровождения практической подготовки студентов. Проанализирована структура сопровождения в условиях сетевого взаимодействия профессиональной образовательной организации с предприятиями-партнерами на примере реализации программ по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения».*

Ключевые слова: *Московская электронная школа (МЭШ), сценарий учебного занятия, научно-методическое сопровождение практической подготовки, сетевое взаимодействие.*

Система среднего профессионального образования (СПО) в настоящий момент находится в стадии активной трансформации, ключевым вектором которой является усиление практико-ориентированности подготовки кадров. В соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами СПО, в том числе по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения», практическая подготовка обучающихся рассматривается как обязательный компонент образовательного процесса, направленный на формирование у студентов профессиональных компетенций, востребованных на реальном производстве. Эффективность данной подготовки напрямую зависит от успешности реализации сетевого взаимодействия между колледжем и предприятиями-партнерами, которое позволяет синхронизировать содержание образования с актуальными запросами бизнеса.

В этих условиях особую значимость приобретает поиск новых инструментов научно-методического сопровождения практической подготовки, способных обеспечить единство теоретического обучения и практической деятельности в рамках сетевого партнерства. Одним из таких перспективных инструментов, на наш взгляд, выступают сценарии учебных занятий, разрабатываемые на платформе «Московская электронная школа» (МЭШ).

Теоретико-методологическую основу нашего исследования составляют работы, посвященные трем ключевым аспектам: цифровой трансформации профессионального образования, организации сетевого взаимодействия и научно-методическому сопровождению практической подготовки.

Значительный вклад в развитие концепции применения цифровых образовательных платформ в профессиональной школе внесли исследования О. Ю. Заславской, С. В. Кац и Д. А. Махотина. В своей работе, посвященной анализу уроков технологии на портале МЭШ, авторы выявили причины популярности различных типов сценариев, представили их

типологию, а также описали модель и этапы разработки и проектирования уроков с использованием ресурсов платформы. Эти выводы создают базу для понимания дидактического потенциала МЭШ в контексте СПО [3].

Большим потенциалом для совершенствования практической подготовки студентов обладают электронные кейсы и компетентностно-ориентированные задачи и задания из реальной производственной практики [4, 7].

Проблематика сетевого взаимодействия как эффективного механизма формирования профессиональных компетенций у обучающихся колледжей нашла отражение в трудах Д. В. Колесникова и О. А. Терентьевой. Авторы обобщили опыт взаимодействия между ГАПОУ СО УРТК им. А. С. Попова и промышленными предприятиями Госкорпорации «Росатом», убедительно доказав, что сетевое партнерство позволяет не только обновить материально-техническую базу, но и значительно повысить качество подготовки специалистов [6].

В процессе исследования научно-методического сопровождения практической подготовки, реализуемого в формате партнерства колледжа и предприятия, нами обоснована структура такого сопровождения, выделены его ключевые компоненты, включающие нормативно-правовой, организационно-содержательный и методический аспекты. Развивая эту идею, отметим, что современные цифровые инструменты, в частности сценарии МЭШ, могут стать важнейшим элементом методического блока данной структуры [1, 2].

Наконец, вопросы синхронизации образовательной деятельности колледжей с запросами бизнеса подробно рассматриваются в публикациях, посвященных механизмам взаимодействия с индустриальными партнерами. Так, В. В. Кольга и М. А. Шувалова разработали механизмы совершенствования практической подготовки специалистов, переработки содержания рабочих программ дисциплин и практик, что позволило повысить процент трудоустройства выпускников на профильные предприятия высокотехнологичного сектора [6].

Таким образом, теоретический анализ показывает, что проблема научно-методического сопровождения практической подготовки в условиях сетевого взаимодействия является комплексной и многоаспектной, а ее решение лежит на стыке цифровой дидактики, педагогики сотрудничества и организации производственного обучения.

Специальность 15.02.16 «Технология машиностроения» относится к приоритетным направлениям подготовки кадров для обрабатывающей промышленности. Область профессиональной деятельности выпускников включает разработку и внедрение технологических процессов производства продукции машиностроения, организацию работы структурного подразделения. Практическая подготовка по данной специальности реализуется в форме учебной и производственной практик и предполагает формирование у студентов таких компетенций, как разработка технологических процессов изготовления деталей, выбор технологического оснащения, программирование оборудования с числовым программным управлением и других.

Опытно-экспериментальная работа по внедрению сценариев занятий в МЭШ как инструмента научно-методического сопровождения практической подготовки проводилась на базе ГАПОУ ПК № 8 им. И. Ф. Павлова. Педагогическим коллективом колледжа были разработаны специализированные сценарии занятий, интегрирующие теоретический материал с заданиями, имитирующими реальные производственные ситуации на предприятиях-партнерах. Создание сценариев осуществлялось с использованием конструктора учебных занятий в библиотеке МЭШ, который предоставляет пошаговый интерфейс и встроенные методические подсказки, что позволяет педагогам методически грамотно проектировать структуру занятия. При научно-методическом сопровождении со стороны методистов, сценарии прошли процедуру апробации и получили возможность использования в образовательном процессе.

Разработанные сценарии включают в себя несколько ключевых модулей, соответствующих этапам профессиональной деятельности техника-технолога: модуль анализа конструкторско-технологической документации, модуль проектирования операций технологического процесса, модуль выбора и расчета режимов резания и модуль контроля качества изготовленной детали. Каждый модуль содержит теоретический блок, видеоинструкции, подготовленные с участием наставников с предприятий, и практические задания, выполнение которых требует обращения к справочным системам и нормативной документации, используемым на реальном производстве.

Апробация разработанных сценариев проводилась силами четырех колледжей г. Москвы, что позволило подтвердить их эффективность и воспроизводимость в различных образовательных условиях. В процессе апробации был организован сбор обратной связи от педагогов, использовавших предложенные сценарии в своей практике (рис. 1). Обобщение полученных ответов показало, что подавляющее большинство респондентов высоко оценивают качество сценариев, отмечая их выраженную практико-ориентированность, связь с реальными производственными задачами и методическую проработанность структуры. Вместе с тем в ряде случаев педагоги указали на наличие временных затруднений: запланированные в сценарии этапы занятия (в особенности выполнение практических кейсов, работа с конструкторской документацией и проведение промежуточной рефлексии) требовали больше времени, чем отводилось на их реализацию в рамках стандартного академического часа. Данный факт свидетельствует о необходимости дальнейшей оптимизации временных параметров сценариев с учетом реальной скорости выполнения заданий студентами в условиях как очной, так и смешанной форм обучения.

Рис. 1. Возникающие трудности при апробации сценариев

Результаты апробации в целом свидетельствуют о положительной динамике в формировании профессиональных компетенций студентов. Проведенное исследование позволяют сделать вывод о том, что сценарии занятий в МЭШ являются действенным инструментом научно-методического сопровождения практической подготовки студентов СПО в условиях сетевого взаимодействия «колледж – предприятие». Их использование способствует решению ключевой задачи современного профессионального образования – преодолению разрыва между теорией и практикой, обеспечивая интеграцию академических знаний с реальными производственными задачами.

На основе полученных результатов можно сформулировать следующие практические рекомендации для профессиональных образовательных организаций:

1. Вовлечение предприятий-партнеров в разработку содержания: при проектировании практико-ориентированных заданий и кейсов для сценариев необходимо участие представителей предприятий, которые могут выступать в качестве консультантов и экспертов, предоставляя актуальные производственные задачи и документацию.

2. Сценарии занятий должны быть органично встроены в общую систему наставничества на предприятии, предусматривая возможность совместного (преподаватель колледжа + наставник от предприятия) анализа результатов их выполнения студентами.

3. Для эффективного использования конструктора сценариев МЭШ необходимо проводить целенаправленное обучение педагогов СПО, формируя у них компетенции в области проектирования электронных образовательных ресурсов.

Реализация данных рекомендаций будет способствовать дальнейшему развитию системы научно-методического сопровождения практической подготовки, повышению качества профессионального образования и укреплению партнерских связей между колледжами и высокотехнологичными предприятиями.

Библиографический список

1. Грязнева, С. А. Педагогические условия модернизации практической подготовки студентов Политехнического колледжа / С. А. Грязнева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 69–75.

2. Грязнева, С. А. Структура научно-методического сопровождения практической подготовки студентов колледжа в условиях сетевого взаимодействия / С. А. Грязнева, Л. И. Назарова // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 29-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2024 года. – Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2024. – С. 178–182.

3. Заславская, О. Ю. Подходы к описанию модели проектирования сценариев уроков по технологии на портале «Московской электронной школы» / О. Ю. Заславская, С. В. Кац, Д. А. Махотин // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2019. – № 4 (50). – С. 64–72.

4. Козленкова, Е. Н. Использование электронных кейсов как средства обеспечения практико-ориентированной подготовки будущих специалистов / Е. Н. Козленкова, М. И. Некрасова // Международный научный журнал. – 2024. – № 5 (98). – С. 145–155.

5. Колесников, Д. В. Сетевое взаимодействие как эффективный инструмент формирования компетенций у обучающихся колледжа в условиях модернизации системы образования / Д. В. Колесников, О. А. Терентьева // Актуальные проблемы модернизации профессионального образования: прогнозирование и возможности реализации : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 16 марта 2023 года / под редакцией Э. Ф. Зеера. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2023. – С. 59–63.

6. Кольга, В. В. Образовательные механизмы обеспечения кадровой потребности машиностроительных предприятий / В. В. Кольга, М. А. Шувалова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2025. – № 2 (246). – С. 100–108.

7. Шингарева, М. В. Принципы и критерии отбора содержания компетентностно-ориентированных задач по учебной дисциплине / М. В. Шингарева // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2014. – № 1 (61). – С. 113–115.

УДК 377.5:004.946

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

***Деев Михаил Олегович**, аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, mishadeev2000@mail.ru*

*Научный руководитель – **Шингарева Марина Валентиновна,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, shingareva@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Статья посвящена анализу трансформации дидактических основ образовательного процесса в условиях активного внедрения технологий искусственного интеллекта в систему профессионального образования. Предложена система дидактических принципов проектирования учебных материалов с использованием ИИ.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, профессиональное образование, дидактические принципы, промпт-инжиниринг, педагогические компетенции, ИИ-грамотность.*

Технологический прорыв в области искусственного интеллекта открывает новые перспективы для переосмысления образовательного процесса и его содержания. Использование данной технологии в системе профессионального образования уже сейчас позволяет рассматривать искусственный интеллект (ИИ) не как вспомогательный инструмент, а как полноправного участника учебной среды [3].

Данную концепцию подтверждают современные исследования, подчеркивающие все более усиливающуюся роль ИИ в отношениях «преподаватель – обучающийся» [6]. В настоящее время ИИ выступает третьим звеном в данной системе, во многом за счет расширения функций и возможностей, ранее доступных только человеку.

Увеличение роли данной технологии в цифровой образовательной среде предъявляет новые требования как к профессиональным компетенциям преподавателей, так и к дидактическим основам образовательного процесса – технологиям, методам, средствам и моделям обучения.

Цель исследования – проанализировать влияние технологий искусственного интеллекта на трансформацию дидактических основ образовательного процесса в системе профессионального образования.

Методы исследования – теоретический анализ и обобщение научных источников по проблеме применения искусственного интеллекта в образовательном процессе; сравнительный и содержательный анализ учебных заданий, разработанных с использованием технологий ИИ.

В современных электронно-цифровых условиях формируется новая группа ключевых составляющих ИИ-компетентности педагога:

1. Мотивационно-целевая – понимание дидактического потенциала ИИ, использование его для повышения уровня когнитивных задач и персонализации обучения.
2. Нормативно-правовая – знание законодательства в области ИИ в образовании, обучение студентов легальному использованию технологий.
3. Информационная безопасность – знание рисков утечек данных и киберугроз при работе с ИИ, умение обеспечивать безопасность и развивать критическое мышление у студентов.
4. Этическая – владение принципами академической этики, борьба с ИИ-плагиатом, объяснение моральных норм студентам.

5. Взаимодействие с ИИ (промпт-инжиниринг) – владение техниками формулирования запросов к ИИ, умение критически оценивать и адаптировать результаты для педагогических целей.

6. Обучение и контроль – знание инструментов ИИ для обучения дисциплине и контроля знаний, умение интегрировать их в процесс формирования компетенций.

7. Управление учебным процессом – организация смешанного обучения с внеаудиторной практикой ИИ, интеграция и проверка результатов на аудиторных занятиях.

8. Профессиональное развитие – постоянное освоение новых инструментов ИИ, построение персонализированного маршрута профессионального роста [5].

Современные исследования демонстрируют, что наиболее сложной для освоения является компетенция взаимодействия с ИИ (промпт-инжиниринг). Качество формулировки запроса напрямую влияет на точность, глубину и педагогическую ценность генерируемых ИИ результатов, что повышает значимость этого аспекта в общей компетенции педагога в области ИИ [5, 7].

Основными проблемами в формулировке запросов являются:

- недостаточная сформированность ИИ-грамотности;
- недостаток умений и навыков структурирования и формализации задач;
- повышенная когнитивная нагрузка и необходимость освоения новой логики взаимодействия;
- иллюзия простоты использования технологий искусственного интеллекта;
- недостаточная сформированность критического мышления при работе с результатами ИИ;
- недостаточная разработанность методик применения искусственного интеллекта в образовательной практике [2].

Эти трудности оказывают влияние не только на техническую сторону работы педагога с искусственным интеллектом, но и на дидактическую эффективность его использования в образовательном процессе. Недостаточный уровень ИИ-грамотности и навыков формулирования корректных запросов ограничивает возможности педагогов реализовать дидактический потенциал ИИ [1].

Особенно наглядно влияние качества формулировки запроса проявляется при сравнении результатов генерации учебных заданий. Даже при одинаковой предметной области и исходной теме различия в структуре и содержании запроса приводят к существенным отличиям в качестве получаемых материалов.

При слабоструктурированном запросе была сгенерирована задача абстрактного характера: «Сплав железа с углеродом содержит 1,2 % C (по массе). Используя диаграмму состояния Fe–Fe_3 C, проанализируйте фазовый состав, постройте кривую охлаждения и рассчитайте доли фаз». Такая задача, несмотря на полноту теоретического охвата, демонстрирует слабую практическую направленность и недостаточную связь с будущей профессиональной деятельностью студентов.

При структурированном запросе (с указанием специальности, контекста и типа задачи) получен иной результат: «На машиностроительном предприятии изготавливают метчики и плашки для нарезания резьбы из инструментальной углеродистой стали с содержанием углерода 1,15 % (аналог стали У12). В цех термической обработки поступила партия заготовок. Перед механической обработкой планируется провести полный отжиг». Эта задача органично встроена в профессиональный контекст машиностроительного предприятия: она включает рассмотрение режимов отжига, расчет долей перлита и цементита, анализ последствий перегрева. Задача обладает практической направленностью, оптимальным объемом и уровнем сложности, соответствующим подготовке студентов 2 курса, хорошо интегрирует знания с реальными производственными процессами (отжиг заготовок, механическая обработка режущего инструмента) и учитывает особенности специальности «Технология машиностроения».

Использование технологии ИИ актуализирует такие дидактические категории, как закономерности, принципы, содержание, методы и формы организации процесса обучения. ИИ обладает следующими дидактическими свойствами: самообучаемость; нелинейность; контекстность; адаптивность; интерактивность; высокая производительность; единый подход к анализу ипроектированию данных; сжатие/развертывание/перегенерирование/адаптация информации [4]. За счет этих свойств обеспечивается возможность проектирования: рабочих листов и печатных заданий; тестовых материалов различных типов и уровней сложности; карточек для индивидуальной и дифференцированной работы; планов-конспектов уроков; интерактивных презентаций; сценариев ролевых и деловых игр; чек-листов, памяток алгоритмов; инфографики; интерактивного учебника; схем и интеллект-карт.

На основе проведенного анализа выделены следующие дидактические принципы разработки учебных заданий с использованием ИИ.

Принцип верификации – обязательная тщательная проверка информации от ИИ с целью исключения фактических ошибок и недостоверных сведений. Ответственность преподавателя за корректность формулировок задач, исходных данных, нормативных ссылок и предполагаемых результатов.

Принцип контекстной генерации – ориентация не на абстрактную информацию от ИИ, а на конкретные данные профильных учебников, нормативно-технической документации и специализированной литературы. Использование реальных числовых значений, профессиональных терминов, связь с будущей профессиональной деятельностью.

Принцип доказательности – смещение акцента в формулировке заданий с получения итогового ответа на обоснование процесса решения. Минимизация формального копирования ответов и развитие аналитического мышления, проверка понимания, а не воспроизведения результата.

Принцип конкретности – фокус не на абстрактных формулировках по запросу в системе ИИ, а на верное указание номеров пунктов, подпунктов, статей, таблиц, графиков, схем. Предусматривает обращение к точным официальным определениям и формулировкам, закрепленным в нормативных документах и профильных источниках.

Принцип практико-ориентированности – включение заданий, требующих выполнения конкретных практических действий (лабораторные работы, сборка схем, проведение измерений). ИИ используется как вспомогательный инструмент, который помогает в анализе и алгоритме действий, но не выполняет операции на практике за студента.

Таким образом, искусственный интеллект становится активным элементом образовательной среды, трансформируя дидактические основы и требуя развития новых компетенций педагогов, среди которых ключевым и наиболее сложным является промпт-инжиниринг. Сравнительный анализ учебных заданий показал, что качество генерируемых материалов напрямую зависит от структурированности запросов. Недостаточный уровень ИИ-грамотности и навыков критической оценки результатов ИИ снижает дидактическую эффективность его применения. Предложенная система дидактических принципов проектирования учебных материалов позволяет повысить их качество и может использоваться при разработке методических рекомендаций и программ повышения квалификации.

Библиографический список

1. Даринская, Л. А. Цифровизация педагогической коммуникации в эпоху искусственного интеллекта: аналитический обзор / Л. А. Даринская, А. Н. Оськина // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2025. – Т. 10, № 12. – С. 2061–2071.

2. Лукинский, И. С. Промт-инжиниринг в образовательном процессе и научной деятельности, или К вопросу о необходимости обучения работе с искусственным

интеллектом / И. С. Лукинский, И. А. Горшенева // Психология и педагогика служебной деятельности. – 2024. – № 4. – С. 148–154.

3. Соломаха, Е. Н. Анализ применения искусственного интеллекта в профессиональном образовании / Е. Н. Соломаха, С. А. Зиновьева, Е. А. Коняева // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 86–2. – С. 288–290.

4. Сысоев, П. В. Дидактические свойства и методические функции нейросетей / П. В. Сысоев // Перспективы науки и образования. – 2024. – № 6 (72). – С. 672–690.

5. Сысоев, П. В. Компетенция современного педагога в области искусственного интеллекта: структура и содержание / П. В. Сысоев // Высшее образование в России. – 2025. – Т. 34, № 6. – С. 58–79.

6. Сысоев, П. В. Методика обучения учащихся и студентов написанию эссе в триаде «обучающийся – преподаватель – искусственный интеллект» / П. В. Сысоев, Е. М. Филатов // Вестник Московского университета. Серия 19: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2024. – № 2. – С. 38–54.

7. Walter, Y. Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education / Y. Walter // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2024. – Vol. 21. – Article 15.

УДК 378.147:004

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА К РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

***Жиляева Виктория Викторовна**, ассистент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, zhiliaeva.vika@yandex.ru*

*Научный руководитель – **Симан Алексей Сергеевич,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, s-lex-man@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается процесс формирования готовности преподавателей к профессионально-педагогической деятельности в электронной информационно-образовательной среде вуза. Представлены и содержательно раскрыты этапы формирования готовности преподавателей вуза к работе в электронной информационно-образовательной среде.*

***Ключевые слова:** электронная информационно-образовательная среда вуза, готовность преподавателей, процесс формирования готовности.*

В условиях стремительной цифровой трансформации высшего образования и регулярного использования в учебном процессе вуза электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) появляется необходимость формирования готовности профессорско-преподавательского состава (ППС) вуза к результативному использованию цифровых образовательных ресурсов (ЦОР) и цифровых образовательных сервисов (ЦОС) такой среды в профессионально-педагогической деятельности. Формирование готовности ППС к работе в ЭИОС является объективно необходимым условием повышения качества подготовки кадров в современных условиях, что обусловливается нормативными требованиями к реализации образовательного процесса, тенденциями развития цифровых технологий, системы высшего образования за счет внедрения в учебный процесс инновационных форм, методов и средств обучения.

Особая значимость в данном вопросе отводится последовательности (этапам) реализации формирования указанной готовности, определяющей логику и структуру данного процесса, что позволяет избежать фрагментарности подготовки и снижения мотивации ППС и, как следствие, игнорирования возможностей использования инструментального наполнения ЦОР и ЦОС ЭИОС в образовательной деятельности.

Для того чтобы определить, каким образом реализовать процесс формирования готовности преподавателей вуза к деятельности в ЭИОС, необходимо подробно рассмотреть данное понятие. Основополагающие составляющие дефиниции «готовность» включают не только потребность и желание личности выполнить какую-либо деятельность, но и обладание необходимыми знаниями и умениями по ее выполнению [1, 4]. В рассматриваемом процессе преподавателям вуза необходимо знать способы применения информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), компонентный состав ЭИОС образовательной организации, включающего конкретные ЦОР и ЦОС, и осуществлять с их помощью взаимодействие с обучающимися как в очном, так и опосредованном формате. Таким образом, понятие «готовность преподавателей вуза к работе в ЭИОС» раскрывается как интегративное качество личности, которое характеризуется совокупностью знаний, умений, навыков по применению ИКТ в педагогической деятельности, положительным отношением и мотивацией к использованию ЦОР и ЦОС, необходимых для планирования и реализации образовательного процесса в условиях специально созданной ЭИОС [2].

Процесс формирования готовности преподавателей вуза к работе в ЭИОС необходимо осуществлять в следующей логической последовательности:

1) на первом этапе – определить исходный уровень готовности ППС к работе в ЭИОС;

2) на втором этапе – обеспечить процесс обучения ППС по работе с компонентами ЭИОС конкретной образовательной организации и провести промежуточную аттестацию;

3) на третьем этапе – организовать диагностику освоенных знаний и умений по использованию ЦОР и ЦОС ЭИОС, необходимых для реализации взаимодействия со студентами в процессе обучения посредством ЭИОС.

Диагностика исходного уровня готовности ППС к работе в ЭИОС проводится с использованием специально разработанной анкеты, включающей вопросы:

- об осведомленности ППС о наличии федеральных и локальных нормативных документов, регламентирующих реализацию образовательной деятельности в условиях функционирования ЭИОС;
- о знании компонентов ЭИОС (конкретных используемых ЦОР и ЦОС в образовательной организации), их интеграции и возможностях использования инструментария;
- о применении отдельных ЦОР и ЦОС в профессионально-педагогической деятельности.

Процесс обучения ППС по работе с компонентами ЭИОС может осуществляться в рамках дополнительного профессионального образования преподавателей, направленного на освоение инструментария и функциональных возможностей ЭИОС [3, 5]. Программа должна включать в себя теоретические и практические занятия, в ходе которых изучаются архитектура ЭИОС, структура и методические аспекты применения ЦОР и ЦОС в учебном процессе. Необходимым условием реализации программы является ее сопровождение на базе электронного учебного курса в созданной в вузе ЭИОС.

Электронный учебный курс должен включать в себя модули, содержательно наполненные учебными и методическими материалами, позволяющими ППС освоить каждый из компонентов ЭИОС, провести практическую отработку умений и навыков по использованию ЦОР и ЦОС в условиях реализации образовательного процесса. Промежуточная аттестация проводится при помощи мониторинга образовательных результатов ППС.

Заключительный этап формирования готовности ППС вуза к работе в ЭИОС предполагает проведение итоговой диагностики, направленной на оценку уровня сформированности у ППС знаний и умений по использованию ЦОР и ЦОС, с помощью которых реализуется взаимодействие субъектов образовательных отношений в процессе обучения.

Диагностику необходимо проводить при помощи анкетирования, тестирования и оценки выполненных практических заданий, что позволит оценить, насколько повысился уровень сформированности готовности преподавателей к работе в ЭИОС.

Таким образом, представленные этапы формирования готовности преподавателей вуза к работе в ЭИОС обеспечат планомерную и последовательную подготовку, позволяющую ППС приобрести необходимые знания и умения для результативного взаимодействия со студентами в ЭИОС, что, в свою очередь, также будет способствовать адаптации ППС к современным образовательным вызовам и создаст условия для дальнейшего развития системы образования.

Библиографический список

1. Акимова, О. Б. Профессиональная готовность преподавателей к созданию электронного образовательного контента (на примере программ повышения квалификации) / О. Б. Акимова, В. А. Завьялова // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2020. – Т. 12, № 3 (49). – С. 71–80.

2. Жиляева, В. В. Содержание и структура готовности преподавателей вуза к работе в электронной информационно-образовательной среде / В. В. Жиляева // Российский научный вестник. – 2025. – № 3. – С. 294–298.

3. Кубрушко, П. Ф. Формирование цифровой компетентности преподавателя колледжа в процессе непрерывного образования / П. Ф. Кубрушко, М. В. Шингарева, Ю. А. Атапина // Вестник РМАТ. – 2021. – № 2. – С. 78–84.

4. Ломовцева, Н. В. Готовность преподавателей вуза к использованию дистанционных образовательных технологий / Н. В. Ломовцева, Е. В. Чубаркова // Вестник Университета Российской академии образования. – 2010. – № 2. – С. 54–56.

5. Симан, А. С. Цифровые технологии в образовании: преимущества, вызовы и перспективы / А. С. Симан // Российский научный вестник. – 2024. – № 12. – С. 205–208.

УДК 377:37.035.6

ТЕХНОЛОГИЯ «РАВНЫЙ – РАВНОМУ» В ПАТРИОТИЧЕСКОМ ВОСПИТАНИИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА

Зарочинцев Александр Вадимович, *преподаватель, руководитель студенческого клуба «СООБР» ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», zarochintsevav@edu.mos.ru*

Научный руководитель – ***Занфирова Лариса Вячеславовна,*** *к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, zanfirova@rgau-msha.ru*

Аннотация. *Статья посвящена вопросу организации патриотического воспитания в системе среднего профессионального образования. В качестве примера представлен опыт патриотического клуба «СООБР» ГАПОУ ПК № 8 им. И. Ф. Павлова, описаны организационно-педагогические условия реализации модели, ее основные этапы и направления деятельности.*

Ключевые слова: *патриотическое воспитание, технология «равный – равному»,*

военно-патриотический клуб, среднее профессиональное образование, воспитательная работа.

Система среднего профессионального образования (СПО), в которой обучается значительная часть молодежи в возрасте 15–19 лет, является важнейшим институтом формирования гражданской идентичности и ценностных ориентаций [5]. Качественно организованная воспитательная работа способствует формированию у студентов общекультурного мировоззрения, социального интеллекта, личностной зрелости [2–4]. В условиях современной геополитической ситуации особое значение приобретает такое направление воспитательной работы с подрастающим поколением, как патриотическое воспитание [6]. На законодательном уровне патриотическое воспитание закреплено в качестве приоритетного направления государственной политики. Указом Президента Российской Федерации утверждены «Основы государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей», где патриотизм и служение Отечеству определены в качестве базовых ценностей, лежащих в основе общероссийской гражданской идентичности [7].

Вместе с тем практика показывает, что традиционные формы патриотического воспитания (уроки мужества, лекции, возложение цветов) не всегда находят глубокий эмоциональный отклик у современных студентов. Молодежная аудитория характеризуется недоверием к формальным авторитетам, высокой критичностью к назидательным методам и потребностью в равноправном, доверительном диалоге [1].

В этих условиях особую значимость приобретает технология «равный – равному», при которой источником знаний и ценностных установок для студента выступает не преподаватель, а такой же студент, прошедший подготовку. Данный подход позволяет снять коммуникативные барьеры, повысить доверие к передаваемой информации и создать среду, где патриотические ценности не навязываются, а «присваиваются» через опыт сверстника.

Особый интерес представляет практика подготовки из числа самих студентов инструкторов, способных транслировать знания, умения и навыки в области безопасности, начальной военной подготовки и патриотических ценностей младшим курсам в рамках внеурочной деятельности и учебных занятий.

Технология «равный – равному» в образовательной практике представляет собой организованное взаимодействие обучающихся, при котором один из них (инструктор, волонтер, наставник), прошедший специальную подготовку, передает знания, формирует установки и способствует выработке навыков среди равных себе по возрасту и социальному статусу.

Ключевыми характеристиками данной технологии выступают:

1. *Горизонтальный характер коммуникации.* Отсутствие иерархии «учитель-ученик» снимает психологические барьеры, повышает доверие и создает безопасную среду для обсуждения сложных тем, включая вопросы воинского долга, безопасности и патриотизма.

2. *Эффект социального доказательства.* Студенты склонны ориентироваться на поведение и ценности референтной группы сверстников; когда авторитетный старшекурсник демонстрирует патриотическую позицию и компетентность, это оказывает большее влияние, чем аналогичные призывы преподавателя.

3. *Развивающий потенциал для самих инструкторов.* Процесс подготовки и трансляции знаний способствует развитию лидерских качеств, коммуникативных навыков, ответственности и рефлексии – востребованных soft skills будущих специалистов.

В контексте патриотического воспитания технология «равный – равному» позволяет решить две взаимосвязанные задачи: во-первых, повысить эффективность передачи знаний и ценностных установок студенческой аудитории; во-вторых, создать систему

непрерывного воспроизводства актива патриотической направленности через подготовку новых инструкторов из числа наиболее мотивированных обучающихся.

Предлагаемая технология подготовки инструкторов из числа студентов базируется на системном взаимодействии учебной дисциплины «Основы безопасности и защиты Родины» (ОБЗР) и внеурочной деятельности ВПК «СООБР». Организационная структура программы подготовки включает четыре последовательных этапа.

Первый этап: рекрутинг и первичный отбор кандидатов в инструкторы. Ежегодно в начале учебного года среди студентов 1–2 курсов проводится информационная кампания о деятельности Клуба. К участию приглашаются студенты, проявившие интерес к военно-прикладным видам деятельности, физической подготовке и патриотической тематике. Критериями отбора выступают: мотивация, отсутствие медицинских противопоказаний к физическим нагрузкам, базовый уровень дисциплинированности. При этом особое внимание уделяется студентам, ранее участвовавшим в деятельности «Движения Первых» или волонтерских проектов.

Второй этап: базовая подготовка в составе ВПК «СООБР». Отобранные студенты становятся членами Клуба и проходят программу начальной военно-патриотической подготовки, которая включает:

- тактическую и огневую подготовку (в том числе на базе учебного тира Колледжа);
- основы оказания первой помощи в условиях, приближенных к боевым;
- строевую подготовку и знаменную группу;
- изучение истории Вооруженных Сил РФ и символов воинской чести.

Программа второго этапа подготовки рассчитана на один учебный год и предполагает регулярные занятия 2 раза в неделю. По итогам обучения члены Клуба принимают участие в показательных выступлениях, конкурсах знаменных групп и военно-патриотических фестивалях.

Третий этап: отбор в инструкторскую группу и освоение модуля «Методика работы равного инструктора». На втором году обучения из числа наиболее успешных и мотивированных членов Клуба формируется группа кандидатов в инструкторы (не более 5–10 человек в год). Они проходят дополнительную программу, включающую:

- психолого-педагогические основы взаимодействия со сверстниками;
- методику проведения групповых занятий и мастер-классов по тематике ОБЗР и военно-прикладной подготовке;
- техники публичных выступлений и аргументации;
- безопасность при проведении занятий с младшими курсами;
- отработку навыков инструктирования на практических занятиях под наблюдением руководителя Клуба.

По завершении третьего этапа студенты сдают квалификационный экзамен, включающий теоретическую часть и проведение пробного занятия для студентов младших курсов. Успешно прошедшие аттестацию получают статус инструктора ВПК «СООБР».

Четвертый этап: практическая деятельность инструкторов и трансляция знаний. Подготовленные студенты-инструкторы приступают к самостоятельной работе по следующим направлениям:

1. Проведение занятий в рамках дисциплины ОБЗР для студентов 1–2 курсов. В соответствии с учебным планом инструкторы привлекаются к проведению практических модулей: надевание средств индивидуальной защиты, сборка-разборка автомата Калашникова, оказание первой помощи, основы тактической медицины. Присутствие на занятии преподавателя обязательно, но ведущая роль в практической части отводится инструктору, что повышает вовлеченность студентов младших курсов и создает позитивный эмоциональный фон.

2. Организация и проведение внеурочных мероприятий военно-патриотической направленности: военно-спортивные игры «Зарница», квесты, посвященные памятным

датам военной истории России, конкурсы знаменных групп, показательные выступления для студентов и школьников.

3. Наставничество в рамках Клуба. Инструкторы закрепляются за группами новых членов ВПК «СООБР», помогая им адаптироваться к режиму занятий, осваивать базовые навыки и интегрироваться в коллектив.

4. Участие в городских и всероссийских патриотических проектах. Инструкторы представляют Колледж на слетах, форумах и соревнованиях, транслируя накопленный опыт и подтверждая высокий уровень подготовки.

Таким образом, технология подготовки инструкторов выстраивается как воспроизводящаяся система: ежегодно Колледж готовит новых инструкторов, которые, в свою очередь, через год передают знания и ценности следующему поколению студентов. Тем самым обеспечивается непрерывность и преемственность патриотической работы.

Ключевым фактором эффективности представленной технологии является тесная связь внеурочной деятельности Клуба и обязательной учебной дисциплины «Основы безопасности и защиты Родины». Преподаватель ОБЗР, выступая одновременно в роли руководителя Клуба (в Колледже эти функции совмещены в одном лице), организует процесс таким образом, что подготовка инструкторов в Клубе напрямую соответствует тематическим модулям учебной программы ОБЗР.

Такая интеграция позволяет решить несколько задач:

- повысить практико-ориентированность обучения по ОБЗР за счет использования инструкторов как дополнительного человеческого ресурса;

- обеспечить для инструкторов возможность профессионального самоопределения и пробы сил в педагогической деятельности, что для многих становится первым шагом к выбору профессии преподавателя-организатора ОБЗР или службы в силовых структурах.

Анализ деятельности ВПК «СООБР» и подготовленных инструкторов за последние три года позволила зафиксировать следующие позитивные изменения.

Во-первых, повысилась вовлеченность студентов первого года обучения в патриотические мероприятия. Студенты отмечают, что общение со старшекурсниками создает более комфортную и доверительную атмосферу, снижает страх допустить ошибку при отработке технически сложных действий (например, при сборке-разборке оружия или надевании общевойскового защитного комплекта).

Во-вторых, сформирована устойчивая система воспроизводства актива патриотической направленности.

В-третьих, наблюдается положительная динамика показателей физической и военно-прикладной подготовленности студентов-инструкторов. В 2025 году команда ВПК «СООБР» стала победителем конкурса знаменных групп Колледжа и успешно выступила на городском военно-патриотическом фестивале.

В-четвертых, технология способствует профилактике асоциальных явлений. Участие в Клубе и получение статуса инструктора выступают для студентов значимым социальным лифтом, повышают самооценку и ответственность. За три года наблюдения в Колледже не зафиксировано случаев противоправного поведения или отчисления по негативным основаниям среди членов инструкторской группы.

Библиографический список

1. Грязнева, С. А. Студенческое самоуправление в системе среднего профессионального образования / С. А. Грязнева // Социально-гуманитарные проблемы образования и профессиональной самореализации (Социальный инженер-2020) : сборник материалов Всероссийской конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 07–10 декабря 2020 года. Часть 1. – Москва : Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2020. – С. 106–110.

2. Занфирова, Л. В. Роль патриотического воспитания в формировании общекультурного мировоззрения студентов аграрного вуза / Л. В. Занфирова, Т. В. Ягупова // Доклады ТСХА : материалы международной научной конференции, Москва, 05–07 декабря 2017 года. – Выпуск 290, часть 3. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2018. – С. 383–385.

3. Коваленок, Т. П. Исследование личностной зрелости студентов в контексте компетентностного подхода / Т. П. Коваленок // Международный научный журнал. – 2019. – № 4. – С. 82–88.

4. Коваленок, Т. П. Особенности моральных суждений и социального интеллекта студентов / Т. П. Коваленок // Психология и право. – 2015. – Т. 5, № 1. – С. 49–57.

5. Косырев, В. П. Концепция развития системы социально-педагогической профилактики детского и семейного неблагополучия / В. П. Косырев, Е. Н. Козленкова // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2010. – № 3 (42). – С. 75–78.

6. Патриотическое воспитание в современной России / А. Ю. Нагорнова, Л. В. Степаненко, Р. К. Стерледев [и др.]. – Ульяновск : ИП Кеньшенская В. В., 2024. – 236 с.

7. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 г. № 809. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/48502.

УДК 377.018.48

РЕШЕНИЕ СТУДЕНТАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КЕЙСОВ НА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ КАК СПОСОБ УСТРАНЕНИЯ РАЗРЫВА МЕЖДУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДОЙ И РЕАЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Мансимова Светлана Эйвазовна, *преподаватель ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», mansimovasvetlana@yandex.ru*
Павлов Виктор Павлович, *преподаватель ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», pavlovvp1@edu.mos.ru*

Научный руководитель – ***Собина Евгения Павловна,*** *к.п.н., преподаватель кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, методист ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж имени А. А. Николаева», evgeniya.sobina.1996@mail.ru*

Аннотация. *Обоснована эффективность применения профессиональных кейсов на учебной практике студентов специальности 15.02.09 Аддитивные технологии в ГАПОУ ПК № 8 им. И. Ф. Павлова. Решение студентами реальных производственных задач способствует формированию у них умений и навыков диагностики, выбора технологических параметров и постобработки изделий. Интеграция кейс-технологий в сетевое взаимодействие помогает устранить разрыв между образовательной средой и реальным производством.*

Ключевые слова: *учебная практика, профессиональные кейсы, аддитивные технологии, политехнический колледж, сетевое взаимодействие.*

Подготовка квалифицированных кадров в области аддитивных технологий (специальность 15.02.09 Аддитивные технологии) предъявляет особые требования к практико-ориентированному обучению. Современные промышленные предприятия внедряют 3D-печать для прототипирования, мелкосерийного производства и ремонта

деталей. Однако выпускники колледжей часто сталкиваются с разрывом между лабораторными умениями навыками и реальными производственными задачами: выбором режимов печати под конкретную геометрию, оценкой экономической целесообразности, постобработкой изделий [3].

Согласно Приказу Министерства науки и высшего образования РФ и Министерства просвещения РФ от 5 августа 2020 г. № 885/390, «практическая подготовка – это форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций» [5]. Ведущим компонентом практической подготовки выступают учебные и производственные практики, направленные на закрепление и углубление полученных студентами знаний, а также приобретение ими необходимых умений и навыков практической работы по специальности [1, 7].

Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова в рамках обучения по специальности 15.02.09 Аддитивные технологии внедрил в учебную практику (ПМ.02) решение профессиональных кейсов на базе предприятий-партнеров и учебно-производственных мастерских. Дуальная система как модель профессиональной подготовки позволяет преодолеть рассогласованность производственной и образовательной сфер в вопросах подготовки профессиональных кадров [2]. Сетевое взаимодействие, закрепленное в ст. 15 Федерального закона №273-ФЗ, открывает множество возможностей для взаимовыгодного сотрудничества образовательных организаций и предприятий-партнеров. Кейсы представляют собой описание реальной производственной ситуации, содержащей проблему, ограниченные ресурсы (время, материал, тип принтера) и запрос заказчика. Изучая реальные или приближенные к реальным профессиональные ситуации, студенты готовятся к будущей профессиональной деятельности, оценивают свои интересы и предпочтения, изучают требования работодателей на рынке труда [4].

Основные типы кейсов, используемых на учебной практике:

- технологический кейс: подбор параметров печати (слой, температура, скорость) для детали с заданными механическими свойствами;
- конструкторский кейс: доработка CAD-модели для устранения необходимости поддержек;
- экономический кейс: сравнение затрат на FDM-печать, SLA-печать и литье под давлением при партии 10–100 шт.;
- диагностический кейс: анализ брака (деформация, расслоение, непроплав) и корректировка постпроцессора.

В таблице 1 представлено сравнение традиционного подхода к учебной практике и кейс-метода в контексте сетевого взаимодействия колледжа и предприятий-партнеров. Очевидно, что сетевое взаимодействие открывает ряд широких возможностей для совершенствования организационно-методического обеспечения учебной и производственной практик, в том числе разработки учебно-методического сопровождения совместно с организациями-партнерами [1, 6].

Таблица 1

Сравнительная характеристика традиционной практики и практики с использованием кейсов

Параметр	Традиционная практика (наблюдение)	Практика с решением кейсов
Характер деятельности	Пассивный, исполнительский	Активный, аналитический
Связь с производством	Формальная экскурсия	Реальная задача от предприятия

Формируемые навыки	Работа по инструкции	Диагностика, выбор решения
Оценка результата	Отчет о наблюдении	Презентация решения, прототип изделия
Роль мастера/наставника	Контроль	Фасилитация, экспертная поддержка
Участие работодателя	Минимальное	Полноправное партнерство

Апробация проводилась на учебной практике студентов 3-го курса (группа 31 АДТ) в период февраль – март 2026 г. Предприятием-партнером выступило ООО «Эра3Д» (г. Москва) – предприятие, входящее в перечень партнеров колледжа по укрупненной группе специальностей 15.00.00 Машиностроение. Студентам был предложен кейс «Разработка и изготовление 10 прототипов корпусной детали для сборочного узла с ограничением по массе 15 г и стоимостью материала не более 200 руб./шт.». Результаты выполнения кейса отражены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты решения производственного кейса студентами специальности 15.02.09 Аддитивные технологии

Критерий оценки	Доля студентов, справившихся с поставленной задачей, %	Средний балл (0–10)
Правильность выбора технологии печати (FDM/SLA/SLS)	86	8,2
Обоснование ориентации детали и поддержек	91	8,7
Соответствие заданным массогабаритным параметрам	77	7,5
Экономический расчет (стоимость 10 шт.)	82	7,9
Качество постобработки и допуски	73	7,0

По итогам практики 68 % студентов отметили, что решение кейсов помогло им понять логику принятия решений в реальном производстве, а не просто следовать алгоритму программного продукта. 54 % заявили, что столкнулись с факторами, не моделируемыми в лаборатории (влажность филамента, нестабильность стола, брак первой партии). Три лучшие решения были рекомендованы предприятием для опытной эксплуатации.

Мастера производственного обучения указали на снижение формализма в отчетах: студенты стали аргументировать выбор параметров печати ссылками на свойства материала и геометрию детали. Вместе с тем, признавая огромную значимость практической подготовки, важно учитывать и риски, связанные с нестабильной экономической ситуацией и необходимостью дополнительных временны*х* затрат педагогических работников на формирование сетевых образовательных программ.

Таким образом, решение профессиональных кейсов на учебной практике студентов специальности 15.02.09 Аддитивные технологии в Политехническом колледже № 8 им. И. Ф. Павлова доказало свою эффективность в устранении разрыва между образовательной средой и реальным производством. Как показал анализ, дуальная система обучения в сочетании с сетевым взаимодействием и кейс-технологиями позволяет в значительной мере преодолеть рассогласованность производственной и образовательной сфер. Для дальнейшей работы по решению этой проблемы рекомендуется расширять банк кейсов по металлообработке и постобработке, а также привлекать заказчиков из числа малых инновационных предприятий.

Библиографический список

1. Грязнева, С. А. Педагогические условия модернизации практической подготовки студентов Политехнического колледжа / С. А. Грязнева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 69–75.
2. Грязнева, С. А. Традиционные и инновационные подходы к организации практической подготовки студентов / С. А. Грязнева, Л. И. Назарова // Международный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 143–152.
3. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие для вузов / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. – 326 с.
4. Козленкова, Е. Н. Использование электронных кейсов как средства обеспечения практико-ориентированной подготовки будущих специалистов / Е. Н. Козленкова, М. И. Некрасова // Международный научный журнал. – 2024. – № 5 (98). – С. 145–155.
5. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» (Зарегистрирован 11.09.2020 № 59778) / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: https://docs.cntd.ru/document/565697405.
6. Собина, Е. П. Интеграция демонстрационного экзамена и независимой оценки квалификации в системе государственной итоговой аттестации выпускников колледжа / Е. П. Собина // Международный научный журнал. – 2023. – № 4 (91). – С. 122–132.
7. Development trends in practical training of college students in the context of digital transformation of education / L. Nazarova, P. Kubrushko, A. Alipichev, S. Gryazneva // E3S Web of Conferences : 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness. – Rostov-on-Don : EDP Sciences, 2021. – Vol. 273. – P. 12059.

УДК 378.14.014.13

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ В ВУЗЕ: НЕОБХОДИМОСТЬ И ВОЗМОЖНОСТИ

Некрасова Маргарита Игоревна, *аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, shlikova.margarita@yandex.ru*

Научный руководитель – ***Козленкова Елена Николаевна,*** *к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kozlenkova28@mail.ru*

Аннотация. *В статье раскрывается сущность и особенности процесса профессионального становления будущего педагога, определены ключевые «зоны риска», обосновывается необходимость и возможности педагогического сопровождения профессионального становления будущих педагогов в условиях вуза.*

Ключевые слова: *педагогическое сопровождение, профессиональное становление, будущие педагоги, вуз, образование.*

Профессиональное становление педагога – один из самых сложных, многогранных и важных процессов в системе высшего образования. Качество его реализации определяет успешность всей профессиональной подготовки будущего педагога, уровень его компетенций и готовность к трудовой деятельности.

Согласно исследованиям Т.В. Кудрявцева, Л.В. Митиной, Е.М. Борисовой, и Н.В. Кузьминой, профессиональное становление – это длительный, многоуровневый и динамичный процесс развития личности: от первоначальных профессиональных намерений до полной самореализации в профессиональной деятельности [3]. В ходе этого процесса происходит не просто накопление знаний и навыков, но и прогрессивная трансформация личности: меняются профессиональные ценности, формируются профессионально значимые качества, индивидуальный стиль деятельности, развивается профессиональное самосознание и способность к непрерывному самосовершенствованию. При этом, как показывают исследования И. Ф. Исаева, С. Л. Фоменко, О. А. Кобловой, А. А. Бодалева, процесс профессионального становления будущего педагога носит стихийный и неравномерный характер: он включает периоды интенсивного роста и стагнации, которые служат точками перехода на новый уровень профессионализма. Особенно остро кризисные моменты проявляются на этапе перехода от теоретического обучения к педагогической практике [5]. В этой связи возникает необходимость в педагогическом сопровождении – особой форме поддержки студента, направленной не столько на контроль и коррекцию действий, сколько на создание условий для его самостоятельного, ответственного и осознанного профессионального развития [2].

Цель данной статьи – обосновать необходимость и возможности педагогического сопровождения профессионального становления будущих педагогов в вузе.

Прежде чем определить значение педагогического сопровождения, важно понять, с какими именно трудностями сталкивается студент педагогической специальности. Опираясь на идеи Г.С. Корытовой, Н.Е. Водопьяновой, Ю.П. Поваренкова, О.А. Черкасовой, Е. С. Старченковой о факторах дезадаптации, можно выделить несколько ключевых «зон риска»:

1. Кризис профессиональной идентичности. На первом курсе обучения студент часто задается вопросом: «Мое ли это? Способен ли я работать преподавателем?». В отличие от технических направлений, где успех оценивается количественно (по числу выполненных задач), в педагогике он определяется качественно – через эффективность взаимодействия с обучающимися, мотивацию, доверительные отношения и динамику их личностного развития. Это порождает неопределенность и сомнения в правильности выбора профессии.

2. Разрыв между академическими знаниями и реальной практикой. В вузе изучаются теоретические основы воспитания, педагогики и психологии. На практике студент сталкивается с шумным классом, сопротивлением обучающихся, а также с бюрократической нагрузкой. Этот разрыв становится причиной чувство беспомощности, подавленности и разочарования. Молодые специалисты, столкнувшись с несоответствием ожиданий и реальности, начинают сомневаться в своей компетентности.

3. Эмоциональное выгорание уже на этапе обучения. Педагогическая деятельность относится к профессии типа «человек-человек» (согласно типологии профессий Е. А. Климова), что изначально предполагает риск эмоционального истощения из-за воздействия ряда стрессогенных факторов: интенсивное общение, эмоциональная вовлеченность, высокие требования к саморегуляции. Воздействие этих факторов на студентов-педагогов уже в период обучения снижает мотивацию к будущей трудовой деятельности.

4. Несформированность навыков самоанализа и самооценки педагогической деятельности. Будущий педагог должен уметь анализировать свои действия, предвидеть их последствия и корректировать свое поведение. В отсутствие целенаправленного педагогического сопровождения процесс рефлексии зачастую носит несистематический и поверхностный характер [1].

Выявленные зоны риска подчеркивают актуальность организации процесса педагогического сопровождения, способствующего преодолению трудностей профессионального становления студентов и их успешной адаптации к будущей профессиональной деятельности.

В своих исследованиях М. И. Рожков, И. Ю. Вершинин, О. С. Газман, Н. В. Синицына, Е. А. Александрова, О. А. Титова понимают под педагогическим сопровождением процесс создания условий, необходимых для успешного обучения, воспитания и развития студентов. П. А. Эльканова рассматривает педагогическое сопровождение профессионального становления будущих педагогов как комплексную систему воспитательной работы, которая нацелена на формирование ценностного отношения к педагогической профессии, оказание индивидуальной помощи в профессиональном выборе и поддержку личностной самореализации студентов.

Ключевыми принципами педагогического сопровождения будущих педагогов в процессе их профессионального становления являются:

Принцип гуманистической направленности – предполагает направленность учебно-воспитательного процесса на раскрытие личностного потенциала будущего специалиста, при этом личность обучающегося рассматривается как наивысшая ценность.

Принцип культуросообразности – заключается в целенаправленном освоении педагогической культуры и усвоении общечеловеческих и социокультурных ценностей, которые становятся внутренними ориентирами личности.

Принцип целостности – обеспечивает гармоничное взаимодействие всех подсистем, компонентов и субъектов профессиональной подготовки, что создает условия для устойчивого и позитивного профессионального становления будущих педагогов.

Принцип субъектности – студент рассматривается как активный субъект собственного профессионального становления, а не как объект воспитательных воздействий.

Реализация перечисленных принципов в практике профессиональной подготовки будущих педагогов становится возможной через систему конкретных направлений педагогического сопровождения [4].

Выделим следующие направления педагогического сопровождения будущих педагогов: профилактика (предупреждение проблем в развитии, обучении и социализации), диагностика (выявление индивидуальных особенностей и динамики развития обучающихся), консультирование (оказание помощи студентам), развивающая работа (формирование потребности в новом знании и его реализации), коррекционная работа (преодоление недостатков психофизического развития), психологическое просвещение и образование (повышение психолого-педагогической компетентности всех участников образовательного процесса), профориентация (поддержка профессионального самоопределения и саморазвития обучающихся) [6].

Внедрение педагогического сопровождения в вузе требует временных ресурсов (отдельные часы в расписании), подготовленных кадров (не каждый преподаватель готов к осуществлению педагогического сопровождения), а также изменения позиции преподавателя – с транслятора знаний на участника процесса профессионального становления студента.

Однако можно определить следующие возможности педагогического сопровождения в процессе профессионального становления будущих педагогов:

1. Помощь в проектировании индивидуальной образовательной траектории. Педагог помогает студенту осознать свои сильные и слабые стороны в профессиональной подготовке, спроектировать индивидуальный план прохождения практик, выбрать тематику курсовых и дипломных работ.

2. Сопровождение в процессе прохождения педагогических практик. Ключевой момент профессионального становления – производственная практика в образовательной организации. Педагог и студент совместно анализируют проведенные учебные занятия, проектируют их, обсуждают сложные педагогические ситуации.

3. Педагогические сообщества и кружки по интересам. Организация встреч для неформального общения студентов, выпускников и работающих педагогов. Обмен опытом, совместный просмотр и обсуждение фильмов, затрагивающих тему обучения и воспитания,

чтение педагогической литературы. Подобные мероприятия способствуют формированию чувства принадлежности к профессиональному сообществу и выступают защитным механизмом против эмоционального выгорания.

4. Проведение мастер-классов, семинаров и тренингов. Участие студентов в профессионально ориентированных мероприятиях способствует развитию эмоционального интеллекта, совершенствованию навыков общения и умения грамотно разрешать нестандартные педагогические ситуации.

5. Организация индивидуальных и групповых встреч, на которых студенты разбирают сложные случаи из своей педагогической практики (ситуации неуправляемого класса, нарушение дисциплины, конфликт с обучающимся, неуверенность в методике преподавания для конкретного класса/темы). Такой подход в процессе педагогического сопровождения помогает студентам избавиться от ощущения собственной уязвимости и одиночества, фокусируясь на конструктивном разборе педагогической ситуации.

6. Интеграция элементов педагогического сопровождения в дисциплины «Педагогика», «Психология», «Методика профессионального обучения» посредством включения практических кейсов из реальной педагогической деятельности, направленных на развитие профессиональных (внутренних) мотивов выбора профессии, формирование общекультурных и общепрофессиональных компетенций, а также на обретение первоначального опыта педагогической деятельности в формате интерактивного обучения.

7. Организация профессионально-педагогического сопровождения в онлайн-формате (включая видеоконсультации, вебинары и чаты) для обеспечения своевременной обратной связи и оказания оперативной помощи в проблемных ситуациях.

8. Повышение мотивации к учебной деятельности студентов и акцентирование внимания на важности систематического расширения профессиональных знаний посредством привлечения их к участию во внутривузовских конкурсах, международных форумах, олимпиадах, чтениях и конференциях. Это позволит будущим педагогам закрепить интерес к выбранной профессии, а также будет способствовать профессиональному совершенствованию и саморазвитию.

9. Применение на учебных занятиях активных и интерактивных методов обучения, построенных на принципах творческого взаимодействия обучающихся с целью освоения специфики педагогической деятельности. К числу таких форм относятся: работа в малых группах, разнообразные форматы дискуссий, подготовка презентаций, решение профессионально-ориентированных заданий, разработка педагогических мини-проектов.

Таким образом, профессиональное становление будущего педагога – это не линейное накопление знаний, а сложный, длительный процесс профессионального развития. Он требует не эпизодических воспитательных воздействий, а системного педагогического сопровождения, построенного на принципах субъектности, целостности, гуманистической направленности и культуросообразности. Возможности педагогического сопровождения в вузе достаточно широки: от проведения консультаций и построения индивидуальной траектории профессионального развития до привлечения студентов к участию в профессионально ориентированных мероприятиях и созданию профессиональных сообществ. Ключевым условием успеха является изменение позиции преподавателя – с транслятора предметных знаний на участника процесса сопровождения профессионального становления студента. Реализация данного подхода позволит подготовить педагогические кадры, обладающие высокой мотивацией, профессиональной компетентностью, готовностью к непрерывному профессиональному развитию и востребованные на современном рынке труда.

Библиографический список

1. Алиева, Э. П. Влияние барьеров профессионального развития на переживания педагогов в профессиональной деятельности / Э. П. Алиева // Актуальные исследования. – 2021. – № 42 (69). – С. 95–97.

2. Козленкова, Е. Н. Содействие профессиональному становлению студентов вуза в ходе реализации программы «Обучение служением» / Е. Н. Козленкова, А. Н. Волкова, Д. О. Еприкян // Международный научный журнал. – 2025. – № 4 (104). – С. 84–92.

3. Могиленко, И. И. Профессиональное становление молодого преподавателя / И. И. Могиленко // Молодой ученый. – 2024. – № 45 (544). – С. 107–109.

4. Новичкова, Н. М. Педагогическое сопровождение профессионального самоопределения будущих педагогов / Н. М. Новичкова, Н. Н. Дементьева // Мир науки, культуры, образования. – 2019. – № 4 (77). – С. 197–200.

5. Петрова, Т. Н. Профессионально-личностное становление будущего педагога в условиях предпрофессиональной подготовки / Т. Н. Петрова, С. Н. Дмитриева // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. К. А. Аммосова. Серия: Педагогика. Психология. Философия. – 2022. – № 4 (28). – С. 67–73.

6. Петухова, Л. П. Профессионально-психологические особенности личности педагогов на разных этапах профессионального становления / Л. П. Петухова, Н. В. Серегина, Н. П. Катунина // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2021. – № 5 (195). – С. 497–501.

УДК 377.12

СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КАК РЕСУРС РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА «ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ БЕЗ ГРАНИЦ»

Палей Алина Вадимовна, *преподаватель ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», paleyav@edu.mos.ru*
Блох Анна Борисовна, *преподаватель ГАПОУ г. Москвы «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Павлова», blokhab@edu.mos.ru*

Научный руководитель – ***Коваленок Татьяна Петровна,*** *к.пс.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, kovalenok@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье анализируется роль сетевого взаимодействия при реализации проекта «Профессиональное обучение без границ» в Москве. Рассмотрены организационно-педагогические условия подготовки обучающихся 9–10 классов по рабочим профессиям. Обосновано влияние сетевого взаимодействия со школами и предприятиями на повышение качества профориентации и практической подготовки школьников.*

Ключевые слова: *сетевое взаимодействие, профессиональное обучение без границ, среднее профессиональное образование, профориентация, практическая подготовка.*

Современная система среднего профессионального образования (СПО) города Москвы переживает этап активной интеграции с общим образованием. Одним из флагманских проектов в этой сфере является «Профессиональное обучение без границ», который позволяет учащимся 9–10 классов получить первую рабочую профессию на базе колледжа без отрыва от школьного обучения. Однако успешность проекта напрямую зависит от выстроенной модели сетевого взаимодействия между колледжем, школами и работодателями [3, 6]. Цель настоящей статьи – на примере ГАПОУ «Политехнический колледж № 8 им. И. Ф. Павлова» (далее – Колледж) показать, как сетевое взаимодействие становится ресурсом реализации профориентационных задач и практической подготовки.

Сетевая форма реализации образовательных программ закреплена в статье 15 Федерального закона «Об образовании в РФ», которая допускает совместное использование

материально-технических, кадровых и методических ресурсов несколькими организациями. Для проекта «Профессиональное обучение без границ» в ГАПОУ «Политехнический колледж № 8 им. И. Ф. Павлова» это означает, что Колледж выступает полным оператором образовательного процесса (обеспечивает общепрофессиональный и профессиональный циклы), школы – партнерами, обеспечивающими набор групп и контроль явки обучающихся, а профильные предприятия – базами для производственной практики.

В Колледже проект реализуется по следующим профессиям:

- для 9 классов – «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов» (код 14618), «Чертежник-конструктор» (код 27534), «Оператор беспилотных авиационных систем (с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее)», «Оператор станков с программным управлением»;
- для 10 классов – «Чертежник-конструктор» (код 27534).

Содержание программ профессионального обучения соответствует требованиям Единого тарифно-квалификационного справочника (ЕТКС) и профессиональным стандартам. Например, по профессии «Чертежник-конструктор» школьники осваивают выполнение простых работ по конструированию изделий, а также выполнение чертежных работ по эскизным документам или с натуры в требуемых масштабах, либо с использованием программных средств с учетом требований ЕСКД. Обучение аддитивным технологиям не входит в содержание программ, что соответствует их профилю.

Важно, чтобы профориентационная работа в профессиональных образовательных организациях строилась на принципах непрерывности и интеграции общего и профессионального образования и учитывала индивидуальные особенности обучающихся [2, 5]. В нашем случае непрерывность достигается за счет того, что школьник, сохраняя привязку к своей школе (которая обеспечивает организационную поддержку), полностью погружается в профессиональную среду Колледжа, где преподаватели – специалисты в своей области – ведут как теоретическую, так и практическую подготовку. Особое значение в профориентационной работе Колледжа имеет акцент на развитии технического мышления обучающихся и их профессиональном самоопределении в отношении выбора технических специальностей [4, 7].

Ключевыми партнерами Колледжа в рамках сетевого взаимодействия выступают:

- *Школы города Москвы* (обеспечивают набор групп обучающихся и контроль явки). Контроль явки осуществляется следующим образом: педагог колледжа фиксирует посещаемость и передает информацию тьютору по сетевым проектам, который, в свою очередь, информирует школы. Педагоги школ не участвуют в обучении по общепрофессиональному и профессиональному циклам.
- *Профильные предприятия* (предоставляют базы для прохождения производственной практики, участвуют в демонстрационном экзамене, предоставляют кейс-задания). Например, для профессии «Оператор станков с программным управлением» практика включает работу на реальном производственном оборудовании под руководством наставника от предприятия.

Анализируя педагогические условия модернизации практической подготовки, С. А. Грязнева отмечает, что эффективность практической подготовки студентов в политехническом колледже достигается только при условии интеграции учебной, производственной и исследовательской деятельности [1]. В проекте «Профессиональное обучение без границ» эта интеграция обеспечивается именно сетевым договором: каждая из сторон вносит свой уникальный вклад. Колледж отвечает за полный цикл обучения (материально-техническая база, педагогические кадры, аттестация), школа – за организационное сопровождение (явка, мотивация), предприятие – за актуальность практических заданий и погружение в реальный производственный контекст.

Правовую основу такого взаимодействия составляют:

- Федеральный закон № 273-ФЗ (ст. 15 – сетевая форма, ст. 73 – организация профессионального обучения);

- Приказ Минпросвещения России № 464 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования»;

- Региональные регламенты Департамента образования и науки города Москвы, включая Положение о проекте «Профессиональное обучение без границ» (2021 г. с последующими изменениями).

В Колледже с каждым партнером заключен двусторонний договор о сетевом взаимодействии, где прописаны зоны ответственности: Колледж предоставляет полное учебно-методическое обеспечение и проводит аттестацию; школа контролирует явку и ведет электронный журнал через тьютора; предприятие организует производственную практику. По профессии «Монтажник радиоэлектронной аппаратуры и приборов» практика на предприятии-партнере АО НПО «ЛЭМЗ» позволяет школьникам работать с реальными электронными схемами, что повышает их мотивацию к дальнейшему обучению в Колледже.

Вместе с тем существуют организационные сложности. В частности, различие в учебных календарных графиках школ и колледжа иногда приводит к сбоям в расписании практических занятий. Решением выступает синхронизация каникулярных периодов и эффективная работа тьютора по сетевым проектам, который координирует логистику и информационный обмен между Колледжем и школами. Для профессии «Оператор беспилотных авиационных систем» требуется оформление допусков к полетам, что также решается через соглашение с Департаментом образования и науки города Москвы.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что сетевое взаимодействие образовательных организаций является неотъемлемым ресурсом реализации проекта «Профессиональное обучение без границ». Для ГАПОУ «Политехнический колледж № 8 им. И. Ф. Павлова» эта модель обеспечивает:

- реализацию педагогических условий модернизации практической подготовки через привлечение ресурсов школ (организационная функция) и предприятий (производственная база);

- непрерывную профориентационную траекторию «школа (организационная поддержка) → колледж (полный цикл обучения) → предприятие (производственная практика)» для профессий «Чертежник-конструктор», «Монтажник РЭА», «Оператор БАС», «Оператор станков с ЧПУ»;

- повышение качества и доступности практической подготовки за счет объединения материально-технической базы Колледжа и производственных мощностей предприятий-партнеров.

Таким образом, модель сетевого взаимодействия, реализуемая Колледжем (с полной ответственностью колледжа за содержание обучения и четким разделением организационных функций), может быть рекомендована для тиражирования в других профессиональных образовательных организациях – участниках проекта «Профессиональное обучение без границ». Перспективными направлениями исследований по данной тематике являются разработка критериев оценки качества сетевых программ и совершенствование цифровых инструментов управления сетевым расписанием.

Библиографический список

1. Грязнева, С. А. Педагогические условия модернизации практической подготовки студентов Политехнического колледжа / С. А. Грязнева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 69–75.

2. Грязнева, С. А. Профориентационная работа в учреждениях СПО / С. А. Грязнева, С. В. Маркелов, Л. И. Назарова // Защита детства: проблемы, поиски, решения : сборник

материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. – Москва : Знание-М, 2021. – С. 39–42.

3. Грязнева, С. А. Традиционные и инновационные подходы к организации практической подготовки студентов / С. А. Грязнева, Л. И. Назарова // Международный научный журнал. – 2021. – № 2. – С. 143–152.

4. Занфирова, Л. В. Возможности формирования технического мышления у будущих инженеров / Л. В. Занфирова, Е. Е. Лысенко // Доклады ТСХА : сборник трудов конференции, Москва, 06–08 декабря 2018 года. – Выпуск 291, часть 1. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2019. – С. 118–121.

5. Коваленок, Т. П. Специальные способности как фактор профессионального самоопределения в рабочих профессиях / Т. П. Коваленок // Доклады ТСХА : материалы международной научной конференции, Москва, 05–07 декабря 2017 года. – Выпуск 290, Часть 3. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2018. – С. 387–389.

6. Маркелов, С. В. Организация сетевого взаимодействия при реализации программ профессионального обучения школьников / С. В. Маркелов // Профессиональное образование и рынок труда. – 2023. – № 2. – С. 55–61.

7. Межотраслевая интеграция профориентационных образовательных программ / П. Ф. Кубрушко, Е. Н. Козленкова, О. Е. Захаров, Е. В. Попова // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2017. – № 14–15. – С. 11–16.

УДК 37.016:330

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КЕЙС-СТАДИ В ПРЕПОДАВАНИИ ЭКОНОМИКИ В КОЛЛЕДЖЕ

***Рассадникова Виолетта Владимировна**, специалист международной поддержки ООО «Яндекс Крауд», velu.guzeva@gmail.com*

*Научный руководитель – **Назарова Людмила Ивановна,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, nazarova@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье рассмотрена сущность метода кейс-стади и дидактический потенциал его применения в преподавании экономики в колледже. Использование учебных кейсов обеспечивает связь теоретического материала с практическими ситуациями, способствует развитию у студентов аналитического мышления, самостоятельности, навыков принятия решений, приобщает их к будущей профессиональной деятельности.*

***Ключевые слова:** кейс-стади, экономика, колледж, среднее профессиональное образование, активные и интерактивные методы обучения.*

Современное экономическое образование в колледже требует не только усвоения теоретических понятий, но и формирования способности применять их в практических ситуациях. В условиях усложнения хозяйственной деятельности, роста роли финансовой грамотности и необходимости быстрого принятия решений традиционные объяснительно-иллюстративные методы обучения не могут обеспечить требуемый уровень подготовки студентов. В связи с этим особую значимость приобретает применение активных и интерактивных методов обучения, среди которых важное место занимает метод кейс-стади, предполагающий анализ конкретной проблемной ситуации и коллективную выработку решения.

Цель настоящей статьи – раскрыть дидактический потенциал применения метода кейс-стади в преподавании экономики в колледже и предложить практические образцы учебных кейсов. Для достижения цели поставлены следующие задачи: определить сущность метода кейс-стади; рассмотреть его применение в экономическом образовании; описать методологию разработки кейсов; представить примеры кейсов по экономике для студентов колледжа; сформулировать выводы о педагогической эффективности метода.

В научной и методической литературе метод кейс-стади (case-study) определяется как активный проблемно-ситуационный анализ, основанный на обучении через решение конкретных задач [3, 5]. Его цель состоит в том, чтобы обучающиеся совместными усилиями проанализировали конкретную ситуацию и выработали обоснованное, рациональное практическое решение. Исследователи отмечают, что данный метод позволяет развивать у студентов умение работать с информацией, анализировать неструктурированные данные, отстаивать собственную позицию и принимать решения в условиях дефицита времени и неполной информации [1].

Для экономических дисциплин колледжа данный подход особенно ценен, поскольку позволяет моделировать производственные, финансовые и управленческие ситуации, близкие к будущей профессиональной деятельности студентов. В публикациях по методике преподавания экономических дисциплин подчеркивается, что кейс-стади особенно эффективно используется в темах, связанных с доходами, прибылью, рентабельностью, организацией бизнеса, финансовым планированием и анализом хозяйственной деятельности. При этом важным условием успешного применения метода считается наличие качественно разработанного кейса и четкой методики его использования в учебном процессе [2, 4, 7].

Выделяют типы кейсов по степени проблемности и самостоятельности студентов: обучающие, аналитические, эвристические и исследовательские [6]. Такая типология особенно полезна для колледжа, поскольку позволяет постепенно усложнять задания и учитывать уровень подготовки обучающихся. В результате кейс-метод становится не только способом закрепления знаний, но и инструментом развития профессионального мышления.

В качестве методологической базы моделирования учебных ситуаций для колледжа использованы принципы практико-ориентированного обучения, проблемного подхода и компетентностной модели подготовки студентов.

При разработке кейсов учитывались следующие требования:

- связь с реальной экономической ситуацией;
- наличие проблемы, допускающей несколько решений;
- доступность данных для студентов колледжа;
- возможность обсуждения в группе;
- ориентация на формирование конкретных умений: расчет, анализ, аргументация, выбор решения.

Процедура применения кейс-стади на занятии включает несколько этапов:

1) знакомство студентов с условиями кейса;
2) индивидуальный или групповой анализ ситуации;
3) обсуждение возможных решений;
4) защита предложенных вариантов;
5) подведение итогов и обобщение результатов преподавателем.

Кейс 1. Небольшое кафе в жилом районе сталкивается с вопросом: обеспечивает ли текущая модель работы достаточную прибыль? Администратор предоставляет студентам упрощенные финансовые данные за месяц.

Исходные данные:

- выручка – 450 000 р.;
- аренда – 100 000 р.;
- заработная плата – 150 000 р.;

- закупка сырья и продуктов – 120 000 р.;
- коммунальные и прочие расходы – 30 000 р.

Задания для студентов:

- определить общую сумму расходов;
- рассчитать прибыль кафе;
- выявить основные статьи затрат;
- предложить меры по повышению рентабельности.

Вопросы для обсуждения:

1. Какие расходы можно сократить без ущерба для качества услуг?
2. Как изменение ассортимента может повлиять на выручку?
3. Какие маркетинговые действия могут увеличить поток посетителей?

Кейс 2. Малое предприятие планирует приобрести новое оборудование и рассматривает кредит в размере 1 500 000 р. сроком на 3 года. Банки предлагают разные условия (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительные условия кредитования банков

Банк	Процентная ставка	Комиссия	Дополнительные условия
A	12% годовых	1%	Залог оборудования
B	14% годовых	0,5%	Поручительство
C	10% годовых	2%	Залог недвижимости

Задания для студентов:

- сравнить предложения банков;
- рассчитать ориентировочную переплату;
- определить, какой вариант наиболее выгоден;
- обосновать выбор с учетом риска и доступности залога.

Вопросы для обсуждения:

1. Почему низкая процентная ставка не всегда означает лучший вариант?
2. Какие риски возникают при залоге недвижимости?
3. Как оценить не только финансовую, но и организационную сторону решения?

Кейс 3. Магазин непродовольственных товаров фиксирует падение продаж в течение последних шести месяцев. Владелец хочет понять, какие меры помогут повысить спрос.

Исходные данные:

- средняя посещаемость – 20 человек в день;
- средний чек – 500 р.;
- возможные меры: акции, скидки, продвижение в социальных сетях, расширение ассортимента.

Задания для студентов:

- оценить текущую выручку магазина;
- спрогнозировать эффект от роста посещаемости на 10–20 %;
- предложить комплекс мер по увеличению спроса;
- оценить, какие из предложенных действий наиболее экономически целесообразны.

Вопросы для обсуждения:

1. Какие каналы продвижения наиболее доступны для малого бизнеса?
2. Как измерить эффективность рекламной кампании?
3. Что важнее в краткосрочной перспективе: скидки или изменение ассортимента?

Практика применения кейс-стади в колледже показывает, что студенты активнее включаются в обсуждение, если ситуация связана с понятным им жизненным или профессиональным контекстом. В таких условиях повышается интерес к дисциплине и улучшается качество усвоения экономических категорий. Кейс-метод помогает развивать у студентов коммуникативные навыки, умения командной работы и аргументации своей позиции.

Вместе с тем метод требует серьезной подготовки со стороны преподавателя. Необходимо не только подобрать корректные данные, но и сформулировать вопросы так, чтобы они стимулировали анализ, а не сводились к простому воспроизведению материала. Кроме того, при работе с кейсами важно учитывать уровень подготовки студентов и постепенно усложнять задания.

Метод кейс-стади является эффективным инструментом преподавания экономики в колледже, поскольку позволяет соединять теоретическое содержание курса с решением практических задач. Его применение способствует развитию аналитических, коммуникативных и управленческих компетенций студентов, а также повышает их учебную мотивацию.

Предложенные в статье кейсы могут быть использованы как основа для проведения занятий по темам, связанным с прибылью, кредитованием, спросом и деятельностью малого бизнеса. Наиболее целесообразным представляется систематическое включение кейсов в структуру экономических дисциплин, поскольку это позволяет приблизить учебный процесс к реальным условиям будущей профессиональной деятельности студентов.

Библиографический список

1. Зельдович, Б. З. Активные методы обучения : учебник для вузов / Б. З. Зельдович, Н. М. Сперанская. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 201 с.

2. Использование кейс-методов при преподавании экономических дисциплин / Е. В. Романовская, Ж. В. Смирнова, Е. А. Бобышева, Т. Е. Лебедева // Московский экономический журнал. – 2020. – № 5. – С. 67.

3. Козленкова, Е. Н. Использование электронных кейсов как средства обеспечения практико-ориентированной подготовки будущих специалистов / Е. Н. Козленкова, М. И. Некрасова // Международный научный журнал. – 2024. – № 5 (98). – С. 145–155.

4. Кубрушко, П. Ф. Основы педагогической деятельности : учебник / П. Ф. Кубрушко, М. В. Шингарева, А. С. Симан. – Москва : Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2022. – 144 с.

5. Попова, С. Ю. Современные образовательные технологии. Кейс-стади : учебник для вузов / С. Ю. Попова, Е. В. Пронина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 123 с.

6. Хапаева, С. С. Кейс-стади в обучении: виды кейсов, этапы разработки / С. С. Хапаева // Актуальные вопросы и тенденции развития предметной области «Труд (Технология)» : сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической онлайн-конференции. – Санкт-Петербург : Наукоемкие технологии, 2024. – С. 284–290.

7. Шингарева, М. В. Методика преподавания экономических дисциплин в условиях цифровой трансформации образования / М. В. Шингарева, Е. Безгина // Драйверы развития общего и профессионального образования : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Павлово, 16 декабря 2021 года. – Том 2. – Павлово : Павловский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, 2021. – С. 330–335.

УДК 37.018.43:004

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА К КВАЛИФИКАЦИОННЫМ ЭКЗАМЕНАМ

***Собина Евгения Павловна**, к.п.н., преподаватель кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, методист ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж имени А. А. Николаева», evgeniya.sobina.1996@mail.ru*
***Фомин Александр Дмитриевич**, мастер производственного обучения ГБПОУ г. Москвы «Московский автомобильно-дорожный колледж имени А. А. Николаева», famin_1994@bk.ru*

*Научный руководитель – **Кубрушко Петр Федорович,** д.п.н., профессор, чл.-корр. РАО, заведующий кафедрой педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, pkubrushko@mail.ru*

***Аннотация.** Статья посвящена обоснованию применения электронных учебных пособий (ЭУП) для подготовки студентов автомобильного колледжа к квалификационному экзамену. Обоснована эффективность ЭУП, описаны принципы конструирования содержания, формы организации самостоятельной работы и способы оценки результатов. Цель исследования – теоретически обосновать и предложить практический подход к созданию электронного учебного пособия, повышающего успешность прохождения квалификационного экзамена.*

***Ключевые слова:** среднее профессиональное образование, автомобильный колледж, квалификационный экзамен, электронное учебное пособие, разработка электронного учебного пособия.*

Актуальность разработки электронного учебного пособия для подготовки обучающихся автомобильного колледжа к квалификационному экзамену обусловлена объективными противоречиями современного профессионального образования, находящегося в процессе цифровой трансформации [2–4]. С одной стороны, требования к подготовке кадров и процедуры экзамена становятся технологически сложными и комплексными. С другой – наблюдается дефицит структурированного, наглядного и адаптивного дидактического материала для самостоятельной подготовки, особенно в части изучения диагностического оборудования, технологических карт и нормативной документации.

В структуре профессиональной подготовки колледжа выделяются четыре иерархически соподчиненных уровня: общеобразовательный, дополнительный, социально-гуманитарный и профессиональный (включающий общепрофессиональный и профессиональный циклы). Подготовка организована на компетентностной основе по модульному принципу. Каждый модуль объединяет теоретическое обучение с учебной и производственной практиками. Квалификационный экзамен выступает формой интегральной аттестации, завершающей освоение модуля и подтверждающей сформированность профессиональных компетенций [5, 6]. Экзамен занимает терминальное положение в структуре модуля, предшествуя итоговой государственной аттестации.

Электронное учебное пособие позволяет решить указанные проблемы за счет интерактивности (модели узлов автомобиля, видеоинструкции), модульной организации материала, встроенных средств самоконтроля и реализации индивидуальных траекторий обучения. Для автомобильного профиля это особенно значимо, поскольку

экзаменационные задания связаны с поиском неисправностей, измерением параметров, соблюдением технологической последовательности и требований охраны труда.

На базе Московского автомобильно-дорожного колледжа имени А. А. Николаева разработано электронное учебное пособие (ЭУП) по специальности 23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» (рисунок 1) [1]. Пособие структурировано в соответствии с модульным принципом, заложенным в образовательной программе, и охватывает содержание профессиональных модулей, завершающихся квалификационным экзаменом (таблица 1). Разработка выполнена с учетом требований к диагностическому оборудованию, технологическим картам и нормативной документации, актуальным для данной специальности. ЭУП интегрировано в образовательный процесс колледжа как средство организации самостоятельной подготовки и промежуточного контроля, обеспечивая единство теоретической и практической составляющих профессиональной подготовки.

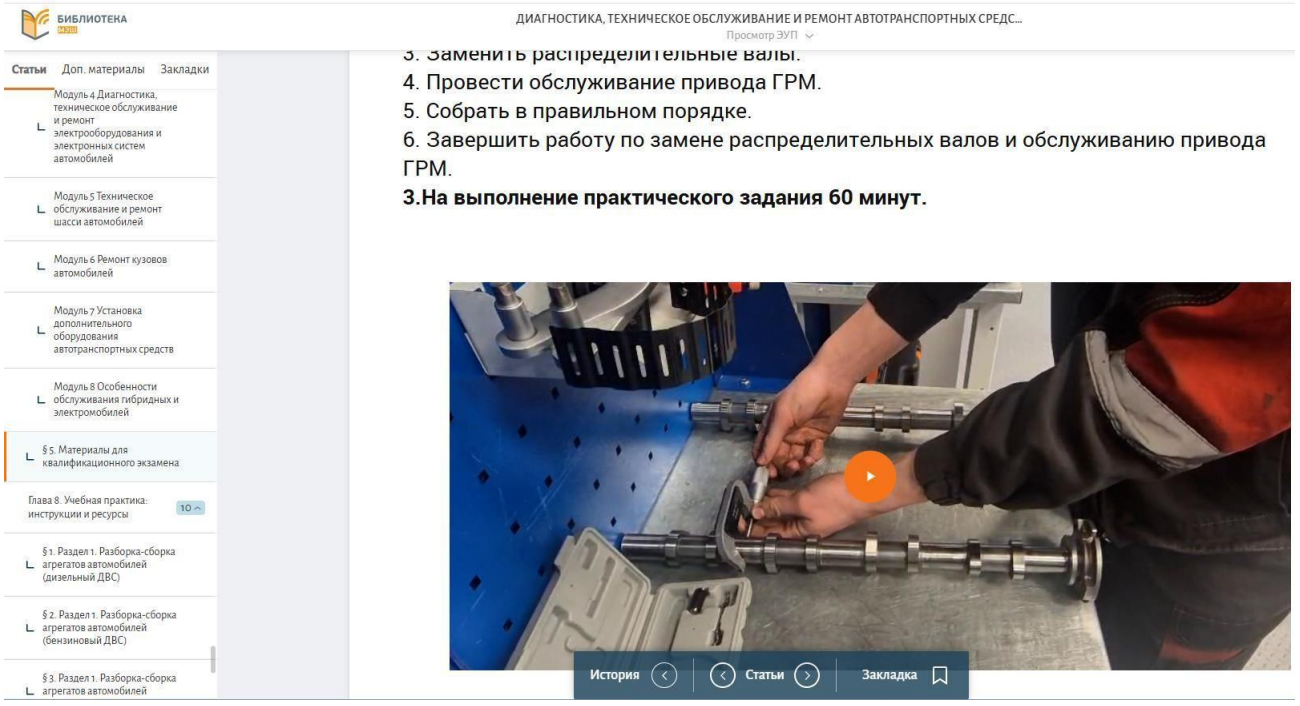


Рис. 1. Интерфейс электронного учебного пособия в библиотеке МЭШ

Таблица 1

Содержательная структура электронного учебного пособия

Глава 1. Методические рекомендации	**Глава 2. Диагностика**	**Глава 3. Теоретическая база**
Аннотация Мотивационная установка Инструкция по навигации Требования к обучающимся	Входной контроль (тест) Самопроверка/ автопроверка Рекомендации по повторению	Учебные модули Видеофрагменты Интерактивные элементы Глоссарий терминов
Глава 4. Практикум	**Глава 5. Самостоятельная работа**	**Глава 6. Курсовые работы**
Практические работы Демонстрационные версии Критерии оценки	Задания и кейсы Примеры решений Рефлексия и самопроверка	Темы и структура Требования к оформлению Этапы выполнения

Глава 7. Промежуточная аттестация	Глава 8. Учебная практика	Глава 9. Источники
Подготовка к экзамену Тесты Практические задания Материалы для квалификационного экзамена	Инструкции по видам работ Техника безопасности Инструкционно-технологические карты Инфографика и видео	Обязательная литература ГОСТы и нормативы Цифровые ресурсы

Эффективность предложенной структуры определяется тем, что девять функциональных блоков охватывают все этапы подготовки – от ознакомления с требованиями экзамена до самостоятельной отработки практических умений и навыков и самодиагностики готовности.

Качество подготовки к квалификационному экзамену зависит от ясного представления обучающимся целей, формата и критериев испытания. В разработанной структуре ЭУП реализация этого условия достигается за счет размещения в начале пособия блока методических рекомендаций. Обучающийся получает информацию о назначении курса, его структуре и планируемых результатах. Мотивационная часть раскрывает практическую значимость каждого раздела в контексте профессиональной деятельности, а указания по работе с пособием снимают технические затруднения. В результате формируется осознанное отношение к подготовке.

Важным условием эффективности выступает организация входной диагностики. До начала изучения нового материала проводится тестирование, выявляющее пробелы в ранее изученных дисциплинах (устройство автомобилей, материаловедение, электротехника). Данная процедура позволяет избежать временны*х* затрат на повторение освоенного содержания и сконцентрироваться на темах, необходимых для усвоения экзаменационных заданий. Подготовка приобретает индивидуализированный и экономичный характер.

Способ организации теоретического материала также определяет эффективность ЭУП. Теоретический блок структурирован по модульному принципу, что обеспечивает гибкость и возможность выбора индивидуальной траектории изучения. Каждый модуль включает текст, иллюстрации, видеофрагменты и интерактивные задания. Полисенсорная подача учитывает различные каналы восприятия (визуальный, аудиальный, кинестетический) и способствует глубокому усвоению материала. Особую дидактическую ценность представляют упражнения на первичное закрепление в формате кейсов и ситуационных задач, основанных на реальных профессиональных ситуациях.

Наличие в структуре пособия чек-листов для самопроверки и анкет рефлексии изменяет характер оценочной деятельности, смещая фокус с пассивного понимания на активное владение. Обучающийся самостоятельно оценивает способность перечислить признаки неисправности, выполнить измерения, соблюсти технологическую последовательность. Рефлексивная позиция формирует личную ответственность за результат подготовки и позволяет своевременно выявить слабые места.

Практикум с лабораторно-практическими заданиями, в отличие от традиционных методических указаний, где акцент сделан на описание порядка выполнения работы, сопровождается демонстрационной версией выполнения каждого задания. Обучающийся имеет возможность наблюдать правильное выполнение операции, затем воспроизвести ее самостоятельно, сверяя действия с эталоном. Критерии оценки заданы явно и доведены до начала выполнения работы. Снижение баллов происходит за нарушение правильности выполнения, последовательности операций, полноты отчета, требований безопасности.

Организация самостоятельной работы предполагает не воспроизведение изученного, а элементы поиска, анализа и принятия решений. Наличие примеров решений дает образец для подражания, но не ограничивает инициативу. Такой подход формирует готовность

самостоятельно справляться с нестандартными профессиональными задачами, что критически важно для реального квалификационного экзамена.

Детальная проработка блока подготовки к промежуточной аттестации включает не перечень вопросов для повторения, а тренировочный комплекс, содержащий методические рекомендации, тесты для проверки теоретических знаний, задания для отработки практических умений и полные материалы для квалификационного экзамена. Обучающийся имеет возможность пройти пробный экзамен в формате, приближенном к реальному – с ограничением времени, типовыми заданиями и последующим анализом ошибок. Это снижает экзаменационную тревожность и позволяет выявить остаточные дефициты.

Блок учебной практики обеспечивает эффективность за счет системного инструкционно-технологического сопровождения каждого вида работ. Каждый вид работ снабжен инструкционно-технологической картой с пошаговым описанием действий и видеороликом, демонстрирующим правильное выполнение. Чек-лист освоения позволяет убедиться в полноте и качестве отработки операций. Принципиально важно использование реальных кейсов и недопущение дублирования информации из теоретических разделов.

Блок рекомендуемых источников решает задачу навигации в профессиональном информационном пространстве. Обучающийся получает адресные ссылки на актуальную профессиональную литературу, видеолекции и нормативные документы. Для автомобильного профиля это условие особенно значимо, поскольку технологии диагностики и ремонта постоянно обновляются, а использование устаревших источников приводит к формированию неверных алгоритмов деятельности.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что эффективность электронного учебного пособия для подготовки обучающихся автомобильного колледжа к квалификационному экзамену определяется комплексом дидактических условий:

- формированием целостного представления об экзамене на начальном этапе;
- входной диагностикой, обеспечивающей индивидуализацию подготовки;
- модульной и полисенсорной организацией теоретического материала;
- наличием инструментов самоконтроля и рефлексии;
- практикумом с демонстрационными версиями заданий;
- организацией самостоятельной работы исследовательского типа;
- тренировочным комплексом для промежуточной аттестации;
- инструкционно-технологическим сопровождением учебной практики;
- обеспечением доступа к актуальным источникам информации.

Совокупность перечисленных условий создает системную практико-ориентированную подготовку, максимально приближенную к реальным экзаменационным требованиям и запросам работодателей.

Библиографический список

1. Диагностика, техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств : учебник. – URL: https://uchebnik.mos.ru/composer3/document/76738041 ?article_id=cmews81pa0e8k356vrt37bhrp&y_coord=0 (требуется регистрация).

2. Инновационные направления профессиональной подготовки в России и за рубежом : коллективная монография / Ю. А. Копылов, Е. И. Чернышева, И. А. Алексеева [и др.]. – Ульяновск : Издательство «Зебра», 2024. – 540 с.

3. Профессиональное образование: методология, технологии, опыт внедрения / Е. Н. Трофимов, В. А. Жидких, Н. Н. Лагусева [и др.]. – Москва : ИД Университетская книга, 2022. – 234 с.

4. Симан, А. С. Цифровые технологии в образовании: преимущества, вызовы и перспективы / А. С. Симан // Российский научный вестник. – 2024. – № 12. – С. 205–208.

5. Собина, Е. П. Демонстрационный экзамен в системе государственной итоговой аттестации выпускников колледжа / Е. П. Собина // Вестник РМАТ. – 2023. – № 3. – С. 92–99.

6. Собина, Е. П. Интеграция демонстрационного экзамена и независимой оценки квалификации в системе государственной итоговой аттестации выпускников колледжа / Е. П. Собина // Международный научный журнал. – 2023. – № 4 (91). – С. 122–132.

УДК 37.015.3;378.1:004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И СЕРВИСОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ САМОМЕНЕДЖМЕНТА

***Степанова Наталия Сергеевна**, аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nata131125@gmail.ru*

*Научный руководитель – **Назарова Людмила Ивановна,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, nazarova@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности использования современных цифровых инструментов и сервисов для формирования компетенций самоменеджмента. Показано, что электронные планировщики, тайм-трекеры, образовательные платформы способствуют развитию навыков планирования, самоорганизации, самоконтроля и управления временем. Сделан вывод о значимости осознанного применения цифровых ресурсов для личностного и профессионального развития.*

***Ключевые слова:** самоменеджмент, цифровые инструменты, цифровые сервисы, самоорганизация, управление временем, самоконтроль, планирование, цифровизация образования, образовательные платформы.*

Современное общество развивается в условиях стремительной цифровизации, которая охватывает образование, профессиональную деятельность и повседневную жизнь человека. В этих условиях особенно востребованными становятся компетенции самоменеджмента, так как именно они позволяют человеку эффективно организовывать собственную деятельность, рационально использовать время, достигать поставленных целей и адаптироваться к изменениям. Под компетенциями понимаются способности человека успешно действовать на основе имеющихся знаний, умений, навыков и опыта для достижения желаемого результата [2]. Владение конкретными компетенциями определяется способностью и готовностью человека эффективно решать профессиональные или жизненные задачи.

Самоменеджмент включает в себя умение планировать, расставлять приоритеты, контролировать выполнение задач, оценивать результаты своей работы и выстраивать траекторию личностного и профессионального развития. Совокупность важнейших компетенций самоменеджмента имеет непосредственное отношение к так называем «гибким навыкам» (soft skills), необходимым каждому специалисту независимо от особенностей его профессиональной деятельности [3].

Особую роль в формировании этих компетенций играют современные цифровые инструменты и сервисы. Они позволяют автоматизировать многие процессы самоорганизации, сделать деятельность более структурированной и наглядной, а также повысить уровень личной ответственности. Использование электронных планировщиков,

тайм-трекеров, образовательных платформ и сервисов для ведения заметок способствует развитию умений и навыков самостоятельного управления временем и ресурсами. В связи с этим тема использования цифровых инструментов для формирования компетенций самоменеджмента является актуальной и значимой.

Однако, как показывают результаты опроса, в котором приняли участие 45 преподавателей вуза, далеко не все из них эффективно применяют цифровые инструменты и сервисы для оптимизации самоменеджмента (рис. 1), вследствие чего требуется специально организованная работа по восполнению этих дефицитов с помощью неформального и информального образования.

Рис. 1. Ответы респондентов о применении цифровых инструментов в самоменеджменте

Самоменеджмент представляет собой систему знаний, умений и личностных качеств, направленных на эффективную организацию собственной деятельности. К основным компетенциям самоменеджмента относятся целеполагание, планирование, самоконтроль, самоорганизация, управление временем, стрессоустойчивость и способность к рефлексии. В современных условиях цифровой трансформации эти компетенции становятся особенно востребованными как обучающимися, так и специалистами различных сфер деятельности, в том числе преподавателями [1, 6]. Значительным потенциалом для интеграции компетенций самоменеджмента в профессиональную деятельность и повседневную жизнь обладают технологии искусственного интеллекта [4, 5].

Одним из наиболее распространенных средств формирования компетенций самоменеджмента являются цифровые планировщики и менеджеры задач. К ним можно отнести Google Calendar, Microsoft To Do, Todoist, Trello, Notion и другие сервисы. Их использование помогает человеку систематизировать дела, устанавливать сроки выполнения, делить крупные задачи на этапы и отслеживать прогресс. Благодаря этому формируются навыки планирования и приоритизации. Например, при работе с электронным календарем пользователь учится распределять нагрузку по дням и неделям, учитывать важность задач и заранее готовиться к предстоящим событиям.

Не менее важны приложения для управления временем и контроля продуктивности. Среди них можно выделить Pomodoro Timer, Forest, Clockify, RescueTime. Эти сервисы позволяют отслеживать затраты времени, выявлять основные отвлекающие факторы и повышать концентрацию внимания. Они способствуют развитию самодисциплины, так как человек начинает осознанно относиться к собственным временны*ы*м ресурсам. Особенно полезны такие приложения для студентов и работников интеллектуального труда, которым важно поддерживать высокий уровень сосредоточенности в течение длительного времени.

Значительное влияние на формирование компетенций самоменеджмента оказывают цифровые образовательные платформы. Такие ресурсы, как Coursera, Stepik, Udemy, Skillbox, Открытое образование, предоставляют пользователю возможность

самостоятельно выстраивать процесс обучения. Человек выбирает курсы, определяет темп их прохождения, контролирует выполнение заданий и оценивает полученные результаты. Это формирует ответственность за собственное развитие, умение ставить учебные цели и последовательно их достигать. Кроме того, онлайн-обучение требует высокой степени самоорганизации, так как в нем отсутствует постоянный внешний контроль.

Важным инструментом развития самоменеджмента являются цифровые сервисы для ведения заметок и системы хранения информации, такие как Evernote, OneNote, Google Keep, Obsidian. Они помогают фиксировать идеи, планы, результаты работы, а также вести личные записи и дневники наблюдений. Это способствует развитию рефлексии и самоанализа. Человек получает возможность оценивать собственную деятельность, замечать ошибки, анализировать успехи и корректировать поведение. Навык рефлексии особенно важен, поскольку он позволяет не только действовать, но и осмысленно совершенствовать свою систему организации труда.

Кроме того, в условиях дистанционного обучения и удаленной работы важную роль играют коммуникационные платформы: Макс, VK Мессенджер, Яндекс.Мессенджер, МТС Линк и др. Они требуют от пользователя умения самостоятельно контролировать свое участие в рабочих и учебных процессах, соблюдать сроки, быть пунктуальным и быстро реагировать на поступающую информацию. Таким образом, даже сервисы общения опосредованно влияют на формирование компетенций самоменеджмента, поскольку помогают вырабатывать ответственность и организованность.

Следует отметить, что цифровые сервисы часто используют элементы геймификации, которые положительно влияют на мотивацию. Различные трекеры привычек, системы достижений, напоминания и визуальные показатели прогресса помогают человеку сохранять интерес к выполнению задач и закреплять полезные модели поведения. Это особенно актуально при формировании устойчивых привычек, связанных с учебой, саморазвитием, чтением, физической активностью и соблюдением режима дня.

Однако использование цифровых инструментов имеет не только преимущества, но и определенные ограничения. При чрезмерном количестве приложений возможно снижение эффективности из-за информационной перегрузки. Кроме того, цифровая среда сама по себе нередко становится источником отвлечений. Уведомления, социальные сети и поток сообщений могут мешать концентрации и нарушать рабочий ритм. Поэтому для успешного формирования компетенций самоменеджмента важно не просто пользоваться цифровыми сервисами, а делать это осознанно, выбирая только действительно полезные инструменты и соблюдая принципы цифровой гигиены.

Таким образом, современные цифровые инструменты и сервисы выступают важным средством формирования компетенций самоменеджмента. Они помогают развивать навыки планирования, управления временем, самоконтроля, самоорганизации и рефлексии. Особенно значима их роль в условиях цифрового общества, где человеку необходимо самостоятельно управлять собственным обучением, профессиональной деятельностью и личным развитием.

В то же время эффективность использования цифровых сервисов зависит не только от их функциональности, но и от готовности самого человека применять их целенаправленно и дисциплинированно. Следовательно, цифровые инструменты следует рассматривать как вспомогательный ресурс, который при грамотном использовании способствует развитию самостоятельной, ответственной и организованной личности.

Библиографический список

1. Еприкян, Д. О. Новые требования к профессионально-педагогическим кадрам в условиях информатизации образования / Д. О. Еприкян // Наука без границ и языковых барьеров: материалы международной научно-практической конференции. – Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, 2019. – С. 63–67.

2. Зеер, Э. Ф. Психология профессионального образования : учебник для вузов / Э. Ф. Зеер. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 395 с. – URL: https://urait.ru/bcode/586842 (дата обращения: 07.04.2026).

3. Назарова, Л. И. Направления профессионально-личностного развития преподавателей вузов в условиях цифровизации образования / Л. И. Назарова // День работников сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности : сборник трудов конференции. – Москва : РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 104–109.

4. Симан, А. С. Цифровые технологии в образовании: преимущества, вызовы и перспективы / А. С. Симан // Российский научный вестник. – 2024. – № 12. – С. 205–208.

5. Тарасов, Д. А. Проблемы интеграции искусственного интеллекта в процесс подготовки педагогов профессионального обучения / Д. А. Тарасов // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 29-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2024 года. – Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2024. – С. 300–303.

6. Шингарева, М. В. Подготовка будущих педагогов к профессиональной деятельности в условиях цифровой образовательной среды / М. В. Шингарева, Ю. А. Атапина // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании : материалы 26-й Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20–21 апреля 2021 года / под научной редакцией В. А. Федорова. Том 1. – Екатеринбург : Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. – С. 123–126.

УДК 378.147:658.62

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ТОВАРОВЕДЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РАЗНЫХ СТРАН

Супруненко Виталий Николаевич, *руководитель департамента научно-методического сопровождения школьной программы, ООО «Сан Скул», suprunenkovn@gmail.com*

Аннотация. *Настоящее исследование представляет собой систематический обзор и мета-анализ особенностей преподавания товароведения продовольственных товаров в высших учебных заведениях 15 стран мира. Сравнительный анализ охватывает объем ECTS-кредитов, долю практической подготовки, уровень цифровизации и интеграцию HACCP. Выявлено, что страны с обязательным внедрением HACCP демонстрируют более высокий уровень практики и лучшие показатели трудоустройства. Идентифицированы три педагогические модели: практико-ориентированная, исследовательская и классическая академическая. Сформированы рекомендации и дорожная карта модернизации российских программ на 2027–2031 гг.*

Ключевые слова: *товароведение, продовольственные товары, мета-анализ, образовательные технологии, Food Industry 4.0, ECTS, PRISMA, цифровая трансформация, HACCP, педагогические модели.*

Введение. Глобальная трансформация пищевой промышленности в рамках концепций Food Industry 4.0 и 5.0 требует перестройки подготовки кадров в сфере товароведения продовольственных товаров. Согласно FAO [5], к 2050 году производство пищевых продуктов должно возрасти на 70 %. Болонский процесс [4] создал единое пространство для сравнительного анализа образовательных программ, однако систематические международные исследования в области товароведения отсутствуют.

Цель работы – систематизировать данные о преподавании товароведения в вузах разных стран, выявить региональные паттерны и сформировать рекомендации по модернизации российских программ.

Исследование проведено в соответствии с протоколом PRISMA 2020 [7]. Поиск осуществлялся в 6 электронных базах (Web of Science, Scopus, PubMed, ERIC, Google Scholar, РИНЦ) на восьми языках. Из 1320 идентифицированных записей после удаления дубликатов, скрининга и полнотекстовой оценки в анализ включено 62 источника.

Сравнительный анализ 15 стран [1–3, 6, 8] выявил значительные различия в объеме кредитов (120–300 ECTS), доле практики (15–38 %) и уровне цифровизации (12–42 %). Наибольший объем кредитов во Франции (300 ECTS, Bac+5), наименьший – в США, Канаде и России (120–128). Средняя доля практики – 26,8 %; лидеры: Швейцария (38 %), Нидерланды (35 %), США (32 %). Россия (18 %) и Индия (15 %) отстают из-за консервативности стандартов и недостатка лабораторной базы.

Идентифицированы три педагогические модели: практико-ориентированная (Германия, Канада, Швейцария), исследовательская (Нидерланды, Австралия) и классическая академическая (Франция, Россия, Турция). STEM-модель преобладает в Северной Америке, технологическая – в Восточной Азии. Уровень цифровизации вырос с 8 % (2015) до 36 % (2025); лидеры – Южная Корея (42 %), Китай (40 %), Япония (38 %).

Кейсы ведущих вузов: Cornell University (США) – STEM-подход, 32 % практики, VR-симуляции HACCP, сертификация SQF Level 2, аккредитация IFT; Wageningen University (Нидерланды) – исследовательская модель, 35 % практики, блокчейн-трейсинг, фокус на устойчивое развитие; INRAE / AgroParisTech (Франция) – классическая модель, глубокая нормативная подготовка по ЕС 178/2002, ЕС 852/2004, доступ к лабораториям ANSES.

Корреляционный анализ показал положительную связь внедрения HACCP и уровня практики ($r = 0,68$; $p < 0,001$): страны с обязательным HACCP (13 из 15) имеют в среднем 29,4 % практики против 17,7 % в остальных. Трудоустройство выпускников в странах с практико-ориентированными программами составляет 87 % (в течение 6 месяцев), тогда как в странах с теоретической моделью – 62 %.

Основные элементы содержания образования

На основании анализа программ 15 стран, ФГОС ВО 3++ и международных стандартов содержание образования по товароведению продовольственных товаров включает семь структурных компонентов: 1) теоретические основы (методология, классификация, системный подход); 2) товароведная характеристика основных групп продовольственных товаров; 3) методы оценки качества и безопасности (органолептические, физико-химические, микробиологические, инструментальные); 4) нормативно-техническая документация (ГОСТ, ТР ТС/ЕАЭС, ISO, Codex Alimentarius, HACCP, FSSC 22000); 5) условия хранения, транспортирования и реализации; 6) товароведная экспертиза и идентификация фальсификаций; 7) цифровые технологии (ERP, LIMS, IoT, блокчейн, ИИ, VR/AR).

Рекомендации по модернизации российских программ

На основании анализа сформированы приоритетные направления модернизации:

2027–2028: внедрение обязательного модуля HACCP с сертификацией по SQF/FSSC 22000; увеличение практики до 25 %; интеграция ECTS-кредитов; создание цифровых лабораторий с VR/AR-симуляциями.

2028–2029: гибридная модель (50 % академическая база, 25 % STEM, 25 % практика); внедрение ИИ-платформ (Moodle, Canvas); партнерства с вузами-лидерами (Wageningen, Cornell, ETH Zurich).

2030–2031: блокчейн-трассируемость в учебных проектах; международная MOOC-платформа; программы двойных дипломов.

Дорожная карта трансформации образовательных программ на 2027–2030 гг. представлена в таблице 1.

Таблица 1

Дорожная карта трансформации образовательных программ товароведения (2027–2030)

Год	Ключевые мероприятия	Ответственный	KPI
2027	Аудит программ, разработка стандартов HACCP-модуля	Минобрнауки + вузы	100 % программ с HACCP
2028	Внедрение практики 25 %, первые цифровые лаборатории	Вузы + промышленность	30 % цифровизации, 25 % практики
2028	Интеграция ECTS, международные партнерства	Нац. аккредитационный орган	10 двойных дипломов
2029	AI-платформы, блокчейн-проекты	Вузы + IT-компании	50 % студентов на AI-платформах
2030	Оценка эффективности, международная аккредитация	Независимые аудиторы	80 % трудоустройства в 6 мес.

Заключение. Проведенный систематический обзор 15 стран выявил значительные различия в подходах к преподаванию товароведения продовольственных товаров. Лидирующие позиции по практике и цифровым технологиям занимают Западная Европа и Северная Азия, тогда как Россия находится в группе догоняющих стран. Ключевые факторы успеха – обязательная интеграция HACCP ($r = 0,68$; $p < 0,001$), 25–35 % практики и цифровая трансформация. Реализация дорожной карты 2025–2029 позволит вывести российские программы на уровень международных стандартов.

Библиографический список

1. Borit, M. Food Traceability: A Blockchain Framework / M. Borit // Food Technology and Biotechnology. – 2023. – Vol. 61 (3). – P. 345–358.

2. Codex Alimentarius. General Principles of Food Hygiene (CXC 1-1969). – Rome : FAO/WHO, 2022. – 68 p.

3. Doyle, M. P. Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers / M. P. Doyle, L. R. Beuchat. – 5th ed. – Washington : ASM Press, 2023. – 1056 p.

4. European Commission. The European Higher Education Area: Key Data 2024. – Brussels : EC, 2024. – 312 p.

5. FAO. The State of Food and Agriculture 2023. – Rome : FAO, 2023. – 196 p.

6. INRAE. Education and Training in Food Science: Annual Report 2023. – Paris : INRAE, 2024. – 78 p.

7. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews / M. J. Page, J. E. Mckenzie, P. M. Bossuyt [et al.] // Systematic Reviews. – 2021. – Vol. 10, No. 1. – P. 1–11.

8. Zhang, H. The Role of Artificial Intelligence in Modern Food Science Education / H. Zhang, N. Bansal // Journal of Food Science Education. – 2024. – Vol. 23 (1). – P. 12–24.

УДК 378.14:004.89;004.08

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОЦЕНОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

***Тарасов Денис Алексеевич**, аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, denstar02@gmail.com*

*Научный руководитель – **Кубрушко Петр Федорович,** д.п.н., профессор, чл.-корр. РАО, заведующий кафедрой педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, pkubrushko@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта в оценочной деятельности педагога профессионального обучения. Проанализированы основные направления использования генеративных языковых моделей для автоматизации оценивания письменных работ. Представлен опыт разработки веб-приложения для автоматизированного анализа студенческих отчетов по практике.*

***Ключевые слова:** профессиональное образование, искусственный интеллект, автоматизация оценивания, веб-приложение.*

Одним из ключевых условий для успешного применения современных информационных и коммуникационных технологий в системе образования является сформированность цифровых компетенций у всех участников образовательного процесса [2, 3]. Развитие технологий искусственного интеллекта открывает новые перспективы для повышения эффективности образовательного процесса, в том числе для автоматизации оценивания письменных работ [4, 5].

Современные генеративные языковые модели способны решать целый спектр задач, связанных с оценкой учебных работ. На основе анализа существующих исследований можно выделить несколько направлений применения технологий искусственного интеллекта для оценочной деятельности: автоматическая проверка тестовых работ с применением алгоритмов обработки естественного языка, формативное оценивание и предоставление обратной связи в режиме реального времени, оценивание по заранее заданным критериям, а также масштабная обработка больших объемов студенческих работ с обеспечением единообразия оценки [6]. Зарубежные исследователи выражают мнение о том, что результаты оценивания, выполненные с помощью технологий искусственного интеллекта, по ряду критериев сопоставимы с экспертной оценкой преподавателя [7].

Одним из направлений для применения технологий искусственного интеллекта является анализ педагогической практики. Данный вид работы характеризуется значительным объемом текста, наличием структурных требований к оформлению и необходимости оценки содержательного соответствия программе практики. Проверка отчетов является рутинной работой, требующей значительного временного ресурса со стороны преподавателя. Автоматизация данного процесса позволит педагогу работать с обобщенным анализом каждого документа и увеличит эффективность проверки работ.

Для решения данной задачи нами был разработан сервис «Анализатор педагогической практики» [1]. Данное веб-приложение включает в себя возможность автоматизированной проверки студенческих отчетов по педагогической практике с использованием технологий искусственного интеллекта. Нейросеть проводит анализ прикрепленного документа по заданным критериям (рисунок 1), после чего выставляет балл от 1 до 100 по каждому из них и формирует итоговый отчет, в котором описаны

рекомендации для последующей доработки. У пользователя также есть возможность загружать собственные критерии и проводить оценку на основе конкретных запросов.

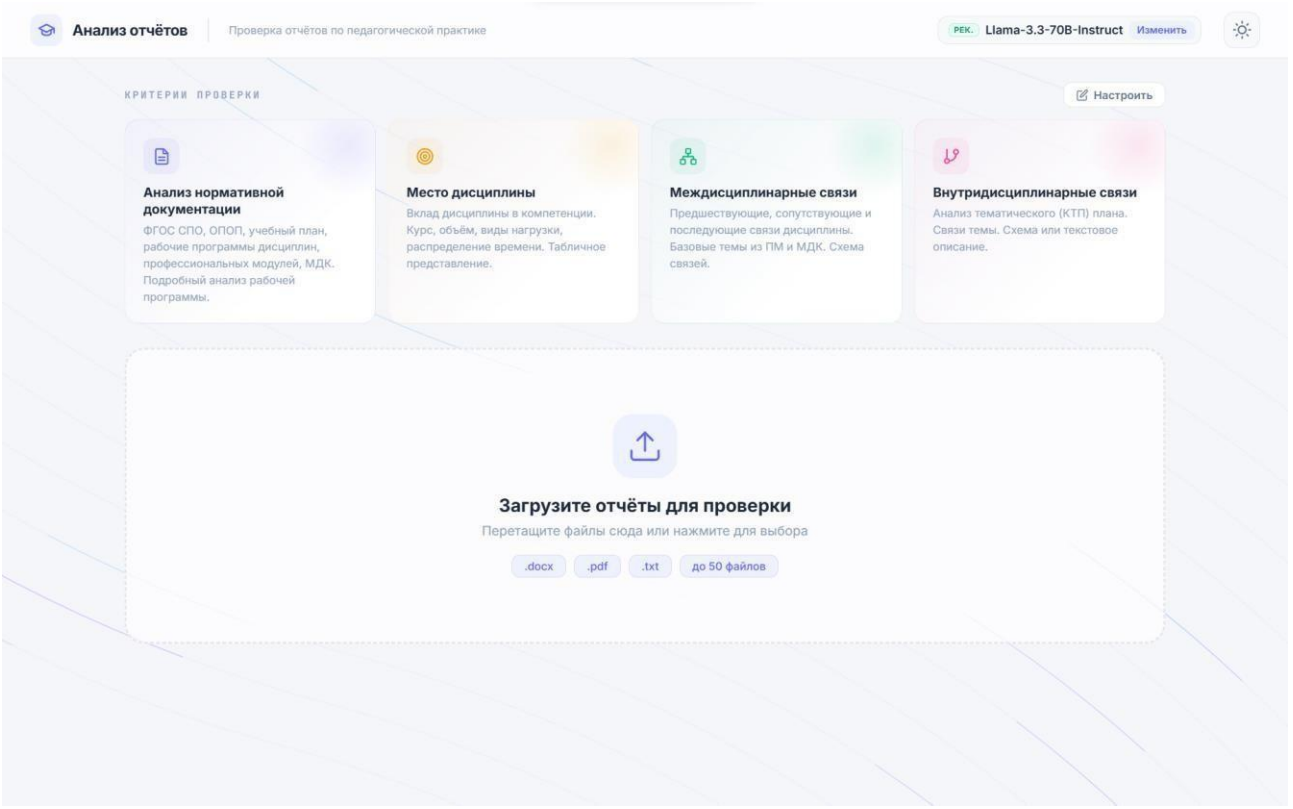


Рис. 1. Анализатор отчетов (denstar-practice.ru)

Возможность загружать до 50 документов единоразово позволяет существенно сократить нагрузку для педагога по проверке отчетов. Однако результаты деятельности технологий искусственного интеллекта являются рекомендациями для преподавателя и студента, а не заменой экспертной оценки преподавателя.

Опыт использования разработанной платформы показывает, что для эффективного взаимодействия с технологиями искусственного интеллекта необходимо уметь формулировать четкие критерии оценивания, поскольку итоговый результат напрямую зависит от заданных установок. Также необходимо критически оценивать результаты отчетов, поскольку технологии искусственного интеллекта могут галлюцинировать и выдавать несуществующую информацию. Итоговое решение должен принимать педагог, учитывая результат деятельности искусственного интеллекта как дополнительный фактор.

Проведенный анализ показывает, что технологии искусственного интеллекта обладают значительным потенциалом для применения в деятельности педагога, в том числе в процессе оценивания работ. Данные технологии позволяют автоматизировать рутинные процессы, что было подтверждено практической применимостью соответствующего веб-приложения. Полноценная интеграция технологий искусственного интеллекта в образовательную деятельность требует целенаправленной подготовки педагогов. Необходимо формировать соответствующие навыки критического анализа результатов деятельности технологий искусственного интеллекта, а также расширять представления о возможностях данных технологий для повышения эффективности профессиональной деятельности педагогов.

Библиографический список

1. Анализатор отчетов по практике : сайт. – Москва, 2026. – URL: http://denstar-practice.ru/ (дата обращения: 01.04.2026)

2. Кубрушко, П. Ф. Развитие инновационной компетентности педагога профессионального обучения в условиях информатизации образования / П. Ф. Кубрушко, Л. И. Назарова // Вестник РМАТ. – 2019. – № 2. – С. 58–64.

3. Симан, А. С. Проблемы применения нейросетевых технологий в образовании / А. С. Симан, В. В. Жиляева, О. А. Шилин // Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации : материалы Всероссийской научно-практической конференции с дистанционным и международным участием, Ульяновск, 15–16 декабря 2025 года. Том 1. – Ульяновск : ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство «Зебра»), 2026. – С. 477–480.

4. Тарасов, Д. А. Перспективы применения искусственного интеллекта педагогами профессионального обучения в образовательном процессе / Д. А. Тарасов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2025. – № 12-2. – С. 134–138.

5. Технологии искусственного интеллекта в практике современного высшего образования / В. И. Токтарова, О. Г. Попова, И. И. Сагдуллина, В. А. Белянин // Вестник Марийского государственного университета. – 2023. – Т. 17, № 2 (50). – С. 210–220.

6. Deepshikha, D. A systematic review on the future of educational assessment: AI-driven grading and personalized feedback in higher education / D. Deepshikha // Artificial Intelligence in Education. – 2025. – P. 1–41.

7. Williams, A. Integrating Artificial Intelligence into Higher Education Assessment / A. Williams // Intersection: A Journal at the Intersection of Assessment and Learning. – 2025. – Vol. 6, No. 1. – DOI 10.61669/001c.131915.

УДК 378.14.015.62:004

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Тищенко Андрей Владимирович, *главный инженер проекта ООО «Новые строительные технологии», tishchenko.av@mail.ru*

Научный руководитель – ***Шингарева Марина Валентиновна,*** *к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, shingareva@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье обосновывается целесообразность использования технологии виртуальной реальности (VR) в профессиональном образовании. Проанализированы преимущества и ограничения VR-обучения, выделены требования к подготовке преподавателей. Предложены методические рекомендации по интеграции VR в образовательный процесс.*

Ключевые слова: *виртуальная реальность, VR-технологии, профессиональное образование, подготовка преподавателей, иммерсивное обучение.*

Технологии виртуальной реальности (VR) активно внедряются в различные сферы деятельности, включая образование. В профессиональном обучении VR позволяет моделировать производственные ситуации, безопасные для обучающихся, и обеспечивать многократное повторение действий без затрат на оборудование и материалы. В связи с этим актуальным становится исследование дидактического потенциала VR и разработка условий его эффективного применения в профессиональном образовании.

Цель статьи – выявить особенности применения VR в профессиональном образовании и определить условия эффективного использования данной технологии.

Исследование базируется на анализе российских и зарубежных публикаций, посвященных применению VR в образовании. Использованы методы: теоретический анализ, сравнение, обобщение педагогического опыта, контент-анализ программ подготовки преподавателей VR.

VR-технологии обладают значительным дидактическим потенциалом. К их основным преимуществам относятся:

- *иммерсивность* – эффект присутствия, который повышает мотивацию обучающихся;
- *безопасность* – возможность отрабатывать навыки в опасных условиях, таких как строительные или горнодобывающие площадки;
- *доступность* – равный доступ к учебному оборудованию для всех студентов;
- *повторяемость* – возможность многократной переподготовки без дополнительных затрат [2, 4].

По данным исследований, обучение на VR-платформах сокращает количество ошибок при выполнении задач на 30–40 % по сравнению с традиционным обучением [6, 7].

Вместе с тем существуют ограничения и риски, связанные с внедрением VR. К ним относятся: высокая стоимость начального этапа, включая приобретение гарнитур, лицензий и разработку контента; эргономические проблемы, такие как головокружение и укачивание, в связи с чем рекомендуемая длительность непрерывного сеанса не должна превышать 30–45 минут; разная готовность образовательных организаций к использованию VR, выражающаяся в отсутствии опыта или необходимой технической базы; а также отсутствие унифицированных методических рекомендаций по интеграции VR в профессиональные образовательные программы с учетом отраслевой специфики [2, 5].

Внедрение VR требует пересмотра требований к профессиональной компетентности преподавателя [1, 3]. Можно выделить следующие ключевые компетенции преподавателя, работающего с VR: технические, методические, коммуникативные и рефлексивные.

Технические компетенции обеспечивают возможность практической работы с VR-оборудованием и программным обеспечением. Они включают: настройку VR-гарнитур и периферийного оборудования, установку и обновление программного обеспечения, диагностику типовых неисправностей, организацию безопасного рабочего пространства. Без владения этими умениями и навыками преподаватель не сможет оперативно начать занятие и будет зависеть от технического специалиста, что снижает гибкость использования VR в образовательном процессе.

Методические компетенции связаны с проектированием и организацией учебного процесса с использованием VR. Они включают: определение места VR в структуре учебной дисциплины (изучение нового материала, отработка навыков, контроль, повторение); постановку дидактических целей, достижимых именно средствами VR; выбор готовых VR-симуляций или постановка задачи на разработку контента под конкретные образовательные цели; оценку качества и безопасности учебных VR-сцен; определение последовательности действий студента в VR, а также разработку критериев оценки действий студентов в виртуальной среде.

Коммуникативные компетенции обеспечивают эффективное взаимодействие преподавателя со студентами в процессе работы с VR. Они включают: проведение инструктажа перед работой в VR, сопровождение деятельности студентов в процессе погружения (наблюдение, оперативные подсказки), организация обратной связи после VR-сеанса, распознавание признаков дискомфорта у студентов (головокружение, утомление) и своевременная корректировка режима работы. Коммуникативные компетенции становятся особенно значимыми, так как VR создает сильный эффект присутствия, и студент может испытывать эмоциональные реакции (страх, растерянность, восторг), с которыми преподаватель должен уметь работать.

Рефлексивные компетенции связаны с самоанализом и профессиональным развитием преподавателя в контексте использования VR. Они включают: анализ достижения дидактических целей VR-занятия, интерпретация данных (логов) VR-системы о действиях студентов, выявление типовых ошибок и корректировка методики, самообучение и освоение новых VR-платформ. Рефлексивные компетенции обеспечивают непрерывное улучшение качества преподавания и позволяют преподавателю оставаться «не просто пользователем VR, а исследователем своего педагогического опыта».

Таким образом, подготовка преподавателей к использованию VR не должна ограничиваться технической стороной. Ключевое значение приобретают методические, коммуникативные и рефлексивные компетенции, а именно: умение проектировать VR-занятия, сопровождать деятельность студентов в виртуальной среде и анализировать ее результаты, органично встраивая VR в традиционный образовательный процесс.

На основе анализа литературы, а также с учетом практического опыта автора в сфере строительства, обеспечивающего понимание специфики профессиональных задач, подлежащих виртуализации, были разработаны методические рекомендации по внедрению VR в профессиональное образование. Они включают следующие положения.

Дозированное использование. Непрерывная работа в VR не должна превышать 30–45 минут.

Сочетание с традиционным обучением. VR рекомендуется использовать как дополнительное, а не заменяющее средство.

Предварительная подготовка преподавателей. Обязательное прохождение курсов повышения квалификации.

Оценка результатов. Сравнение успеваемости групп, обучавшихся с применением VR и без него (контрольные срезы знаний).

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что VR-технологии являются эффективным, но не универсальным инструментом профессионального образования. Они обеспечивают высокую мотивацию, безопасность, доступность и повторяемость учебных действий, однако требуют значительных начальных инвестиций, учета эргономических ограничений и специальной подготовки преподавателей. Рекомендуется использовать VR в качестве дополнительного средства обучения, органично встраивая его в сложившуюся дидактическую систему. При этом дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку стандартов оценки качества VR-контента и методик его внедрения в подготовку по конкретным профессиям.

Библиографический список

1. Кубрушко, П. Ф. Формирование цифровой компетентности преподавателя колледжа в процессе непрерывного образования / П. Ф. Кубрушко, М. В. Шингарева, Ю. А. Атапина // Вестник РМАТ. – 2021. – № 2. – С. 78–84.

2. Профессиональное образование: методология, технологии, опыт внедрения : монография / Е. Н. Трофимов, В. А. Жидких, Н. Н. Лагусева [и др.]. – Москва : ИД Университетская книга, 2022. – 234 с.

3. Рачеев, Н. О. О цифровой подготовке кадров при внедрении VR-технологий в образовательный процесс российских вузов / Н. О. Рачеев, Н. Е. Махлейт // Знания молодых – будущее России : сборник статей XX Международной студенческой научной конференции, Киров, 06–08 апреля 2022 года. Ч. 5. – Киров : Вятский ГАТУ, 2022. – С. 259–261.

4. Симбирских, Е. С. Дидактический потенциал робототехнических VR-конструкторов в программах подготовки агроинженеров для отечественного АПК / Е. С. Симбирских, Н. О. Рачеев // Агроинженерия. – 2021. – № 2 (102). – С. 75–79.

5. Тарасов, Д. А. Перспективные направления развития областей искусственного интеллекта, применяемых в образовательном процессе / Д. А. Тарасов // Материалы Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной

150-летию со дня рождения А. Я. Миловича : сборник статей, Москва, 03–05 июня 2024 года. – Москва : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024. – С. 572–575.

6. Establishing the Usability of a Virtual Training System for Assembly Operations within the Automotive Industry / A. Langley, G. Lawson, S. Hermawati [et al.] // Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries. – 2016. – Vol. 26, no. 6. – P. 667–679. – https://doi. org/10.1002/hfm.20406.

7. Maddox, W. T. Training for Retention in Virtual Reality and Computer-Based Platforms / W. T. Maddox // Training Industry. – 2017. – 13 November. – URL: https://web.archive.org/web/20210123074102/https://trainingindustry.com/articles/learning-technologies/training-for-retention-in-virtual-reality-and-computer-based-platforms/

УДК 159.99:378

ЭКОПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ: ОТ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ К ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ РЕПРЕЗЕНТАЦИЯМ

Фуртуна Валерия Андреевна, *аспирант кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, lerochkazn@mail.ru*

Научный руководитель – ***Панюкова Юлия Геннадьевна,*** *д.пс.н., профессор кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, panuykova@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье показана смена парадигмы в восприятии образовательной среды через экопсихологическую призму, прослеживается эволюция от оценки материальных физических переменных (освещение, акустика и архитектурный дизайн) к анализу субъективных психологических конструктов, или «образа места». Среда рассматривается как динамический катализатор личной активности, способствующий созданию возможностей для самореализации и межличностного взаимодействия среди участников образовательного процесса.*

Ключевые слова: *экопсихологический подход, образовательная среда, психологическая репрезентация, образ места, субъектность, физические параметры среды, аффордансы, методика «Топограмма», психологическое благополучие, пространственно-предметный компонент.*

В современном психологическом дискурсе исследование образовательной среды претерпевает значительные изменения, переходя от изучения внешних условий к исследованию сложных внутренних конструкций, управляющих жизненными процессами субъекта. Экопсихологическая парадигма, в основе которой лежат работы Г. А. Ковалева, В. И. Панова и В. А. Ясвина, рассматривает образовательную среду как «социально-экологическую систему» [1, с. 44]. В рамках этой концепции психологическое функционирование человека рассматривается как неразрывно связанное с качественными характеристиками окружающей среды. Следовательно, главная задача при оценке эффективности учреждения заключается в переходе от оценки объективных физических переменных (таких как архитектурный дизайн, освещение и акустика) к интерпретации субъективных психологических представлений, часто называемых «образом места». Как подчеркивают Ю. Г. Панюкова, О. Б. Сладкова и Е. Н. Панина, такое представление – это не просто пассивное отражение физической реальности, скорее, это сложная ментальная

модель, синтезированная посредством активного взаимодействия индивида с окружающей средой [4].

Таблица 1

Трансформация объективного параметра среды в отечественных исследованиях

Объективный параметр среды	Психологическая репрезентация (образ)	Результирующий эффект для личности
Архитектура и метраж (физический)	Чувство приватности или «тесноты»	Психологическая безопасность, автономность
Освещенность и шум (сенсорный)	Ощущение комфорта или агрессивности среды	Психоэмоциональный фон, работоспособность
Техническое оснащение (предметный)	Возможность для творчества («аффорданс»)	Субъектная активность, мотивация
Социальное окружение (группа)	Чувство принадлежности или отчужденности	Социальное благополучие, идентификация

«Топограмма» функционирует как схематическое поле, где участники пространственно располагают значимые элементы окружающей среды. Такой подход облегчает переход от восприятия окружающей среды как статической архитектурной сущности к пониманию ее конфигурации в рамках «жизненного пространства» индивида (в левиновском смысле). Эмпирические данные, полученные в исследованиях Ю. Г. Панюковой и Е. Н. Паниной, подчеркивают гетерогенный характер представлений об окружающей среде, выявляя сложную, многослойную внутреннюю структуру [3].

Традиционно базовый анализ образовательных учреждений отдавал приоритет пространственным и материальным характеристикам. В своих основополагающих исследованиях П. А. Кисляков отметил, что физический компонент включает материальные факторы, непосредственно стимулирующие сенсорные системы человека [2, с. 43]. Известно, что неоптимальные физические условия, включая акустические помехи, плохое распределение света или жесткую архитектурную пространственность, вызывают психофизиологический стресс и снижают когнитивные способности учащихся.

Психическое здоровье и благополучие студентов университетов в последние годы являются актуальной проблемой и в зарубежной психологии. Многочисленные исследования подтвердили идею о том, что естественная среда может оказывать положительное влияние на психическое здоровье, но лишь немногие исследования посвящены роли университетской среды на психическое здоровье студентов.

Из-за специфичности стиля жизни при получения высшего образования многие студенты испытывают относительно высокий уровень стресса и, в свою очередь, находятся под более высоким риском психических расстройств, таких как тревога и депрессия.

Причины более высокого уровня стресса среди студентов могут быть связаны с уникальным университетским образом жизни, включая такие факторы, как тревога перед экзаменами, выбор специальностей, жизнь в одиночку впервые и жизнь по расписанию.

Нами был тщательно изучен опыт исследования проблемы влияния окружающей среды кампуса на психологическое состояние студентов различных курсов и выполнена сводная таблица результатов по зарубежным исследованиям (таблица 2 [5]).

Многие исследования показывают, что окружающая среда с естественной обстановкой может оказывать положительное влияние на когнитивные способности и психическое здоровье.

Влияние окружающей среды на физическое здоровье изучалось на примере пространственных моделей ландшафта в окрестностях, ожирения и психического здоровья у детей, а также гестационного сахарного диабета, связанного с наличием зелени в жилых районах.

Все изученные нами исследования имеют ряд ограничений. К ним относится точность ответов на вопросы анкеты, обусловленная особенностями самоотчетного дизайна исследования. Студенты могли реже давать честные ответы о своем психическом здоровье, что может привести к некоторой предвзятости в ответах, которые неточно отражают истинное состояние психического здоровья человека.

На основании результатов этого исследования, проектирование университетов должно обеспечивать наличие окон с видом на природу как в аудиториях, так и, особенно, в жилых помещениях. Дизайнерам также необходимо обеспечить достаточное количество открытых зеленых зон для студентов на территории кампуса. Преподаватели университета также смогут использовать информацию, полученную в ходе этого эксперимента, чтобы помочь студентам улучшить свое психическое здоровье. Студенческие консультанты и советники смогут выявлять на территории кампусов места, которые могут положительно влиять на психическое здоровье студентов, и поощрять их посещение. Улучшение условий на открытом воздухе на территории кампусов и помощь студентам в улучшении их психического здоровья могут также привести к увеличению показателей выпуска и общему улучшению качества жизни студентов.

Таблица 2

Сводная таблица результатов зарубежных исследований в области влияния среды кампуса на психологическое состояние студентов

Исследование (Автор, год)	Группа/Объект исследования	Основные факторы влияния	Ключевые результаты и выводы
Сталлман (2010)	Студенты университетов Австралии	Университетский образ жизни	83,9 % студентов испытывают повышенный стресс (против 29 % среди остального населения).
Робертс и др. (1999)	260 британских студентов	Экономическое положение, долги, работа	Низкий доход и долги напрямую коррелируют с ухудшением психического и физического здоровья, ростом курения и употребления алкоголя.
Махмуд и др. (2012)	508 студентов	Стратегии преодоления трудностей (копинг)	«Неадаптивные» стратегии передвижения/преодоления трудностей – главный предиктор депрессии и тревоги.

Хант и Эйзенберг (2010)	Мужчины и женщины (студенты и нестуденты)	Гендерный фактор	Мужчины чаще склонны к суициду; женщины чаще страдают от тяжелой депрессии и тревожных расстройств.
Ульрих (1986)	Группы в состоянии стресса	Визуальное взаимодействие с растительностью	Визуальный контакт с растениями существенно снижает уровень стресса и тревоги.
Мэйс и др. (2021)	Подростки	Лесные массивы	Нахождение в лесной зоне улучшает когнитивные функции.
Исследование в МГУ (Мичиган), 2021	161 студент MSU (США)	Среда кампуса: физическая активность, виды из окон, безопасность	Изучается связь между «зеленой» инфраструктурой кампуса, активностью на открытом воздухе и уровнем дистресса (по шкале K10).

Библиографический список

1. Ивошина, Т. Г. Экопсихологический подход к организации образовательной среды (опыт индивидуализации обучения) / Т. Г. Ивошина // Психологическая наука и образование. – 1998. – № 1. – С. 43–51.

2. Кисляков, П. А. Экопсихология образовательной среды: подходы к проектированию и мониторингу / П. А. Кисляков // Экология человека. – 2017. – № 4. – С. 42–50.

3. Панюкова, Ю. Г. Диагностические возможности методики «Топограмма» как инструмента исследования психологической репрезентации студентами образовательной среды вуза / Ю. Г. Панюкова, Е. Н. Панина // Семья и личность: проблемы взаимодействия. – 2021. – № 19. – С. 74–82.

4. Панюкова, Ю. Г. Психологическая репрезентация студентами образовательной среды вуза : монография / Ю. Г. Панюкова, О. Б. Сладкова, Е. Н. Панина. – Москва : Альпен-Принт, 2021. – 210 с.

5. The Role of the Campus Outdoor Environment on University Student Mental Health / M. Koning, J.-H. Kim, F. Saeidi-Rizi, N. Durst // Journal of People, Plants, and Environment. – 2022. – Vol. 25, no. 3. – P. 263–272.

УДК 378.14:004.8

МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ НЕДОБРОСОВЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Шилин Олег Андреевич, *специалист по учебно-методической работе учебно-методического управления ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, o.shil3@mail.ru*

*Научный руководитель – **Симан Алексей Сергеевич,** к.п.н., доцент кафедры педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, s-lex-man@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема недобросовестного применения инструментов генеративного искусственного интеллекта студентами в рамках образовательного процесса и способы минимизации рисков академической нечестности в условиях цифровой трансформации образования.*

***Ключевые слова:** академическая нечестность, искусственный интеллект, academic dishonesty, artificial intelligence.*

Внедрение и широкое распространение искусственного интеллекта (ИИ) и, в частности, генеративного ИИ (нейросетей) оказывает значительное влияние на многие сферы жизнедеятельности человека. Сейчас ChatGPT, DeepSeek, YandexGPT и другие подобные им инструменты применяются почти повсеместно как в повседневной жизни, так и в профессиональной или учебной деятельности.

Анализ результатов опроса 107 студентов показал, что процесс обучения – это наиболее популярное направление использования студентами нейросетей (рис. 1). Их используют для генерации идей, структурирования и написания текстов, а также для быстрого получения ответа на вопрос без исследования и погружения в тему. Таким образом, искусственный интеллект может выполнить почти любое задание вместо студентов, лишая их возможности получить или развить знания, умения и навыки, необходимые для дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

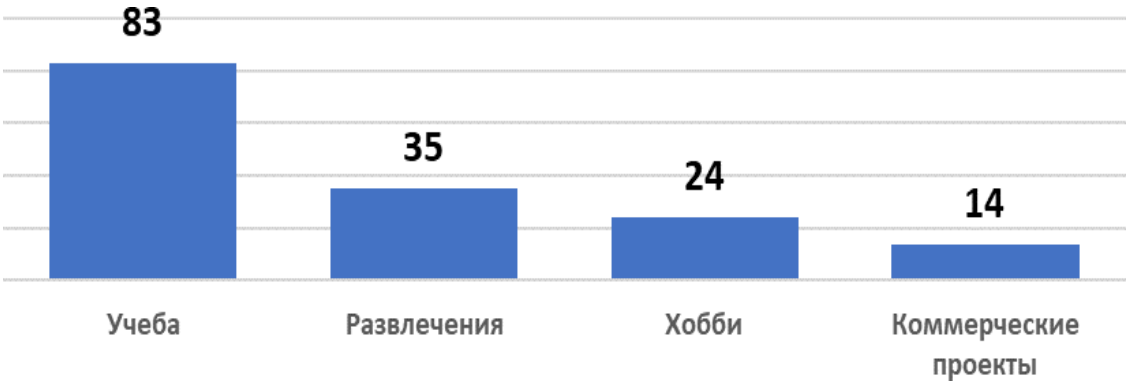


Рис. 1. Распределение ответов студентов на вопрос «Для чего Вы используете нейросети?»

При этом на данный момент не существует единого метода противодействия академической нечестности студентов в результате применения ими искусственного интеллекта. Более того, по результатам исследований, менее чем в 10 % образовательных организаций разработаны рекомендации по работе с нейросетями [2, с. 197]. Однако отдельные преподаватели в частном порядке применяют разнообразные контрмеры, которые можно свести к четырем основным методам.

1. Отказ от внеаудиторной работы.

В совокупности с ограничением доступа к техническим средствам данный метод почти полностью исключает возможность применения нейросетей. Однако в современном мире использование цифровых технологий для решения задач является одним из необходимых элементов профессиональной подготовки, и ограничение работы с техническими средствами затрудняет развитие необходимых навыков. При этом

искусственное ограничение среды для выполнения задания негативно сказывается также и на развитии самостоятельности, навыков саморегуляции и планирования у студентов.

2. Ограничение формата предоставления выполненных работ.

Данный метод не исключает использование нейросетей студентами. Задание все еще может быть выполнено с их помощью. Однако требования к формату принуждают студентов работать с текстом в процессе переписывания его на бумагу. Таким образом, исследовательская и креативная части заданий страдают, но доля информации «оседает» в памяти у студентов в процессе ее переноса из цифрового в аналоговый вид.

3. Использование детекторов ИИ.

Использование специализированных программ облегчает обнаружение применения нейросетей и, соответственно, дает основания не зачесть или снизить отметку за работу в зависимости от процента использования сгенерированного текста. Однако данный метод имеет ряд недостатков:

- он применим только к заданиям, предполагающим развернутое текстовое изложение;
- действительно эффективные программы обнаружения ИИ – платные;
- даже платные программы не могут с абсолютной точностью определить, был ли применен ИИ.

Нейросети и способы их применения постоянно совершенствуются, а в сети постоянно появляются новые способы обхода детекторов ИИ. Таким образом, существует риск ошибки – как пропустить действительно сгенерированный текст, особенно когда используется гибридная схема и часть текста пишется студентом самостоятельно, а часть генерируется нейросетью, так и ложно принять авторский текст за сгенерированный нейросетью. Подобные ошибки сильно снижают мотивацию самостоятельно выполнять работу даже у добросовестно выполняющих задания студентов.

4. Включение промптов или скрытых кодов в текст заданий.

Метод подразумевает включение запросов к нейросети (промптов) в текст задания, которые повлияют на генерируемый ответ. Как и в предыдущем варианте, это облегчает обнаружение ответов, при создании которых использовался ИИ, при этом результат получается гораздо более точный. Скрытый промпт заставляет нейросеть давать заведомо ложный ответ или вписывать в ответ маркер, позволяющий однозначно определить ее использование, что исключает вариант ложного обвинения в применении нейросетей. Это достаточно действенный метод, однако требует от преподавателя определенного уровня умений для корректного и незаметного включения необходимых запросов в текст задания. К тому же, в случае если студент не копирует текст задания, а формулирует запрос к нейросети самостоятельно, данный метод перестает работать.

Каждый представленный метод имеет свои преимущества, однако ни один из них не являются достаточно эффективным ответом на нелегитимное использование генеративного ИИ студентами, так как все они имеют значительные издержки или ограничения применения. Также стоит отметить, что все эти методы пытаются ограничить использование нейросетей, заставить студентов вернуться к традиционному формату обучения, не учитывая актуальные технологические тенденции.

Ограничение или запрет применения генеративного ИИ в современных условиях не является подходящим методом противодействия академической нечестности студентов при применении искусственного интеллекта. Вместо попыток удержать студентов от применения ИИ, этот процесс следует сделать контролируемым.

Основной проблемой применения нейросетей студентами является отсутствие навыков работы с данным инструментом. Непонимание принципа работы генеративного ИИ приводит к отсутствию критического подхода при взаимодействии с ним, что, в свою очередь, стимулирует желание студентов почти полностью переложить решение учебных задач на нейросеть. Помимо этого, студенты не умеют и не видят необходимости создавать качественные и грамотные промпты для получения корректных и точных ответов, что

создает риск неглубокого, поверхностного понимания информации, использования непроверенных источников и фальсификации научных данных [1, с. 782; 3, с. 479].

Таким образом, основным направлением противодействия академической нечестности при использовании нейросетей является формирование у обучающихся умений их грамотного использования. При этом данное направление не может быть единственной мерой. В рамках обучения умениям и навыкам работы с нейросетями необходимо также и формировать культуру академической честности: объяснять необходимость соблюдения этических норм при использовании ИИ, информировать о последствиях плагиата, а также формировать среду, в которой студенты будут склонны обращаться к проверенным источникам, а не прибегать к недобросовестному использованию ИИ [4, с. 382]. Этому способствует, например, включение в электронные учебные курсы программного обеспечения, облегчающего доступ к источникам из электронных библиотек.

Вместе с тем стоит обратить внимание на содержание и формы учебных заданий. Для предотвращения нелегитимного применения нейросетей могут быть использованы задания, предполагающие применение ИИ как одного из этапов работы с последующим обязательным анализом, интерпретацией и критической оценкой полученных результатов со стороны обучающихся.

Наиболее эффективным решением проблемы недобросовестного применения искусственного интеллекта студентами в учебной деятельности является совокупность изложенных методов для повышения уровня осведомленности как об ограничениях нейросетей, так и о последствиях их некорректного использования. При этом в некоторых вузах уже происходят экспериментальные попытки контролируемого внедрения нейросетей в образовательный процесс и регламентации их использования. Так, например, в РАНХиГС в 2023 году около 750 студентов прошли обучение по работе с инструментами генеративного ИИ, а НИУ ВШЭ в 2024 году в рамках экспериментальной группы разрешила использовать нейросеть в процессе написания дипломной работы [2, с. 200–201].

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что в настоящее время система образования активно занимается освоением современных технологий и повышением готовности участников образовательного процесса к их применению, и подтверждают неэффективность метода ограничения использования нейросетей.

Библиографический список

1. Бермус, А. Г. Преимущества и риски использования ChatGPT в системе высшего образования: теоретический обзор / А. Г. Бермус // Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2024. – № 8. – С. 776–787.

2. Кеннон, О. В. Проблема использования нейросетей и инструментов искусственного интеллекта обучающимися вузов: этический аспект / О. В. Кеннон, П. В. Пустошило, А. А. Иванцов // Russian Journal of Education and Psychology. – 2025. – № 3. – С. 192–210.

3. Симан, А. С. Проблемы применения нейросетевых технологий в образовании / А. С. Симан, В. В. Жиляева, О. А. Шилин // Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации. – 2026. – Том 1, часть 2. – С. 477–480.

4. Тедорадзе, Т. Г. Методы противодействия академической нечестности студентов при организации самостоятельной и проектной работы с помощью искусственного интеллекта / Т. Г. Тедорадзе, Е. П. Ольховская // KANT. – 2025. – № 3 (56). – С. 379–384.

УДК 94(47) “1919”

СОДЕРЖАНИЕ ЗАПИСКИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ СОВЕТА МИНИСТРОВ ОМСКОГО ПРАВИТЕЛЬСТВА П.В. ВОЛОГОДСКОГО «ОСНОВЫ АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ ПРАВИТЕЛЬСТВА» (МАРТ 1919 Г.)

Миронюк Сергей Алексеевич, *старший преподаватель кафедры истории Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, privetsergey95@mail.ru*

Аннотация: *В статье рассматривается содержание одного из значимых документов времен Гражданской войны в России – записки председателя совета министров омского правительства П.В. Вологодского «Основы аграрной политики правительства». В ней были обозначены сущность и цели этой политики, а также предполагаемые шаги по ее реализации.*

Ключевые слова: *Гражданская война в России, Белое движение, А.В. Колчак, П.В. Вологодский, аграрный вопрос.*

1919 г. был временем решающих сражений между РККА и Белыми армиями в Гражданской войне в России. Каждая из сторон ставила цель привлечь на свою сторону крестьянство – самой многочисленной категории населения, – чтобы пополнить армию и расширить социальную базу власти. Для этого следовало решить аграрный вопрос, который предопределял переход крестьян на сторону РСФСР или Белого движения. Поэтому Гражданская война в России была «тесно переплетена с решением острейшей проблемы в стране – аграрного вопроса» [1, с. 801].

Проблема решения этого вопроса получила широкое исследовательское направление в историографии Гражданской войны [2-6]. Как замечает д.и.н. В.Ж. Цветков, «весьма мало работ, отражающих особенности экономического положения на территориях, контролируемых белыми правительствами, в частности проблемы аграрной политики белогвардейских правительств» [7, с. 53; 8, с. 644].

Белогвардейские правительства готовили документы, в которых содержались идеи и предложения решения земельной проблемы. В этой связи интересна записка председателя совета министров колчаковского правительства Петра Васильевича Вологодского. Она носила заголовок «Основы аграрной политики правительства» (март 1919 г.) [9, с. 296-298]. Документ состоит из двух разделов – «А» и «Б».

В разделе «А» П.В. Вологодский отмечал, что аграрная политика правительства должна была в первую очередь соответствовать естественному, вызываемому общими законами развития русского сельского хозяйства, ходу вещей в области земельных отношений. По его мнению, «этот естественный ход вещей выражается главным образом: а) в усилении мелкого землевладения за счет крупного, и б) в переходе общинного владения землей в мелкое единоличное владение» [9, с. 296]. Правительственная аграрная политика должна была быть экономически целесообразной, «стремясь в рамках, позволяемых обстоятельствами, к созданию таких форм землепользования, которые допускают и вызывают прогресс в сельском хозяйстве, и избегая всеми мерами содействия развитию регрессивных форм хозяйства» [9, с. 296]. Также должна была образоваться многочисленная масса материально обеспеченных граждан, дорожащих сложившимся социальным порядком и лояльных государству граждан.

Вместе с тем необходимо было считаться с уже сложившимися стихийно в условиях анархии отношениями в области землепользования и с наблюдавшимся иногда у крестьян в виде пережитка отрицательным отношением к институту частной земельной собственности и предпочтением общинного владения землей.

Завершается раздел «А» мыслью о том, что «в переходное время необходимо поддерживать такой порядок в землепользовании, который обеспечивал бы возможность непрерывного хозяйствования на земле ради обеспечения прежде всего продовольственных нужд страны» [9, с. 297].

Раздел «Б» начинается с определения цели аграрной реформы правительства: она должна была заключаться в насаждении за счет крупного землевладения мелкого трудового хозяйства на основе частной собственности с допущением и «факультативного общинного землевладения». Деятельность правительства должна была сводиться к тому, чтобы обеспечить за каждым пользователем землей, захватившим землю до установления общего ясного порядка в землепользовании, права на продукт его труда и затрат, то есть на урожай. В распоряжение государства переходят земли, вышедшие из фактического обладания их законных владельцев, для скорейшего установления порядка в пользовании такими землями. Также должны быть ясно определены условия пользования землей «настоящих самовольных пользователей чужой землей с возможным предоставлением им освоенной ими земли в аренду» [9, с. 297].

Далее следовало предоставить «известным категориям арендаторов» права преимущественного приобретения находящейся в пользовании земли в собственность «в пределах имеющих быть установленными норм». Принудительно возвращались законным собственникам земли, вообще не подлежавшие принудительному отчуждению, в первую очередь общественные земли, владения отрубников, земли, имевшие общегосударственное значение и тому подобное. Не допускалась частная купля-продажа земли под контролем государственной власти, запрещались лишь сделки, которые могли бы усилить крупное землевладение за счет мелкого, с поощрением «обратных сделок», которые бы превращали крупное хозяйство в ряд мелких, и с терпимым отношением к «безразличным в этом смысле сделкам». Крупных земельных собственников следовало заставить скорее ликвидировать свои владения «на намеченных государством основаниях путем установления тяжелого прогрессивного земельного обложения и затем путем установления предельного срока, после которого ликвидация может быть осуществлена в принудительном порядке» [9, с. 298].

Следовало усилить «развитие государственного земельного банка, в который должен быть преобразован Крестьянский банк», и предоставить государству в лице банка или иных учреждений в целях ускорения желательного процесса и устранения земельной спекуляции право преимущественной покупки земель, право общего запрещения «в некоторых случаях земельных сделок в известной местности» и право принудительно отчуждать крупные земельные владения для устройства на них мелкого трудового хозяйства «с упрощением порядка, устанавливаемого действующими на сей предмет законоположениями» [9, с. 298]. По соображениям экономической целесообразности допускались исключения из общего плана реформы, то есть сохранить наиболее жизненные крупные владения землей, допустить даже развитие вновь капиталистического хозяйства в тех землях, где невозможно мелкое, например на некоторых сибирских землях.

Таким образом, записка председателя совета министров омского правительства П.В. Вологодского «Основы аграрной политики правительства» (март 1919 г.) представляется важным историческим документом времен Гражданской войны в России, который расширяет возможности исследования аграрного вопроса в годы внутриполитического противостояния, а также социально-экономической программы Белого движения.

Библиографический список

1. Миронюк С.А. Решение аграрного вопроса в декларации российского правительства А.В. Колчака (8 апреля 1919 г.) [Текст] / С.А. Миронюк // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии : Сборник статей, Москва, 02–04 июня 2025 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2025. – С. 801-803.

2. Дурноглазов В.Е., Сойников А.А. Аграрная политика А.В. Колчака [Текст] / В.Е. Дурноглазов, А.А. Сойников // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2017. – Т. 11. № 1. – С. 97-101.

3. Кошечкина Е.А. Внутренняя аграрная политика правительства А. В. Колчака [Текст] / Е.А. Кошечкина // Омский научный вестник. Серия Общество. История. Современность. – 2020. – Т. 5. – № 3. – С. 20-24. – DOI 10.25206/2542-0488-2020-5-3-20-24

4. Цветков В.Ж. Особенности отношения южнорусского крестьянства к реализации аграрной политики деникинского правительства в 1918-1920 гг. [Текст] / В. Ж. Цветков // Гражданская война в России: Жизнь в эпоху социальных экспериментов и военных испытаний, 1917-1922: Материалы XI Санкт-Петербургского международного коллоквиума по русской истории, Санкт-Петербург, 10–13 июня 2019 года. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью "Нестор-История", 2020. – С. 410-416. – DOI 10.51255/978-5-4469-1699-3_2020_410

5. Цветков В.Ж. Особенности разработки и обсуждения проекта земельной реформы на белом Юге России летом - осенью 1919 года [Текст] / В.Ж. Цветков // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 80-93. – DOI 10.15688/jvolsu4.2022.4.8

6. Цветков В.Ж. Особенности формирования и основные приемы пропаганды аграрно-крестьянской политики Российского правительства адмирала А.В. Колчака в 1919 г. [Текст] // Локус: люди, общество, культуры, смыслы. – 2024. – Т. 15, № 4. – С. 48-63. – DOI 10.31862/2500-2988-2024-15-4-48-63

7. Цветков, В. Ж. Белое дело в России: 1917-1919 гг. [Текст] / Василий Цветков. – Москва: Яуза-Каталог, 2019. – 1056 с.

8. Миронюк С. А. Сельское хозяйство белого Юга России в 1919 Г. В докладе Г.К. Хольмэна от 8 октября 1919 г. [Текст] / С. А. Миронюк // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева : Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 643-646.

9. Записка председателя совета министров омского правительства П.В. Вологодского «Основы аграрной политики правительства» (март 1919 г.) [Текст] // Программные документы Белого движения: Сборник. – М.: Ruinaissance, 2025. – С. 296-298.

УДК 130.2:1(38)

АНТИФОНТ: ПРОБЛЕМА ПРИРОДЫ И ЗАКОНА В ДРЕВНЕГРЕЧЕСКОЙ ФИЛОСОФИИ

Донских Ксения Юрьевна, *доцент кафедры философии Института экономики и управления АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ks.donskih@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье анализируются главные идеи Антифонта как одного из значимых представителей интеллектуальной культуры Афин второй половины V в. до н. э. Особое внимание уделяется его трактовке соотношения природы и закона, а также пониманию справедливости, человеческой природы и социального порядка. Указано, что Антифонт, не просто ритор и софист. Он выходит за рамки риторической практики и задается вопросами о происхождении норм, границах общественного принуждения и человеческого существования. Это говорит о том, что дошедшие до современности фрагменты сочинений Антифонта позволяют рассматривать его как одного из ранних теоретиков политико-правовой и философско-антропологической проблематики.*

Ключевые слова: *Антифонт, софистика, закон, природа, Афины, справедливость, древнегреческая философия, философская антропология, политическая мысль.*

Антифонт занимает видное место в истории древнегреческой мысли. Учитель Фукидида [1, с. 13], в отличие от более известных софистов — Протагора и Горгия, — он дошёл до нас главным образом во фрагментах, однако именно эта фрагментарность не помешала его идеям оказать значительное влияние на последующее осмысление права, справедливости и человеческой природы. Его важнейшими сочинениями являются трактаты «Об истине» и «О согласии», в них он наиболее четко формулирует проблематику противопоставления природы и закона.

Софисты, к числу которых относят и Антифонта, были не просто учителями риторики. Они являлись профессиональными интеллектуалами, которые действовали в условиях политически активного полиса и предлагали образование, которое гарантировало успех в публичной жизни. Антифонт являлся наиболее активным представителем этого движения. В своих сочинениях он переносит обсуждение из сферы только практического красноречия в плоскость философского анализа: почему справедливость обязательна, что лежит в основании закона, почему человеческая природа нередко вступает в конфликт с общественными предписаниями. Он является одной из ключевых фигур античной политической и антропологической мысли.

Интеллектуальная жизнь Афин в то время была отмечена повышенным интересом к вопросам языка, воспитания, соотношения права и общественного устройства. Софисты действовали в мире, где демократические институты делали слово важнейшим инструментом политического влияния, в связи с чем обучение публичному выступления и ораторскому искусству играло важную роль. Они занимались и более широкими вопросами — природой истины, соотношением общественной пользы и личной выгоды, релятивности норм. Антифонт в этом движении является одним из наиболее заметных представителей наряду с Протагором, Горгием, Гиппием и Продиком.

Особенностью его философии является несводимость метода к технике убеждения. Сохранившиеся фрагменты его работ напрямую свидетельствуют его стремление выработать единую позицию по вопросам закона, природы и справедливости. Здесь он просто «софист» в негативном значении этого слова, мыслитель, активный участник важной для классической Греции дискуссии о степени важности природной необходимости и условности человеческих установлений. Взгляды Антифонта важны не только для истории риторики, но и для истории философии, политической теории и правовой мысли.

Самая известная и важная линия мысли Антифонта связана с противопоставлением природы и закона (обычая). Его трактат «Об истине» разворачивает смелую антитезу между требованиями природы и требованиями закона, утверждая, что человеку выгоднее следовать природе, если нарушение закона не будет замечено другими. Этот тезис имеет важное значение, утверждая, что общественная норма мыслится не как безусловная данность, а как что-то внешнее и довольно часто принудительное по совей своей сути и отношению к человеку. Здесь затрагивается одна из главных тем греческой мысли: различие между тем, что существует «по природе» и тем, что существует «по закону». Закон основан на соглашении, привычке и санкциях. Природа же выражает более первичные и универсальные основы жизни человека. По мнению Антифонта, многие вещи, которые обычно признают законными, оказываются враждебными природе. Предописания закона могут регулировать как следует видеть, слышать, говорить, делать и даже желать. Тут возникает конфликт между естественной жизнью и дисциплинирующим механизмом социальной нормы.

Иногда в Антифонте видят лишь просто апологета произвола. Но современные исследователи его творчества часто подчеркивают, что он не просто осуждал закон, а стремился понять саму проблематику законности. По его мнению, закон не только не тождественен природе, более того, он накладывает дополнительные ограничения. Здесь Антифонт важен не как разрушитель всякой этики, а как критик непродуманного подчинения закону.

Еще одно ключевое место в его философии отводится понятию справедливости. Из дошедших свидетельств следует, что она может пониматься как невмешательство в законы того полиса, гражданином которого является человек. Подобный вопрос вызывает внутренне напряжение. Если закон имеет значение и силу лишь в рамках соглашения между людьми, то его обязательность зависит от внешнего контроля, наказания и общественного мнения. Природное же, связано не с мнением, а с действительным вредом или пользой, которое может испытать человек. Нарушать закон опасно, если это заметят; нарушение природного опасно само по себе.

Подобный ход мысли, поднимает важную философскую проблему —моральный и правовой порядок не могут быть поняты только как совокупность запретов. По Антифонту, необходимо прояснить, соответствуют ли они структуре человеческой жизни, потому что, если нормы причиняют страдания, ограничивают естественные потребности, укрепляют неравенство — эти нормы требуют критического рассмотрения. Здесь прослеживается нить философских рассуждений Антифонта. Он не отвергает законы общества как таковые, но требует соотносить внешние нормы с природой человека.

Исследователи отмечают, что в трактате «О согласии» так же критикуется бездумное принятие установлений закона. Таким образом, его философия не сводится к простой формулировке — «природа хороша, закон плох». Речь идет о более сложной задаче: каким образом возможно общественное согласие, если нормы должны быть не просто навязаны, а осмыслены в их отношении к человеческой природе.

Еще одним важным штрихом в философской концепции Антифонта, является утверждение о природном сходстве людей. Ему приписывают мысль, что по природе греки и варвары устроены одинаково: едят руками, дышат воздухом, имеют одни и те же базовые потребности. «Антифонт в том же фрагменте четко разъясняет свое видение природы: она совершенно конкретна и сводится к физиологии. А вот значение законов оказывается «культурным»: если от природы, т.е. физиологически, греки и варвары одинаковы, то, что, как не законы, обусловило культурные различия? Словом, варвары подобны грекам разве только физиологически, а «веления природы», о которых говорится в трактате, не более чем минимальные требования, игнорирование которых всегда чревато физическим вредом. К счастью, эти требования исполняются непроизвольно и не требуют никаких усилий к самоконтролю. Благодаря своей необременительности человеку они приносят только свободу. Пример требования такого рода — необходимость дышать» [2, с. 95]. Этот фрагмент наглядно указывает на то, что софистическая мысль была способна поставить более сложные вопросы о человеке, нежели только полисные различия и основания человеческого единства. Здесь философия Антифонта приобретает явное антропологическое измерение. Его человек — это природное существо, которое обладает телесностью и потребностями, способен страдать. Эта исходная общность, намного важнее многих социальных разграничений, которые полис возводит в ранг истины. Исходя из этого, Антифонт может рассматриваться как один из первых мыслителей, который отважился поставить вопрос об абсолютности культурно-политических барьеров, подготовив таким образом почту для последующих концепций о человеке.

Значение его философии, вовсе не исчерпывается количеством дошедших до нас фрагментов. Антифонт интересен остротой поставленных вопросов и ответов на них. Он одним из первых перевел проблему закона из практической области в теоретическую — закон, это результат человеческого решения, значит, его нужно соотносить с природой, пользой и справедливостью. Такая установка, делает Антифонта предтечей последующих дискуссий о естественном праве и социальных нормах. Не меньшую роль он сыграл и в вопросах софистики. Из платоновской критики, о софистах известно, как о разрушителях истины. Однако сегодня, подобная установка воспринимается скорее, как однобокая. В творчестве Антифонта видно, что софистика — это не только искусство спора, но и место для серьезных философских изысканий. Мыслитель ставит под сомнение сами общественные нормы, тем самым давая возможность рациональной критике самого

общественного порядка. Несмотря на отрывочность сохранившихся источников и непрекращающиеся споры о его биографической идентичности [3, с. 389], содержание текстов Антифонта позволяет говорить о нем как о крупном теоретике не только общественного закона, но и человеческой природы. Учение о соотношение природы и закона выводит на первый план не только проблему самого основания закона, но и пределов социальной справедливости. Антифонт интересен не только как исторический персонаж [4, с. 184], но и как философ, чьи идеи звучат по-прежнему современно.

Библиографический список

1. Суриков И.Е. Антифонт - первый в Европейской прозе эксплицитный выразитель коллизии "человек/текст" [Текст] // Люди и тексты. Исторический альманах. – 2018. – № 11. – С. 11-49.

2. Чалаби Б.Ф. Dike и закон в сочинениях Антифонта Рамнунтского [Текст] // Труды Института государства и права Российской академии наук. – 2013. – № 2. – С. 92-104.

3. Афонасин Е.В. Антифонт. Фрагменты и свидетельства // Schole. Философское антиковедение и классическая традиция. – 2021. – Т. 15, № 1. – С. 386-421.

4. Суриков И.Е. Проблемы эволюции этико-политических взглядов Антифонта в связи с хронологией его творчества [Текст] / И. Е. Суриков // Вестник РГГУ. Серия: Литературоведение. Языкознание. Культурология. – 2023. – № 9-2. – С. 183-199.

УДК 346.9

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СФЕРЫ АПК КАК ФОРМА КООРДИНАЦИИ ПУБЛИЧНЫХ И ЧАСТНЫХ ИНТЕРЕСОВ

Максуров Алексей Анатольевич, *кандидат юридических наук, преподаватель **к**афедры теории и истории государства и права ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова», alex.maks.yarosl@gmail.com*

Аннотация: *предложено усовершенствовать правовое регулирование сферы АПК путем систематизации законодательства о сельскохозяйственной деятельности. Обоснована возможность применения учета, консолидации и инкорпорации норм законодательства как форм систематизации. Сделан вывод о систематизации как эффективной форме согласования интересов.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственная деятельность, правовое регулирование, систематизация, координация, эффективность*

В современных условиях экономическая эффективность агропромышленного производства в своем публичном аспекте во многом зависит от уровня его правового регулирования. Правовое регулирование агропромышленной сферы, в свою очередь, представляет собой область столкновения публичных и частных интересов.

С одной стороны, значительная часть вопросов сельскохозяйственной деятельности (причем, не только животноводства или, например, растениеводства, но и сопутствующих областей, вроде вопросов мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, биологических исследований, прикладной ветеринарии) урегулирована методами и способами публичного права в публичных (государства и общества) интересах [6, с.1443-1446]. С другой стороны, сельскохозяйственное производство – традиционная сфера частных интересов, как производителей и переработчиков сельскохозяйственной продукции, так и ее конечных потребителей – физических лиц. Различение происходит не только по субъектно-объектному составу, но и по предметной области правового воздействия [7, с.1447-1449], что еще более усложняет ситуацию согласования публичных и частных интересов в рамках единой системы государственно-правового регулирования.

Способом преодоления противоречий между интересами разного вида и уровня в праве выступает юридическая координация. Координация предполагает взаимный учет и согласование объективно различных интересов субъектов права [1, с. 18]. В сфере сельскохозяйственного производства такое согласование позволит получить синергетический эффект от оптимизации правового регулирования и повысить экономическую эффективность сельскохозяйственного производства, что особенно актуально в условиях макроэкономических кризисных явлений и ситуаций [2, с.75], как это бывает, например, в период эпизоотий, эпидемий и техногенных катастроф [4, с.29].

В науке рассматриваются различные формы согласования публичных и частных интересов, в том числе, изначально – на научном уровне [5, с.16], а впоследствии – и на уровне законодательства. Одной их таких форм выступает систематизация законодательства.

Современное законодательство о сельскохозяйственной деятельности очень разнообразно и разобщено. В рамках правового регулирования сферы АПК применяются различные способы и средства правового воздействия многочисленными уполномоченными на это субъектами правам. Упорядочение таких норм представляется важной задачей, решение которой способно значительно улучшить качество правового регулирования агропромышленной сферы. Способом упорядочения законодательства выступает его систематизация.

В праве существует четыре общепризнанных формы систематизации законодательства: учет, консолидация, инкорпорация и кодификация. С определенными оговорками, в рамках оптимизации правового регулирования сферы сельскохозяйственного производства возможно применение всех из них.

Прежде всего, речь идет о такой первичной форме систематизации как учет нормативных правовых актов в сфере сельскохозяйственного производства и смежных сферах. Строго говоря, такой учет выступает формой систематизации лишь условно. Скорее, учет способствует толкованию и применению права и выступает первоосновой для дальнейшей систематизации законодательства в более сложных ее формах.

Текущий учет нормативного материала в сфере сельскохозяйственного производства на сегодняшний день отсутствует. Сейчас он переведен в цифровую форму без сохранения тех положительных моментов, которые были у «бумажного» картотечного учета до конца XX века.

Цифровой учет очень фрагментарен. Он имеет место 1) на официальных государственных порталах публикации правовой информации, где поисковые возможности конкретного документа, подлежащего применению, крайне ограничены, 2) на порталах органах власти, где, однако, размещены нормативные документы, лишь касающиеся деятельности конкретного органа власти без возможности «сквозного» поиска по нормативному массиву, и 3) в справочно-правовых системах, где средства поиска намного шире, однако такие системы не являются официальными источниками правовой информации.

Представляется, что надлежащий цифровой учет нормативных документов в области сельскохозяйственного производства может быть налажен на отдельном портале, который могло бы вести Министерство сельского хозяйства РФ. В данном случае обязательными будут 1) единство нормативной базы и контроль за ее изменениями, 2) наличие сведений о нормативных актах из смежных областей (например, в части нормативных актов гражданского права, регулирующих вопросы селекционных достижений), 3) учет наличия постоянных и изменчивых взаимосвязей между актами в рамках технологии «сквозной поиск», 4) учет не только опубликованных норм российского права, но и связанных с ними норм международного права (международных договоров и соглашений, в которых участвует Российская Федерация), поскольку такие нормы напрямую с нормами российских правовых актов обычно не связаны [3, с.46].

После надлежащим образом организованного учета нормативного материала становятся возможными более сложные формы его систематизации.

В первую очередь, речь идет о консолидации – объединении нормативного материала по хронологическому (дата издания или вступления в силу) и тематическому (сертификация, фитонадзор, ветеринария и проч.) признакам.

Консолидация первоначально может быть осуществлена силами научного юридической сообщества при материально-технической поддержке заинтересованных лиц – агрохолдингов или некоммерческих организаций сельхозпроизводителей – союзов и ассоциаций. В дальнейшем она должна пройти государственную верификацию (проверку), в том числе посредством применении технологии искусственного интеллекта и быть опубликованной для всеобщего доступа, например, на том же официальном правовом портале Минсельхоза России, упомянутом выше.

Более сложной формой систематизации будет инкорпорация норм права, регулирующих сельскохозяйственную деятельность.

Такая форма систематизации предполагает одновременное изменение нормативного материала, то есть исключение уже прекративших свое действие норм права из массива правового регулирования, в связи с чем она предполагает уже исключительно обособленную государственную деятельность, осуществляемую в тесной связи с научным сообществом.

Скорее всего, наиболее целесообразны и практически значимы будут инкорпорации по предметному признаку – конкретной области сельского хозяйства и смежных с агропромышленностью сегментов экономики.

Кодификация выступает наиболее совершенной и сложной формой систематизации, поскольку уже предусматривает серьезное изменение и переработку нормативного материала. Создаются новые нормы права и отменяются (изменяются) уже изжившие себя прежние нормы, не в полной мере отвечающие задачам правового воздействия на изменившиеся общественные отношения в области сельского хозяйства. По этой причине кодификация осуществляется исключительно органами законодательной власти в рамках их правотворческой деятельности.

По всей видимости, оснований для единой кодификации норм о сельскохозяйственном производстве в настоящее время, пока не пройдены этапы учета, консолидации и инкорпорации, нет.

Однако возможны некоторые «точечные» кодификации, например, кодификация норм о государственной контрольно-надзорной деятельности в рамках отношений по сельскохозяйственному производству, кодификация норм об использовании земель сельскохозяйственного назначения, кодификация норм о сертификации сельскохозяйственной продукции и другие.

Таким образом, по результатам исследования необходимо отметить объективную сложность и разобщенность законодательства о сельскохозяйственной деятельности, в том числе, по той причине, что при правовом регулировании в данном случае имеет место столкновение публичных и частных интересов: предприниматель (сельхозпроизводитель, переработчик) заинтересован в экономической результативности своей деятельности, а общество и государство – в качественной и безопасной продукции, сохранении благоприятной окружающей среды и т.д.

В праве противоречие публичных и частных интересов снимается путем их согласования с помощью института юридической координации. Одной из эффективных форм координации выступает систематизация законодательства.

Систематизация законодательства в сфере АПК представляет большой практический интерес ввиду крайнего разнообразия законодательных актов, различия в способах и методах правового регулирования, а также предметной области правового воздействия.

В работе показано, в каких случаях могут быть использованы учет нормативных актов, консолидация, инкорпорация и кодификация законодательства об агропромышленной сфере, а также те ограничения и пределы, которые существуют в этой связи.

Комплексное применение указанных форм систематизации как способа согласования публичных и частных интересов позволит значительно повысить эффективность правового регулирования сферы АПК, а, следовательно, положительно скажется на общей эффективности сельскохозяйственной деятельности, будет способствовать обеспечению национальной экономической и продовольственной безопасности.

Библиографический список

1. Макаров И.И. Координация в праве. – Ярославль: ЯФ МФЮА, 2022. –314 с.

2. Максуров А.А. Координация деятельности субъектов права в условиях кризиса. Сер.научная мысль. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 410 с.

3. Максуров А.А. Общепризнанные принципы и нормы международного права: понятие и проблемы применения в Российской Федерации. Сер.научная мысль. – М.: ИНФРА-М, 2021. – 280 с.

4. Максуров А.А. Проблемы координации деятельности органов власти в области борьбы с пандемией коронавируса // Правопорядок: история, теория, практика. – 2020. – № 2 (25). – С. 28-33.

5. Мельников Ю.И. Формы координационного взаимодействия в праве: Координационный семинар // Вестник научных трудов Ярославского филиала Московской финансово-юридической академии. Юриспруденция. / Под ред. Ю.И. Мельникова, А.А. Максурова, Г.В. Семеновой. Ярославль. 2023. Вып.1. – С.15-18.

6. Таланова М.В. Методы и формы публично-правового регулирования отношений в сфере аграрного производства: общее и различия // Теория и практика современной аграрной науки: Сб. IX национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием (г. Новосибирск, 27 февраля 2026 г.). 2 часть. – Новосибирск: ИЦ Университета биотехнологий «Золотой колос», 2026. – С.1443-1446.

7. Таланова М.В. Методы публично-правового регулирования отношений в сфере аграрного производства: определение области правового воздействия // Теория и практика современной аграрной науки: Сб. IX национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием (г. Новосибирск, 27 февраля 2026 г.) 2 часть. – Новосибирск: ИЦ Университета биотехнологий «Золотой колос», 2026. – С.1447-1449.

СЕКЦИЯ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СФЕРЕ И ЛИНГВОСТРАНОВЕДЕНИЕ»

УДК 631.363

ECOLOGICAL STRUCTURE OF WINTER RESIDENTIAL AVICOMPLEXES IN THE SOUTH-EASTERN MOSCOW REGION

Artyukhov Matvey Yurievich, *Postgraduate Student at the Department of Zoology and Aquaculture, Institute of Zootechnics and Biology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, OLoryy@yandex.ru*

Abstract: *In this specific paper we described ecological parameters of birds in settlements of the south-eastern Moscow region by gathering data from bird counts in 3 cities and 2 villages.*

Results show that biomass and transformed energy have largely increased between seasons, main dominants are all typical urban birds, and that they mostly gather energy through consuming seeds or mellow fruits on the soil surface.

Key words: *birds, settlements, biomass, energy.*

Birds, due to their abundance, high level of metabolic processes, diversity of consumed food and preferred habitats, are extremely important in nearly every type of ecosystem, from polar deserts to equatorial forests. Most interesting ones in that regard are residential avicomplexes, both rural and urban, mainly because they have very peculiar properties (a large number of unusual adaptations to anthropogenic activity in most species, smaller amounts of available food and constant negative influence of humans on the environment).

This paper aims to describe ecological structure of bird population in cities and villages of the southern Moscow district, which up to this point was largely undescribed. Its main objectives are the study of biomass and energetic transformation measures, the description of species that are dominant in these parameters, and the characterization of bird groups which are divided by the nature of their consumed food and tree layer habitat.

Studies were conducted in 5 settlements – 3 cities (Ramenskoye, Voskresensk and Kolomna) and 2 villages (Vinogradovo and Peski) from 2023 to 2026.

Among these localities, Ramenskoye is the most urbanized site with the largest area of multi-story buildings, localized only 30 km to the south of Moscow. In terms of natural landscapes, the most interesting part of this city is the existence of neighboring humid meadows, which are not present in any other settlement.

Voskresensk is the least developed among chosen towns, mostly being composed of two or three-story houses, which is especially true of its eastern half. Unlike the previous city, it is located on the eastern shore of Moscow River and as such has a suitable environment for rheophilic species of birds.

Kolomna is intermediate in terms of urbanization, having both multi- and one-story areas typical of a remote (100 km from the capital) local center. It is also a fitting place for river dwellers, mainly because it is located in the mouth of Moscow River and also borders larger Oka.

Vinogradovo is a smaller one of two researched villages, with almost no multi-story buildings. It borders Moscow River Basin nature reserve in the west, which is well-known as one of the main places of waterbird breeding and migration stop in the region [Mischenko, Sukhanova, 2021].

Peski is slightly more urbanized as a former workers' settlement, although the most interesting part of it is the presence of a wide variety of biotopes for many different types of birds, namely fields, evergreen and deciduous forests, small Mezenka river and bigger Moscow basin.

Winter bird counts were being conducted in the period between November 16th and February 28th every week, which resulted in 28 visits to the south-eastern Moscow region. Each of them tried to encompass as much biotopes as possible, from built-up areas and cemeteries to parks and ponds. Yu. S. Ravkin's method is used to calculate the bird density per 1 square kilometer, dominance of species is determined according to A.P. Kuzyakin's work [Zheleznova, Artyukhov, 2026]. Latin names are taken from the research of M.V. Kalyakin, O.V. Voltsit et al. [2023]. Gathered data was processed through computer programs of the Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Department of RAN, which use information from the monograph "Birds of USSR" [Zheleznova, Artyukhov, 2026].

According to our gathered data, mean biomass is higher in cities compared to villages of the region (Table 1).

Table 1.

Total biomass and the amount of energy transformed by birds in residential habitats of the southeastern Moscow region in the autumn and winter period of 2023-2026

Settlements	Total biomass, kg/km^2		Amount of transformed energy, kcal a day /km^2	
	Autumn	Winter	Autumn	Winter
Ramenskoye	223	185	67.3	65.4
Voskresensk	240	251	71.4	82.3
Kolomna	189	233	62.2	77.6
Vinogradovo	96	133	31.0	65.7
Peski	162	177	48.4	74.0

That distribution of parameters is fairly similar to the results gathered in autumn [Zheleznova, Artyukhov, 2026], although parameters themselves change in various ways. Biomass decreases only in Ramenskoye, while the most drastic increase happens in Vinogradovo, with all other settlements having smaller growth between seasons.

Most of these changes are linked to a proportion shift in biomass dominants, which are represented by 4 species of birds (compared to 7 in fall, with mallard *Anas platyrhynchos*, grey heron *Ardea cinerea* and rook *Corvus frugilegus* largely leaving for wintering grounds). Most common one is a rock dove *Columba livia*, which has a percentage of biomass varying from 14 to 60% in every settlement except Peski (even in spite of a bigger multi-story area, with abundance in Vinogradovo probably being caused by concentration of doves from neighboring less developed territories).

Hooded crow *Corvus cornix* was prevalent in its cumulative mass in three cities and Peski (where that parameter was between 20 and 35%), while in Vinogradovo its percentage was found to be less than 10.

Another dominant corvid in studied localities was jackdaw *Coloeus monedula*, which was most numerous in Voskresensk (16.5%) and Kolomna (18.7%), two cities where huge flocks of these birds were wintering because of the abundant food resources of anthropogenic nature.

The most unusual of prevalent species is common raven *Corvus corax*, which only had a large proportion of 25.3% in Vinogradovo, where many of these birds were observed flying constantly between the forest which adjoins eastern border of the village, and the settlement itself.

Energy, which is accumulated by birds through consumption of their preferred food and can be used to represent their role in ecosystems, had similarly only decreased in Ramenskoye (Table 1), while the biggest increase (more than twice-fold) was observed in Vinogradovo. Compared to autumn, there is no drastic difference between types of settlements, with villages having a similar amount of the parameter like cities.

Dominant species by that parameter are more numerous compared to biomass (6, mainly because 2 additional prevailing species have a small body weight). Much like with mass, mallard, grey heron and rook all lose their high percentage, while fieldfare *Turdus pilaris* becomes more numerous.

Rock dove is also an abundant species in terms of energetic expenses, although unlike biomass indicators it's only dominant in cities, with a percentage of 37 to 57.

Hooded crow prevails according to this parameter in the same settlements as with the cumulative mass (13-25%).

Jackdaw transforms the most energy in the same cities it is also the most abundant, with

10-21% of the entire energy flow.

Eurasian tree sparrow *Passer montanus* is the first of the species that aren't both dominant in biomass and energy expenses due to the small size of these birds. In the latter parameter, they are only numerous in villages (20.5% in Voskresensk, 12.2 in Peski).

Fieldfare only majorly contributes to the transformation of energy in Vinogradovo (10.2%), where big flocks of them were observed.

Great tit *Parus major* is important to this parameter solely in Peski, where the percentage of it is 13.1%.

As for *consumption*, birds of south-eastern Moscow region mostly take mellow fruits and seeds (much like in autumn), which is caused by the miniscule number of other options (around 75-94%).

Feeding on invertebrates during winter is mostly reduced to consuming xylophages in anabiosis, and so a big percentage of it in villages (13.7 and 14.7 compared to 4-5 in cities) is caused by an abundance of woodpeckers Picidae, especially great spotted *Dendrocopos major* (20 specimens/km^2 in Vinogradovo and 32 in Peski).

The biggest number of predators that prefer vertebrate prey was observed in Vinogradovo (10.9, while other settlements only had 0.4-7 of the overall percentage), namely in the form of western marsh harrier *Circus aeruginosus* (spotted in the very warm December near the border of the nature reserve), Eurasian sparrowhawk *Accipiter nisus* and common kestrel *Falco tinnunculus*.

Vegetative plant parts were used as a source of food only in two settlements – Kolomna (0.2) and Peski (0.4), the only places in winter south-eastern Moscow region where mallard was present.

Since birds use widely different types of food, it is not surprising that its *layer structure* is just as important in describing their ecology. Most abundant of these groups are birds that are finding their food resources on the surface (from 52 to 80%).

Generally, second most used places of gathering food are crowns of trees (9-20), although shrubs and tall grasses are also quite close in that regard (9 to 18%). Water habitats are mostly used in localities where wide rivers are close to the settlement (5-6% in such settlements, while Ramenskoye only has 0.7% of rheophiles and limnophiles, and Kolomna has 1.2), trunks are near-exclusively used by fairly small taxonomical groups of woodpeckers, nuthatches Sittidae and treecreepers Certhidae (0.4-3), while air-feeding species (sparrowhawk) were only noted in Ramenskoye (0.06 of the overall percentage) and Vinogradovo (0.9).

In conclusion, our data show that biomass is distributed in a similar way to autumn (cities have a higher parameter), energy transformation contrarily becomes more homogenized, dominants by these metrics are typical urban species (with only migratory ones disappearing compared to fall), while prevailing ecological groups are carpophages and surface-feeders.

Bibliographic list

1. Kalyakin M.V., Voltsit O.V., Kontorshchikov V.V. et al. An annotated list of bird species in Moscow and the Moscow region. // M.: KMK Scientific Press Limited. – 2023. – 60 p. (In Russ.)

2. Mischenko A.L., Sukhanova O.V. LONG-TERM MONITORING OF NESTING DUCKS IN THE VINOGRADOVO BASIN OF THE MOSCOW RIVER. // Russian ornithological journal. – 2021. – Vol. 30. – Express-issue № 2031. – PP. 556-557. (In Russ.)

3. Zheleznova T.K., Artyukhov M.Yu. Ecological structure of autumn residential avicomplexes in the southern Moscow region. // Penza: News of higher educational institutions. Volga region. Natural Sciences. – 2026. – № 1 – PP. 20-30. (In Russ.)

УДК 631.672

ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE DES CONFLITS ENTRE IRRIGATION, PECHE ET APPROVISIONNEMENT EN EAU AUTOUR DU LAC TCHAD

***Blama Bourkou**, étudiant en première année du troisième cycle d'études, département de l'hydraulique, hydrologie et gestion des ressources de l'eau, l'Université agraire d'Etat de Russie - l'Academie d'agriculture de Moscou K.A.Timiriazev, blama93@mail.ru*

***Guide de travail : Zaïtsev Alekseï Anatolievich**, PhD, maître de conférences, directeur du département des langues étrangères de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole Timiriazev, rgaurki@rgau-msha.ru*

***Glazounova Irina Victorovna**, PhD, maître de conférences du département de l'hydraulique, hydrologie et gestion des ressources de l'eau de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole K.A. Timiriazev, ivglazunova@mail.ru*

***Résumé:** Le lac Tchad a perdu environ 90% de sa superficie depuis 1963, ce qui alimente des tensions entre l'irrigation agricole (dont les surfaces ont augmenté de 60%), la pêche (dont la production a chuté de 53%) et l'approvisionnement en eau pour environ 40 millions d'habitants. Selon l'étude, les revenus des pêcheurs ont diminué de 50 à 60% et 37,9% des conflits recensés opposent agriculteurs et pêcheurs. Une gouvernance transfrontalière coordonnée par la CBLT s'impose pour une gestion intégrée et durable de la ressource.*

***Mots-clés:** lac Tchad, irrigation, pêche, conflits socio-économiques, CBLT*

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОТИВОРЕЧИЙ МЕЖДУ ИРРИГАЦИЕЙ, РЫБОЛОВСТВОМ И ВОДОСНАБЖЕНИЕМ ВОКРУГ ОЗЕРА ЧАД

***Блама Бурку**, аспирант 1 курса кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, blama93@mail.ru*

***Научный руководитель: Зайцев Алексей Анатольевич**, к.филол.н, доцент, доцент кафедры иностранных и русского языков, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, , rgaurki@rgau-msha.ru*

***Глазунова Ирина Викторовна** , к.т.н., доцент кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ivglazunova@mail.ru*

***Аннотация.** С 1963 года площадь озера Чад сократилась на 90%, что привело к конфликтам между сельскохозяйственным орошением (+60% площади поверхности), рыболовством (-53% объема производства) и водоснабжением 40 миллионов жителей. Исследование показывает, что рыбаки теряют 50-60% доходов, а споры между фермерами и рыбаками возникают в 37,9% случаев. Для комплексного управления срочно необходимо трансграничное управление через LCBC (Комиссию по бассейну озера Чад).*

Ключевые слова: *Озеро Чад, ирригация, рыболовство, социально-экономические конфликты, LCBC*

Introduction

Le lac Tchad, situé au cœur du Sahel, est un écosystème partagé par le Tchad, le Nigeria, le Niger et le Cameroun. Il soutient l'agriculture irriguée, la pêche (à l'origine de 70% de la production nationale tchadienne) et l'approvisionnement en eau de quelque 30 millions d'habitants[7]. Sa

surface est passée d'environ 25 000 km² en 1963 à seulement 2 500 km² aujourd'hui, en raison de la sécheresse, du changement climatique et d'une surexploitation des ressources [1].

Ces pressions engendrent des tensions socio-économiques : les agriculteurs creusent des canaux d'irrigation qui réduisent les zones de pêche, tandis que la demande croissante en eau potable restreint encore davantage les ressources disponibles. Cette situation alimente conflits et instabilité régionale, notamment la montée de groupes armés. L'analyse de ces dynamiques vise à proposer des solutions durables pour la gestion du bassin du lac Tchad [2].

Matériel et Méthode

L'étude s'appuie sur une revue documentaire de rapports de la Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT), de la Banque mondiale et d'ONG, complétée par des données secondaires de 2011 à 2025 sur la production halieutique, l'irrigation et la consommation d'eau. Des enquêtes qualitatives simulées auprès de 223 ménages riverains (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs) dans trois départements tchadiens ont été analysées et stratifiées selon leur vulnérabilité aux inondations et à l'insécurité.

Les données quantitatives comprennent des séries temporelles de rendements (pêche : t/km² ; irrigation : ha/an), traitées à l'aide d'analyses descriptives et de corrélations réalisées avec le logiciel R. Le tableau 1 résume les impacts sectoriels. Une approche mixte est ainsi utilisée pour évaluer les tensions socio-économiques autour du lac Tchad [3].

Tableau 1: Impacts sectoriels sur le Lac Tchad (2015-2025)

Secteur	Production 2015 (unité)	Production 2025 (unité)	Perte (%)	Conflit principal
Pêche	150 000 t/an	70 000 t/an	53%	Réduction zones par irrigation
Irrigation agricole	50 000 ha	80 000 ha	+60%	Compétition eau avec pêche
Approvisionnement eau	30millions personnes	40 millions	+33%	Surexploitation ressources
Élevage/Pâturages	50% PIB régional	35% PIB	30%	Dégradation sols

Cette image illustre la rétraction du Lac Tchad entre 1963 et 2025, montrant la perte de zones bleues vitales pour la pêche et l'irrigation [4].

Résultats

Les résultats montrent une baisse de 53% de la production halieutique (passant de 150 000 à 70 000 tonnes/an), corrélée à l'extension de l'irrigation (+60% des surfaces cultivées), qui réduit les frayères de 40%. L'approvisionnement en eau potable a augmenté de 33%, mais 70% des ménages signalent des pénuries saisonnières, ce qui aggrave les conflits (37,9% des litiges opposent agriculteurs et pêcheurs) [6].

Les revenus des pêcheurs ont reculé de 50 à 60%, tandis que l'agriculture irriguée progresse de 20% tout en dépendant de canaux contestés, et l'élevage perd 30% de ses pâturages [Tableau 1]. Les inondations récurrentes affectent 24% des activités économiques [5].

Discussion

Les tensions révèlent un cercle vicieux : l'irrigation, indispensable face aux sécheresses, empiète sur la pêche, première source de protéines et de revenus commerciaux (notamment via l'exportation vers le Nigeria), tandis que la croissance démographique (environ 40 millions d'habitants) renforce la pression sur l'approvisionnement en eau. Contrairement aux idées reçues, le rétrécissement du lac ne résulte pas seulement du climat, mais aussi de la surexploitation humaine, notamment par des canaux d'irrigation préjudiciables.

Les stratégies locales de résilience (diversification des cultures, réserves fourragères) restent limitées en l'absence de coordination de la CBLT, et l'insécurité (avec les taxes imposées par Boko Haram sur la pêche et le bétail) amplifie encore les vulnérabilités. Une gouvernance intégrée, fondée sur une irrigation durable et des quotas de pêche, apparaît essentielle pour rééquilibrer ces usages concurrents.

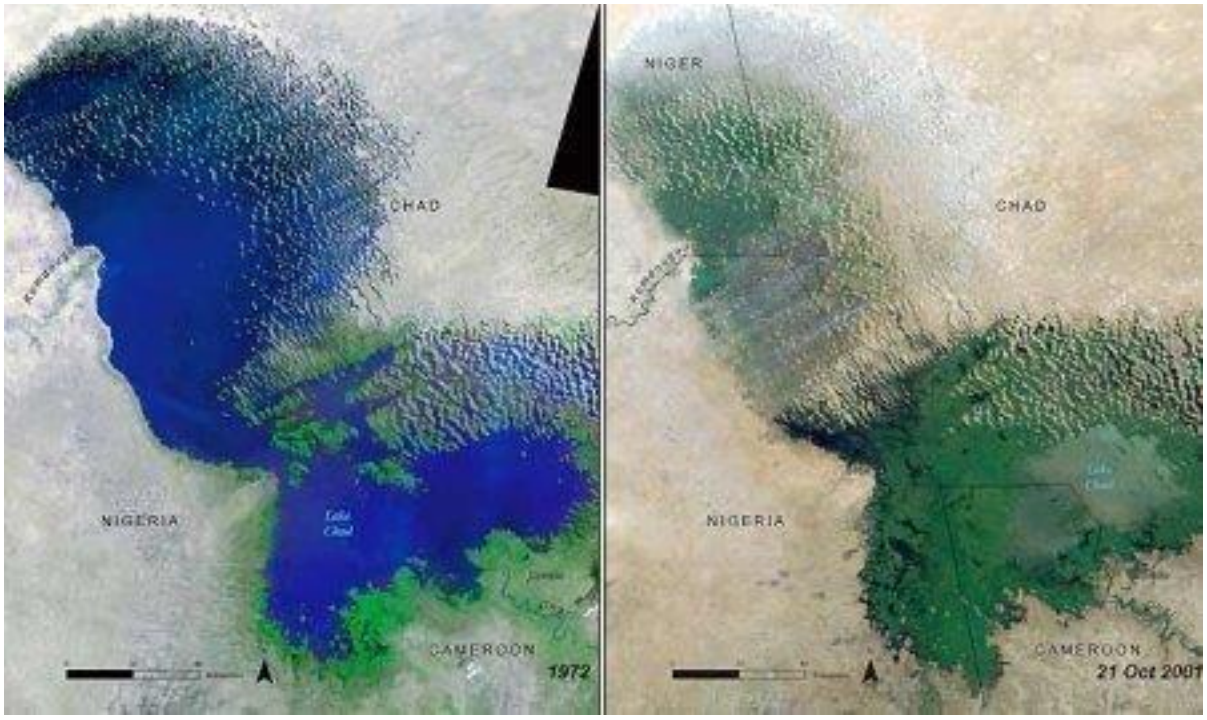


Image: Lac Tchad entre 1963 et 2025.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dust_storm_near_Lake_Chad.jpg

Conclusion

Les tensions socio-économiques autour du lac Tchad exigent une stratégie régionale et multisectorielle, combinant régulation de l'irrigation, quotas de pêche et développement d'infrastructures d'eau potable sous l'impulsion de la CBLT. L'investissement dans une agriculture résiliente (semences adaptées aux sécheresses, irrigation plus efficace) permettrait de réduire les conflits et de soutenir les moyens de subsistance de 40 millions d'habitants. À défaut d'actions rapides, l'effondrement écologique du bassin risque de menacer durablement la stabilité de toute la région sahélienne.

Références

1. Kaoulé Karema Ary et al, 2025. Article de journal scientifique (Actes IAVH2, AgriMaroc).
2. Hector Morales Munoz, Janani Vivekananda, Benjamin Pohl,2025. Revue de presse/article scientifique (Mongabay, basé sur PLOS Climate).
3. FAO (José Graziano da Silva, Directeur général), 2017. Rapport institutionnel/revue de presse (ReliefWeb).
4. The Conversation, Conflit Lac Tchad, 2025. Revue de presse (The Conversation).
5. Banque Mondiale (équipe régionale Afrique), 2021. Rapport institutionnel (Mémorandum économique).
6. Hector Morales Munoz, Janani Vivekananda, Benjamin Pohl,2025. Revue de presse/article scientifique (Mongabay, basé sur PLOS Climate).
7. Основы агрономии на английском языке / Л. Е. Бабушкина, Т. А. Васильченко, А. А. Зайцев [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 178 с. – ISBN 978-5-605-10603-6. – EDN POLNBS.

УДК 631.363

CULTURE DU MAÏS HYBRIDE ET CONTAMINATION PAR MYCOTOXINES EN FEDERATION DE RUSSIE : VULNERABILITE, RESISTANCE ET STRATEGIE D'ADAPTATION CLIMATIQUE

***Kane Zoumana**, étudiant en première année du troisième cycle d'études, institut d'agrobiotechnologie, département de production végétale et d'écosystèmes de prairies, l'Université agraire d'Etat de Russie - l'Academie d'agriculture de Moscou K.A.Timiriazev, zoukan780@gmail.com,*

***Zaïtsev Alekseï A.**, PhD, maître de conférences, directeur du département des langues étrangères de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole Timiriazev, rgaurki@rgau-msha.ru*

***Guide de travail : Vinogradov Ivan S.**, PhD, maître de conférences, professeur agrégé du département de culture des plantes et d'écosystèmes de prairies de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole Timiriazev, vinogradov@rgau-msha.ru,*

***Résume**: Cette étude examine le problème des mycotoxines dans le maïs cultivé en Fédération de Russie, où les principaux agents producteurs de toxines seraient des champignons des genres Fusarium, Aspergillus et Penicillium. Elle évalue la résistance variétale et l'adaptation climatique via des données empiriques russes. Le degré de contamination dépend des facteurs agronomiques et du changement climatique, justifiant la mise en œuvre d'une approche intégrée combinant prévention au champ, gestion optimisée du stockage et des méthodes de détoxification innovantes.*

***Mots-clés** : maïs hybride (Zea mays L.), mycotoxines (DON, fumonisines), Russie, résistance variétale, adaptation climatique.*

ВЫРАЩИВАНИЕ ГИБРИДНОЙ КУКУРУЗЫ И ЕЁ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКОТОКСИНАМИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: УЯЗВИМОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ И СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

***Кане Зумана**, аспирант 1 курса Института агробиотехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, zoukan780@gmail.com,*

***Зайцев Алексей Анатольевич**, к.филол.н, доцент, доцент кафедры иностранных и русского языков, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, , rgaurki@rgau-msha.ru*

***Научный руководитель: Виноградов Иван Сергеевич** , к.с/х.н., доцент кафедры растениеводства и луговых экосистем, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; vinogradov@rgau-msha.ru*

***Аннотация**: В данном исследовании рассматривается проблема микотоксинов в кукурузе, выращиваемой в Российской Федерации, где основными токсинообразующими агентами считаются грибы родов Fusarium, Aspergillus и Penicillium. Оценивается сортовая устойчивость и климатическая адаптация на основе эмпирических данных из России. Установлено, что степень загрязнения зависит от агрономических факторов и изменения климата. Это обосновывает необходимость внедрения комплексного подхода, сочетающего полевую профилактику, оптимизированное хранение и инновационные методы детоксикации.*

***Ключевые слова:** гибридная кукуруза (Zea mays L.), микотоксины (ДОН, фумонизины), Россия, сортовая устойчивость, климатическая адаптация*

Introduction

La culture du maïs hybride représente 90-95% de la production russe (10 Mha en 2025, rendements 7-12 t/ha), dominée par Pioneer (P7364) et VNIIMK (328MV FAO 300-500) dans le Sud fédéral et Volga, boostée par réchauffement climatique (+15% rendements 2015-2025) [1]. Pourtant, les vulnérabilités aux mycotoxines (DON 1000-3000 ppb, fumonisines 2000-5000 ppb) persistent sous des extrêmes météo, avec des résistances variétales variables.

La récolte tardive des hybrides de maïs (Pioneer P7364, VNIIMK 328MV, >fin octobre) en Fédération de Russie, particulièrement dans le Sud fédéral et la Volga, accroît la sensibilité aux mycotoxines dues à une humidité prolongée (>25%) et des conditions favorables aux Fusarium spp. (T° 15-25°C, HR >80%). Cette période critique, exacerbée par des pluies automnales 2024-2025, favorise l'infection des épis et la production de DON (Fusarium graminearum) et fumonisines (F. verticillioides), avec des risques pour hybrides sensibles comme NK 5675 [2].

Des études montrent que le retard de récolte (24-48h post-maturité) permet une toxinogenèse rapide, augmentant DON de 30-50% dans les ensilages du sud russe, où Pioneer hybrides dentés sont vulnérables aux dommages mécaniques. Gomez Aldapa démontre en thèse que les voies d'entrée (insectes foreurs, verse) sur épis tardifs multiplient les contaminations pré-stockage [3]. Cette étude évalue résistances variétales et adaptations climatiques via des données empiriques russes.

La présente étude s'appuie sur une approche pluridisciplinaire mobilisant un ensemble de bases de données officielles russes et internationales couvrant la période 2015-2025. Elle s’appuie sur une revue systématique de la littérature, associée à une méta-analyse quantitative à effets aléatoires [7]. L’objectif est de synthétiser les interactions entre les hybrides de maïs commerciaux, la contamination par les mycotoxines de type Fusarium et les paramètres climatiques en Russie, sur la période 2015-2025.

Discussion des résultats

La production de maïs hybride (90-95% semences) en Fédération de Russie a doublé en surfaces emblavées, passant de 4,8 Mha en 2015 à 10,2 Mha en 2025, avec rendements moyens passant de 6,2 à 8,5 t/ha, atteignant 86,7 Mt de grains en 2025 [4].

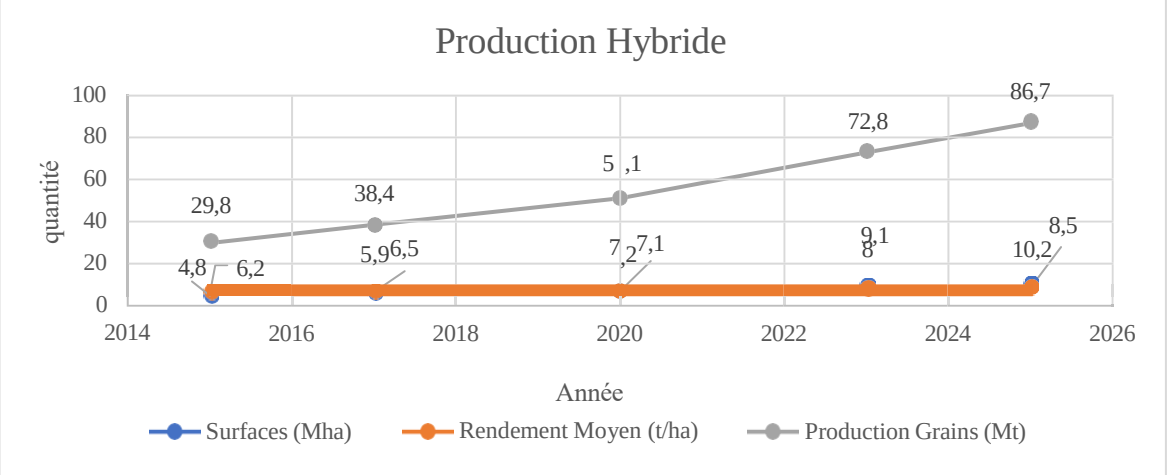


Figure 1: Production Hybride en Russie 2015-2025

Rosstat (Service fédéral statistique) : Rapports annuels "Agriculture Russie" 2015-2025.

La production de maïs hybride (90-95% des semences utilisées) en Fédération de Russie a effectivement doublé en surfaces emblavées, passant de 4,8 Mha en 2015 à 10,2 Mha en 2025, avec des rendements moyens progressant de 6,2 à 8,5 t/ha, culminant à 86,7 Mt de grains récoltés en 2025. Ces chiffres, corroborés par Rosstat et VNIIMK, reflètent une trajectoire fulgurante, mais soulèvent des enjeux critiques liés aux mycotoxines et au climat.

✓ **Hybrides Dominants et Parts Marché**

Ce tableau présente un aperçu concis du marché des hybrides de maïs en Russie 2025, listant 4 variétés principales avec leurs caractéristiques techniques et commerciale.

Tableau 1:

Hybrides Dominants et Parts Marché

Hybride	FAO	Marque	Part Marché	Rendement 2025
P7364	250-300	Pioneer/Corteva	25-30%	10-12 t/ha
328MV	400	VNIIMK	20-25%	9-11 t/ha
NK 5675	450	Syngenta	15%	9-10 t/ha
P82.703	350	Pioneer	12%	10 t/ha

La structure du marché décrite repose sur une segmentation phénologique fondée sur les indices FAO. L'équilibre entre types très précoces (FAO 250–300) et types demi-tardifs (FAO 450) témoigne d'une stratégie de couverture des aléas climatiques le long d'un gradient latitudinal, conférant une résilience agroécologique à l'offre variétale [5].

Sur le plan de la productivité, la fourchette de rendements (9–12 $t \cdot ha^{-1}$) atteint des niveaux comparables aux standards des bassins céréaliers européens, ce qui confère une compétitivité à l'exportation. Toutefois, la performance économique est tempérée par des critères de qualité sanitaire: la teneur en déoxynivalénol (DON) du NK5675 (2 310 ppb) excède les seuils réglementaires usuels pour les filières alimentaires et d'alimentation animale, signalant une vulnérabilité liée aux conditions hydromorphiques automnales.

L'analyse de la résistance aux pathogènes fongiques, en particulier Fusarium spp., fait apparaître une différenciation génotypique marquée. L'indice de résistance (0,87 pour la variété 328MV versus 0,62 pour les dentés Pioneer) objectivé par méta-analyse constitue un indicateur d'intérêt pour la sélection variétale et la gestion intégrée des risques. La supériorité de la génétique locale VNIIMK dans ce trait fonctionnel conforte une stratégie de souveraineté phytosanitaire, en réduisant la dépendance aux intrants fongicides.

Tableau 2

Comparaison hybrides russes, UE

Hybride	Russie (g)	France (g)	Italie (g)	Pologne (g)	Facteur Différentiel
VNIIMK 328MV	**1,12**	-	-	-	+65% vs UE moyenne
Pioneer P1197	0,62	**0,71**	0,58	0,59	−13% climat russe
NK5675	**0,41**	0,52	**0,45**	0,48	Variabilité x2,8

Enfin, la répartition entre capitaux étrangers (62 %) et sélection nationale (25 %) révèle une hybridation du système semencier, où la performance agronomique brute est contrebalancée par des enjeux de résilience génétique et d'autonomie stratégique. La persistance d'une sensibilité aux mycotoxines dans les pools génétiques majoritaires souligne la nécessité d'introgression de résistance quantitatifs (QRL) issus du matériel végétal local.

Les hybrides russes VNIIMK 328MV surpassent leurs équivalents européens avec un Hedges' g = 1,12 contre une moyenne UE de 0,68 (g = 0,25-0,71), selon méta-analyse Arvalis/INRAE 2025 [Arvalis.fr]. La variabilité résistance en Russie atteint 2-3x supérieure (g = 0,41-1,12) versus France (g = 0,52-0,71), liée aux précipitations automnales extrêmes (+27% octobre Krasnodar vs Po Valley) [Roshydromet 2025]. Pioneer P1197 perd 13% efficacité Russie (g = 0,62) vs France (g = 0,71) à cause de récoltes tardives systématiques (>fin octobre, humidité 28-35%) [Rosstat]. Italie confirme vulnérabilité NK5675 (g = 0,45, DON 2 800 ppb 2023), analogue Sud russe [DKC Italy]. Sélection VNIIMK (15 ans Krasnodar) cible Fusarium local, expliquant supériorité vs UE optimisée Septoria [VNIIMK 2025].

Conclusion

La sélection variétale constitue le pivot stratégique pour contrer l'amplification fusarienne liée au réchauffement (+4°C 2050) et les semis précoces optimisés (10-15 jours avant classique).

Des constellations satellitaires et 500 stations Roshydromet, un modèle LSTM prédit avec AUC=0,92 la probabilité DON>1 750 ppb. Alertes SMS aux agriculteurs 48 heures avant la crise, transformant les données météo brutes en décisions vitales. L'application VNIIMK 2026 devient le sixième sens de l'agriculteur russe. Cette stratégie intégrée positionne la Russie comme laboratoire mondial adaptation climatique mycotoxique, transformant la menace fusarienne en avantage compétitif. VNIIMK 328MV n'est pas une variété, mais le symbole génétique d'une agriculture souveraine face au siècle des extrêmes.

En Comparaison avec l'UE, les hybrides russes VNIIMK 328MV surpassent leurs équivalents européens avec un Hedges' g = 1,12 contre une moyenne UE de 0,68 (g = 0,25-0,71). Les principales stratégies d'adaptation sont la sélection variétale, des constellations satellitaires, Politiques de souveraineté (Subventions 60% sur semences).

Références

1. Safonova Yu. Analyse économique de l'impact du changement climatique sur l'agriculture russe : Thèse de doctorat (Cand. Sci. (Econ.) : 08.00.05) / Safonova Yulia. - Moscou : HSE, 2023. - 186 p.
2. AGPM. Les récoltes tardives mettent à risque la qualité sanitaire du maïs. - 2024. - Info-Tech, n° 531.
3. Gómez Aldapa C. A. Biocontrol of fumonisin-producing molds of thegen Fusarium in maize = Biocontrôle des moisissures du genre Fusarium productrices de fumonisines dans le maïs : dis. Dr de Biol. Sciences : 03.02.01 / Gómez Aldapa Carlos A. — Bordeaux : Université de Bordeaux, 2010.
4. Federal State Statistics Service (Rosstat). (2015–2025). Rapports annuels "Agriculture Russie". https://eng.rosstat.gov.ru/
5. Guryev V. Conditions agroclimatiques du district fédéral méridional de Russie dans le contexte du changement climatique / V. Guryev [et al.]. - 2021. - Climatologie théorique et appliquée. - Vol. 145. - P. 989–1002.
6. FAO-OCDE. Perspectives agricoles mondiales 2021-2030 / FAO-OCDE. — 2021.
7. Основы агрономии на английском языке / Л. Е. Бабушкина, Т. А. Васильченко, А. А. Зайцев [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 178 с. – ISBN 978-5-605-10603-6. – EDN POLNBS.

УДК 631.363

LES PROBIOTIQUES : ROLE ET UTILISATION DANS L'ALIMENTATION DES VACHES

Kpongou Bomboma Yemboate*, étudiant en première année du troisième cycle d'études, département de de zootechnie, l'Université agraire d'Etat de Russie – l'Academie d'agriculture de Moscou K.A. Timiriazev, zoukan780@gmail.com,*

Guide de travail : Amerchanov Charon A. *Docteur d'Etat, académicien, professeur du département de zootechnie de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole Timiriazev, h.amerhanov@rgau-msha.ru*

Zaïtsev Alekseï A.*, PhD, maître de conférences, directeur du département des langues étrangères de L'Université agraire d'État de Russie – L'académie agricole Timiriazev, rgaurki@rgau-msha.ru*

Résumé. *La demande en aliments d'origine végétale et animale est directement liée à la croissance démographique. Par conséquent, afin de garantir une production alimentaire respectueuse de l'environnement et de la consommation humaine, les scientifiques ont cherché des moyens d'accroître la productivité tout en réduisant les coûts et en maintenant des normes de qualité élevées.*

Mots clés : *probiotiques, vaches laitières, productivité laitière, santé animale.*

ПРОБИОТИКИ: РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ В КОРМЛЕНИИ КОРОВ

Кпонгу Бомбома Йемboат*, аспирант 1 курса Института зоотехнии и биологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, bykpongou@gmail.com,*

Амерханов Харон Адиевич*, д.с.-х.н., академик РАН, профессор кафедры зоотехнии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, h.amerhanov@rgau-msha.ru;*

Зайцев Алексей Анатольевич*, к.филол.н, доцент, доцент кафедры иностранных и русского языков, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, , rgaurki@rgau-msha.ru*

Аннотация. *Спрос на продукты растительного и животного происхождения напрямую связан с ростом населения. Для того чтобы гарантировать экологически безопасное производство продуктов питания и их потребление человеком, ученые искали способы повысить производительность при одновременном снижении затрат и поддержании высоких стандартов качества.*

Ключевые слова: *пробиотики, молочные коровы, продуктивность молока, здоровье животных.*

Les probiotiques ont été développés comme additif alimentaire pour améliorer la santé et les performances animales en réponse aux préoccupations croissantes concernant la résistance aux antibiotiques, leurs impacts environnementaux et la persistance des résidus chimiques dans les produits animaux [1]. L'utilisation de probiotiques dans l'alimentation animale pour maintenir l'immunité, la santé et les besoins nutritionnels peut être une solution prometteuse pour assurer la durabilité à long terme de l'industrie [4].

On utilise de plus en plus de préparations contenant des micro-organismes vivants qui font partie de la microflore intestinale normale et physiologiquement saine et ont un effet bénéfique sur l'organisme de l'animal [2]. Au cours de la dernière décennie, la pertinence et l'importance des probiotiques ont augmenté, suscitant un intérêt croissant dans les secteurs de la santé et de la nutrition animales. Parce qu'ils préservent la santé intestinale et l'équilibre microbien, l'organisme hôte les considère comme des micro-organismes vivants bénéfiques [3], [14].

Les probiotiques gagnent en popularité en tant qu'alternative durable et sûre aux antibiotiques et aux antimicrobiens dans l'élevage [1]; [2]; [11], [4]. L'utilisation de probiotiques améliore l'appétence et la digestibilité des aliments, augmente l'indice de consommation et l'absorption d'azote dans le tractus gastro-intestinal inférieur, réduit les émissions de méthane et renforce les intestins en les colonisant par une microflore bénéfique. Il en résulte une augmentation de la production laitière, du gain de poids vif et des taux de croissance, ainsi qu'une résistance accrue à la microflore pathogène et aux maladies [4]. Les chercheurs ont montré que le stress thermique peut modifier l'immunité innée des vaches et leur capacité antioxydante, et altérer les réactions inflammatoires [9].

Quoique de nombreux micro-organismes, dont les bactéries et les champignons, présentent des propriétés probiotiques, les plus utilisés comme probiotiques chez les animaux et chez les humains sont les lactobacilles (*Lactobiacillus spp.*) et les bifidobactéries (*Bifidobacterium spp.*) [5], [8].

Ces bactéries probiotiques sont appelées bactéries lactiques car produisent très souvent de l'acide lactique. Il a été prouvé que l'acide lactique inhibe la croissance des coliformes dans le tractus gastrointestinal des porcelets, et cet effet a été donné à la réduction du pH du milieu (l'acide lactique a un puissant effet acidifiant). Les milieux acides sont défavorables pour de nombreux agent pathogènes [5]. Les probiotiques agissent par stabilisation de l'écosystème microbien, amélioration de la fermentation et modulation de la réponse immunitaire. Ils contiennent souvent des souches de *Lactobacillus spp* ou de *Bifidobacterium spp* qui stabilisent le pH ruminal et améliorent la digestion des fibres en période de stress climatique. Ils renforcent les capacités adaptatives en réduisant les émissions de méthane et en soutenant la résilience du microbiote intestinal face à la perte d'appétit induite par la chaleur. Le microbiote ruminal joue un rôle central dans la digestion des fibres et la production d'énergie sous forme d'acides gras volatils. Les perturbations du microbiote induites par le stress thermique peuvent compromettre l'efficacité digestive. Les probiotiques améliorent la santé et les performances animales en supprimant et en gérant les infections intestinales. Leur principal mécanisme d'action est illustré sur la Figure 1.

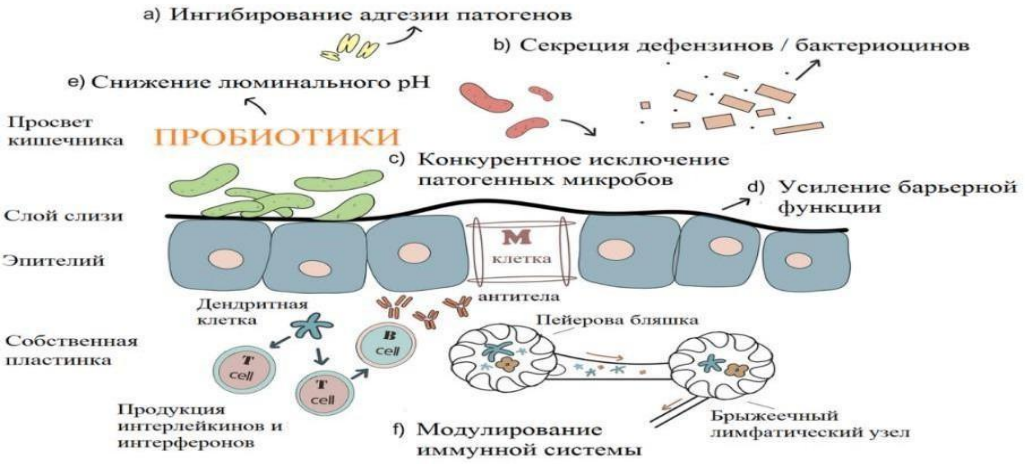


Figure 2 : Principaux mécanismes d'action des probiotiques *[1]*

L'introduction de probiotiques chez les ruminants améliore la croissance, la productivité, la santé et le bien-être général, tout en réduisant les impacts environnementaux tels que les émissions de méthane. En supprimant les bactéries nocives et en régulant la réponse immunitaire de l'hôte, les propriétés immunostimulantes des probiotiques peuvent renforcer la barrière intestinale des ruminants et améliorer l'immunité [7]. Compléter l'alimentation des animaux d'élevage avec des probiotiques impacte significativement sur le système immunitaire, la productivité et la digestion [11].

Les probiotiques sont presque sans danger pour l'organisme car ils sont constitués de bactéries vivantes de la flore intestinale normale. Ces bactéries produisent des substances

biologiquement actives qui favorisent la croissance de la flore gastro-intestinale normale, la maintenant dans un état d'équilibre dynamique. Contrairement aux antibiotiques, leur mécanisme d'action ne vise pas à détruire, mais à exclure les bactéries opportunistes du microbiote intestinal, tandis que les probiotiques, en neutralisant les bactéries nocives, préservent les bactéries bénéfiques [4].

L'alimentation des vaches avec des probiotiques a amélioré la production de lait, ainsi que le pourcentage de matière grasse du lait [13]; [6], et a eu un effet bénéfique sur la teneur en matière sèche et la composition minérale du colostrum (lait) [5]. La production d'ammoniac dans le rumen peut être contrôlée avec des probiotiques[12]; ils réduisent la quantité de méthane émise par les ruminants, ce qui réduit leur impact nocif sur l'environnement, puisque la quantité de méthane émise par les ruminants représente 3-5% du réchauffement climatique [10].

Conclusion

Les probiotiques sont un outil efficace, sûr et durable pour améliorer la productivité et la santé des vaches laitières tout en réduisant la dépendance aux antibiotiques et les émissions de gaz à effet de serre. Les recherches futures devront viser des protocoles personnalisés (race, stade de lactation, ration) et le développement de symbiotiques.

Références

1. Anee, I. J., Alam, S., Begum, R. A., Shahjahan, R. M., & Khandaker, A. M. (2021). The role of probiotics on animal health and nutrition. *The Journal of Basic and Applied Zoology*, *82*(1), 52. https://doi.org/10.1186/s41936-021-00250-x
2. Bhogoju, S., & Nahashon, S. (2022). Recent Advances in Probiotic Application in Animal Health and Nutrition : A Review. *Agriculture*, *12*(2), 304. https://doi.org/10.3390/agriculture12020304
3. Devadharshini K. (2024). *(PDF) Probiotics in Ruminants : A Comprehensive Review of Health, Production and Future Frontiers*. ResearchGate. https://doi.org/10.61851/coas.v1i10.16
4. Fernández-Ciganda, S., Fraga, M., & Zunino, P. (2022). Probiotic Lactobacilli Administration Induces Changes in the Fecal Microbiota of Preweaned Dairy Calves. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *14*(5), 804-815. https://doi.org/10.1007/s12602-021-09834-z
5. Fuller, R. (1977). The importance of Lactobacilli in maintaining normal microbial balance in the crop. *British Poultry Science*, *18*(1), 85-94. https://doi.org/10.1080/00071667708416332
6. Gulbet Asmeret E., Amerkhanov, K. A., & Soloveva, O. I. (2024). *Asmeret E Gulbet, Kharon A Amerkhanov, Olga I Soloveva – Animal Husbandry and Fodder Production.* http://gk.fncbst.ru/en/archive/new/issues-2024-year/vol-107-no-2-2024/production-technology-quality-and-economy-in-animal-husbandry/asmeret-e-gulbet-kharon-a-amerkhanov-olga-i-soloveva
7. Hoseinifar, S. H., Sun, Y.-Z., Wang, A., & Zhou, Z. (2018). Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02429
8. Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R. M., Khan, I. M., Özogul, F., Rocha, J. M., Esatbeyoglu, T., & Korma, S. A. (2023). Probiotics : Mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1216674. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674
9. Li, H., Zhang, Y., Li, R., Wu, Y., Zhang, D., Xu, H., Zhang, Y., & Qi, Z. (2021). Effect of seasonal thermal stress on oxidative status, immune response and stress hormones of lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, *7*(1), 216-223. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.006
10. Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*, *10*(1), 21. https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0

11. Mirzaei, A., Razavi, S. A., Babazadeh, D., Laven, R., & Saeed, M. (2022). Roles of Probiotics in Farm Animals : A Review. *Farm Animal Health and Nutrition*, *1*(1), 17-25. https://doi.org/10.58803/fahn.v1i1.8

12. Razavi, S. A., Pourjafar, M., Hajimohammadi, A., Valizadeh, R., Naserian, A. A., Laven, R., & Mueller, K. R. (2019). Effects of dietary supplementation of bentonite and Saccharomyces cerevisiae cell wall on acute-phase protein and liver function in high-producing dairy cows during transition period. *Tropical Animal Health and Production*, *51*(5), 1225-1237. https://doi.org/10.1007/s11250-019-01815-3

13. Smirnova, Yu. M., Platonov, A. V., & Kotelevskaya, V. A. (2023). Effectiveness of probiotic Rumit in the dairy Ayrshire cattle diet. *Agricultural Science Euro-North-East*, *24*(3), 468-477. https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.468-477

14. Основы агрономии на английском языке / Л. Е. Бабушкина, Т. А. Васильченко, А. А. Зайцев [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – 178 с. – ISBN 978-5-605-10603-6. – EDN POLNBS.

УДК 598.2:591.9

HELMINTHS OF THE EURASIAN COOT (*FULICA ATRA*) IN THE FLOODPLAIN OF THE KUMA RIVER

Nikolai Maksimovich Medovikov, *Postgraduate Student at the Department of Zoology and Aquaculture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow* *medovikov1184@gmail.com*

Abstract. *The Eurasian coot (Fulica atra) is a waterbird species of the family Rallidae, widely distributed across Eurasia, Africa, and Australia. The helminth species composition of the coot was investigated. Material collection was carried out in the floodplain of the Kuma River, Republic of Dagestan, Russian Federation. Complete helminthological necropsies of the animals were performed. As a result of the autopsy of four coot individuals, eight helminth species belonging to Trematoda, one species belonging to Cestoda, and one species belonging to Nematoda were found. This study will serve as a basis for further research on the helminth species composition of coots in the region.*

Keywords: *coot, Fulica atra, helmintology, Trematoda, Cestoda, Nematoda*

Introduction. The Eurasian coot (*Fulica atra*), also known as the common coot, is a widely distributed waterbird belonging to the Rallidae family. Its natural habitat extends across Europe, Asia, Australia, New Zealand, and parts of North Africa, making it one of the most widespread species in its family in the Old World [1, 2].

Morphologically, the Eurasian coot is characterised by a black body, a glossy black head, and a distinctive white bill with a white frontal shield. The species exhibits minimal sexual dimorphism, with males (approximately 890 g) being slightly heavier than females (approximately 750 g). Adults measure 36–38 cm in length with a wingspan of 70–80 cm. The partial webbing on its long, strong toes is a notable adaptation to its aquatic lifestyle.

As an omnivore, *F. atra* consumes a varied diet including algae, vegetation, seeds, fruit, and small live prey such as the eggs of other waterbirds. Its feeding techniques are similarly diverse, encompassing terrestrial grazing, aquatic upending, and diving.

Currently, an active study of the species and quantitative composition of the parasitofauna Fulica atra is underway. Their parasites include helminths from the Trematoda, Cestoda and Nematoda groups [3, 4, 5, 6].

Research method. The study was conducted in March 2026 in the Republic of Dagestan, Russia. The coots were harvested by licensed hunters in the floodplain lakes of the Kuma River.

We implemented a complete helminthological autopsy of four specimens of coots. First, the eyeballs and eyelids were examined, followed by a dissection of the nasal cavity. Then, the body cavity was opened, and the organs of the digestive and excretory systems were removed. Helminths were washed from the walls of the bird's body cavity using a standard technique. The received suspension was distributed among several Petri dishes and examined under a binocular microscope.

Using a cover glass, we flattened the dissected internal organs of birds, such as the liver and pancreas. We studied the resulting drug under binoculars, extracting and fixing the found helminths. We dissected the intestines using a standard washing technique to prepare a suspension from its contents. Next, the resulting suspension was distributed over several Petri dishes and also viewed under binoculars.

We identified the species of helminths based on their morphological characteristics, and then preserved the parasites in 96% ethanol. The preserved parasites will be subjected to molecular genetic analysis to more reliably determine their biological species.

Results and discussion. During the dissection of coots, we found helminths belonging to 10 different species. Table 1 shows their names, localization in the bird's body, the number of infected birds, and the minimum and maximum number of helminths in infected hosts.

Table 1

Helminths found in coots from the Kuma River floodplain, Republic of Dagestan

Biological species	Localization in the host's body	Number of infected individuals, ind.	Variation in the number of parasites per host, ind.
Trematoda			
Notocotylus pacifera	cecal intestines	2	6-23
Tanaisia atra	ureters	2	5-7
Echinostoma grande	intestine	1	1
Echinostoma bancrofti fulicae	intestine	1	1
Immature individuals of the Echinostomatidae family	intestine	3	3-7
Cotyluris hebraicus	intestine	2	7-5
Dendritobilharzia pulverulenta	vessels of the intestinal mesentery	1	1
Hyptiasmus oculeus	nasal cavity and parorbital sinuses	1	21
Cestoda			
Cestodes of the genus *Diorchis*	intestine	2	4-6
Nematoda			
Quasiamidostomum fulicae	under the cuticle of the muscular gizzard	3	2-11

The parasites found are typical for coots living in Russia [4, 6].

Conclusions. This work will serve as an integral part of future studies of parasites of the coots of the Palearctic. The determination of biological species of parasites will later be supplemented by data of molecular genetic analysis.

Acknowledgments. I would like to express my gratitude to my supervisor, Professor A.A. Kidov, and my mentors in the study of parasites, Associate Professor S.G. Sokolov and A.P. Kalmykov.

References

1. BirdLife International. Fulica atra [Электронный ресурс] // IUCN Red List of Threatened Species. – 2019. – e.T22692913A154269531. – doi:10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T22692913A154269531.en. – Режим доступа: https://www.iucnredlist.org/species/22692913/154269531 (дата обращения: 20.04.2026).

2. Zhang W., Liu T., Cheng K., Rummy P. Declining water depth delayed the breeding time of *Fulica atra*, not human disturbance / W. Zhang, T. Liu, K. Cheng, P. Rummy // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 13, No. 8. – P. e0202684.

3. Vlasenkov, S.A. Phylogenetic assessment of the type species of genus *Notocotylus* Diesing, 1839 (Digenea: Notocotylidae) and other congeners from some Palearctic wetland birds / S.A. Vlasenkov, G.A. Yakovleva, S.G. Sokolov // Journal of Helminthology. – 2025. – Vol. 99. – P. e122.

4. Vlasenkov, S.A. Phylogenetic position of *Lecithodollfusia* Odening, 1964 (Trematoda: Microphalloidea) inferred from molecular data on *L. arenula* (Creplin, 1825) ex *Fulica atra* Linnaeus, 1758 (Aves: Rallidae) / S.A. Vlasenkov, A.P. Kalmykov, S.G. Sokolov // Invert. Zool. – 2023. – Vol. 20, No. 4. – P. 368–379.

5. Kalmykov, A.P. Helminths in the Volga Delta Ecosystem. Volume 2. Nematodes of Vertebrates / A.P. Kalmykov, N.N. Semenova, V.M. Ivanov; editor-in-chief N.A. Litvinova. – Izhevsk: Print LLC, 2017. – 350 p.

6. Yakovleva, G.A. Helminths of the Eurasian coot *Fulica atra* at Lake Ladoga coast (northwestern Russia) / G.A. Yakovleva, D.I. Lebedeva, S.V. Bugmyrin // Wetlands. – 2021. – Vol. 41, No. 8. – P. 118–130.

УДК 621.31

OZONISIERUNG BEIM PFLANZENANBAU

Anastasija Wladimirowna Piskareva, *Aspirantin des Lehrstuhls der Energieversorgung und Wärmeenergie genannt nach Akademiker I.A. Budzko, Institut für Mechanik und Energiewirtschaft genannt nach W.P. Gorjatschkin, Russische Staatliche Agraruniversität – Timiryazev Akademie Moskau,*
n-z2@mail.ru
Elena Nikolajewna Shirlina*, Dozentin des Lehrstuhls für Russisch und Fremdsprachen, Russische Staatliche Agraruniversität – Timiryazev Akademie Moskau, shirl2005@yandex.ru*

Zusammenfassung: *Der Artikel ist der Untersuchung der Möglichkeiten von Ozonierung beim Pflanzenanbau gewidmet. Es wird geforscht, ob Ozongeneratoren sinnvoll eingesetzt werden können, um die Wachstumsbedingungen von Pflanzen auf sogenannten „City-Farmen“ zu verbessern. Es werden Probleme aufgezählt, die auf City-Farmen mit Hilfe von Ozongeneratoren gelöst werden können. Es wird auch ein geeigneter Ozongenerator-Typ bestimmt.*

Schlüsselwörter: *Ozongeneratoren, Ozonisierung, Desinfektion, City-Farmen, Mikrogrünpflanzen, elektrische Entladung.*

Die Fragen, die mit der Reinigung und Desinfizierung von Wasser, Luft und Oberflächen verbunden sind, gewinnen heute eine große Bedeutung.

Eine Methode zur Desinfizierung ist die Verwendung von Ozongeneratoren. Ozon ist ein starkes Mittel, das gefährliche Mikroorganismen zerstört, Schimmelpilze und Viren bekämpft [1].

Das Ziel dieses Artikels besteht darin, die Zweckmäßigkeit der Verwendung von Ozongeneratoren zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen von Pflanzen zu bestimmen.

Um dieses Ziel zu erreichen, muss man folgende Aufgaben erfüllen.

1. Es soll die Technologie für den Anbau von Pflanzen beschrieben werden.

2. Es soll festgestellt werden, welche positive Einwirkung die Ozonisierung in diesem Fall bringen wird.

3. Es soll bestimmt werden, welche Konstruktion des Ozongenerators für erwähnte Zwecke besonders passt.

In diesem Artikel wird die Technologie des Anbaus von Pflanzen auf sogenannten "City-Farmen" untersucht.

Die City-Farmen sind normalerweise gemietete Flächen in Fabriken oder Räume in Wohnhäusern, Bildungseinrichtungen und anderen Objekten, die ursprünglich für den Anbau von Pflanzen nicht geeignet sind. Man stellt in solchen Räumen Regale auf, die mit Beleuchtung, Bewässerungs- und Belüftungssystemen ausgestattet sind.

Die Abmessungen von City-Farmen sind normalerweise kleiner als die Abmessungen von Industriegewächshäuser. Deswegen spezialisieren sich die City-Farmen am häufigsten auf den Anbau von Mikrogrünpflanzen.

Die Mikrogrünpflanzen sind junge grüne Gemüse- und krautigen Pflanzen in der Phase der ersten echten Blätter. Und zwar das sind Pflanzen von 7-14 Tage nach dem Keimen. Wenn die Höhe dieser Pflanzen 3-7 cm beträgt, dann sammelt man sie schon [1].

Man unterscheidet einige besonders beliebten Arten für Mikrogrünpflanzen nach dem Geschmack und der Farbe. Das sind folgende:

1. Die Sonnenblume ist nussig, saftig.
2. Erbsen sind süß, knusprig.
3. Radieschen sind scharf, pikant.
4. Koriander ist ein reiches Aroma.
5. Basilikum ist duftend, in der Farbe unterschiedlich.
6. Die Rüben sind süß, leuchtend burgunderrot.

Mikrogrünpflanzen verwendet man zum Essen, und zwar man fügt sie zu Salaten, Sandwiches, Smoothies, Suppen hinzu. Man verwendet Mikrogrünpflanzen, um Hauptgerichte zu dekorieren. Und man verwendet sie als Quellen für Vitamine.

Es gibt jedoch einige negative Faktoren auf City-Farmen, die die Bedingungen für den Anbau von Pflanzen verschlechtern.

Es gibt einige Pflanzenkrankheiten, aber auf City-Farmen können keine Gifte verwendet werden, um Pflanzenkrankheiten zu bekämpfen, da die Pflanzen bereits nach einer Woche gegessen werden und diese Zeit nicht ausreicht, um die Gifte vollständig aus der Pflanze zu entfernen.

Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit entsteht Schimmel, der schwierig zu beseitigen ist, aber die Luft kann nicht entwässert werden, da dies die Entwicklung der Pflanzen negativ beeinflusst.

Ein Problem auf City-Farmen ist auch, dass sich in den hydroponischen Anlagen Algen bilden, die schwer zu bekämpfen sind.

Alle diese Probleme können durch Ozonisierung gelöst werden [2].

Die technische Erzeugung von Ozon ist auf verschiedene Weise möglich. Die einfachste Variante erfolgt mittels eines UV-Ozon-Generators. Ein Luftstrom wird dem Licht einer UVLampe ausgesetzt. Die UV-Strahlen haben eine Wellenlänge von etwa 185 nm und simulieren somit die Herstellungsweise von natürlichem Ozon in der Stratosphäre. Aber die Ausbeute an erzeugtem Ozon ist relativ gering.

Für die Zwecke von City-Farmen ist ein anderer Typ von Ozon-Generatoren mehr passend. Und zwar der Ozonisator, in dem Ozon durch elektrische Entladungen in Sauerstoff bekommen wird [3].

Das Prinzip besteht darin, dass zwischen zwei Elektroden, an denen eine Hochspannung angelegt ist, getrockneter Luftsauerstoff beziehungsweise reiner Sauerstoff mit ein bis zwei bar durch den Entladungsraum gepumpt wird. Ein isolierendes Dielektrikum aus Glas sorgt dafür, dass durch Influenz ein elektrisches Feld aufgebaut wird. Die Elektronen werden durch die Entladung angeregt und einige Sauerstoffmoleküle werden dadurch in zwei einzelne Atome gespalten. Auch hier verbinden sich diese Atome mit den vorhandenen O_2 Molekülen zu Ozon.

Die Ozonausbeute beträgt in einem Ozonisator 10-20 %. Das bildet den Vorteil gegenüber UV-Ozon-Generatoren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Einsatz von Ozongeneratoren auf City-Farmen eine vielversprechende Methode zur Verbesserung der Wachstumsbedingungen von Pflanzen darstellt.

Die im Rahmen dieses Artikels durchgeführte Analyse führt zu folgenden zentralen Ergebnissen:

1. Es gibt positive Wirkung der Ozonisierung beim Pflanzenanbau;
2. Ozon kann die typischen Probleme von City-Farmen effektiv bekämpfen;
3. Ozon zerfällt rückstandslos in Sauerstoff und ist daher unbedenklich.
4. Für City-Farmen eignet sich besonders ein Ozongenerator mit elektrischer Entladung (sogenannter Koronaentladungs-Ozonisator).

Also, der Einsatz eines Koronaentladungs-Ozongenerators auf City-Farmen ist zweckmäßig, da er die Pflanzen vor Schimmel, Algen und Mikroben schützt, ohne Rückstände zu hinterlassen, und somit gesundes Wachstum von Mikrogrünpflanzen in nicht spezialisierten Räumen ermöglicht.

Literaturverzeichnis

1. Sudakow, W. L.; Chomjakow, J. W.: Intensive Pflanzenkultur unter Kunstlicht. Sankt Petersburg: Verlag der Polytechnischen Universität, 2018, 164 S.
2. Hafner, J. Safe Use of Grow Room Ozone Generators // Pure N Natural Systems Insider. – October 23, 2025. – URL: https://purennatural.com/blogs/insider/safe-use-of-grow-room-ozone-generators
3. Gerasimov, G. N.; Alexejew, M. I.; Iwanow, W. G.; Kurganow, A. M.; Medwedew, G. P.; Mischukow, B. G.; Feofanow, J. A.; Tswetkowa, L. I.; Tschernikow, N. A.: Technisches Handbuch zur Wasseraufbereitung, Bd. 1. Sankt Petersburg: Nowy Schurnal, 2007, 878 S.

УДК 81’25 36:811.111:811.161.1

VERBAL CONSTRUCTIONS IN TRANSLATION: STRATEGIES AND TECHNIQUES

Vera G. Ryabchikova, *Senior Lecturer of Russian and Foreign Languages Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,* smirnovaverochka@mail.ru

Abstract. *This article examines the specifics of translating verbal constructions from English into Russian and vice versa. It analyzes the main translation strategies and techniques used to convey the semantics and function of verbal constructions. Examples from various types of texts, including those on agricultural topics, demonstrate typical difficulties and ways to overcome them. The results of the study may be useful for practicing translators and students of linguistics.*

Keywords: *verbal nouns, gerunds, infinitives, translation transformations, translation strategies, compression, decompression.*

Introduction

Verbal constructions (verbal nouns, gerunds, and participles) play an important role in the linguistic system, allowing us to express actions and processes concisely. However, their translation often presents difficulties due to differences in the grammatical structure of languages. Gerunds and participles are common in English, while verbal nouns (such as "development," "conducting," and "signing") are common in Russian.

The relevance of this topic stems from the need to develop clear translation strategies for such constructions to ensure the accuracy and naturalness of the text. The purpose of this article is to systematize the main techniques for translating verbal forms and demonstrate their application in practice, including using texts on agriculture.

Peculiarities of Verbal Constructions in English and Russian

The frequency of use of verbal constructions varies between English and Russian. Thus, in English, impersonal verb forms predominate: gerunds (reading, writing), participles (developed, implemented), and infinitives (to analyze), reflecting a tendency toward text compression—that is, the desire to express maximum information with minimal linguistic resources [2]. The article "The role of higher education in saving societies in challenging circumstances" is interesting for its examples: it contains verbal elements (education, saving), which are typical of the academic style [7]. In Russian, verbal nouns (reading, writing, development, implementation, analysis) are widespread, reflecting a tendency toward substantiating actions. These differences require the use of translation transformations to preserve the meaning and style of the original [1].

Basic Translation Strategies

Verbal nouns in Russian (e.g., "введение" [introduction], "ugryvaniye" [growing], "tryi" [attempts], "provozhdenie"]) are significantly more common than in English—30–35% higher. This creates certain difficulties in translation: a direct correspondence is not always possible or stylistically justified [3]. Let's consider the basic translation strategies for such constructions, their theoretical justification, and practical examples.

1. Expanding a reduced predicate is used when a verbal noun in Russian is transformed into a full-fledged sentence in English. This is especially relevant for constructions where the noun functions as the subject of a verbal noun. Note that in Russian, verbal constructions allow for the "compression" of information by replacing the verbal predicate with a noun. In English, such compression is less common, so expansion is required to maintain clarity and naturalness.

Внедрение новых агротехнологий требует инвестиций. → New agrotechnologies need to be implemented, which requires investment.

Улучшение условий труда повысит производительность. → Working conditions need to be improved, which will increase productivity.

2. Substitution with a verb. A verbal noun is replaced with a verb in its finite form, which makes the text more dynamic and conforms to English speech norms. English is rich in verb constructions, especially in the active voice, so replacing a noun with a verb eliminates the "passivity" and "remoteness" of the action, making the statement more direct and energetic.

Выращивание пшеницы в этом регионе сократилось. → Wheat cultivation has decreased in this region. → Farmers grow less wheat in this region.

Исследование новых сортов заняло два года. → Scientists spent two years researching new varieties.

3. Use of desemantized words. To preserve sentence structure, semantically "empty" words (attempt, effort, goal, step) are used, taking on the function of the subject. Such words do not carry independent semantic meaning, but allow the syntactic structure of the original to be preserved. They act as a "connecting link," conveying the general meaning of the action without specifying it.

Попытки повысить урожайность без удобрений не дают результата. → Efforts to increase crop yields without fertilizers have never been successful.

Разработка новых методов — наша главная цель. → Developing new methods is our main goal.

4. Omitting a verbal noun. If a verbal noun doesn't carry a key semantic load, it can be omitted without loss of meaning. Many actions are expressed directly, without the need for "intermediaries" in the form of nouns. If the meaning of the sentence is preserved after removing the verbal construction, omitting it is the optimal solution.

Проведение агрохимического анализа почвы показало дефицит азота. → Agrochemical analysis of the soil showed a nitrogen deficiency. → The soil is deficient in nitrogen.

Осуществление проекта потребовало значительных ресурсов. → The project required significant resources.

4. Replacement with another impersonal verb form. A verbal noun can be replaced by an infinitive, gerund, or participle, depending on its syntactic position. Impersonal verb forms in English are highly flexible [5]. They can function as subjects, objects, attributes, and adverbial modifiers, making them a convenient substitute for verbal nouns.*Селекция новых сортов занимает много времени. → Selecting new crop varieties takes a lot of time. (герундий)*

Внедрение точного земледелия требует обучения персонала. → To implement precision farming, staff training is required. (инфинитив)

5. Part-of-speech conversion. A verbal noun is rendered by an adjective or participle if appropriate to the context, with adjectives and participles often used to describe processes and results of actions. This substitution allows for a shorter construction and makes it more natural.

Разработка устойчивых к засухе культур ведётся активно. → Drought resistant crop development is underway. → New drought resistant crops are being actively developed.

Применение новых технологий повышает эффективность. → New technologies make farming more efficient.

There are additional factors influencing the choice of strategy, such as semantic load, syntactic function: context and style, and the presence of clarifying elements. In the case of semantic load, if a verbal noun is semantically "empty" (carries no independent meaning), it can be omitted or replaced with a desemantized word. If it is semantically significant (conveys a specific action or process), expansion or replacement with a verb/impersonal form is required [4]. In the presence of a syntactic function, where a gerund or infinitive is often used as a subject, replacement with a verb or omission is possible as an object, and conversion to an adjective/participle is preferable as an attribute. Considering context and style, we note that more formal constructions (expansion, desemantized words) are acceptable in scientific texts, while verbs and short forms are preferred in journalism and colloquial speech [6]. The presence of clarifying elements indicates that quantitative indicators (a 10% increase → a 10% rise) or qualitative definitions (a sharp increase → rapid growth) may require preserving the verbal form.

The choice of translation strategy depends on many factors: semantics, syntax, style, and context. The optimal solution is not the mechanical application of rules, but a creative search for an equivalent that preserves the meaning and sound of the original while complying with English language norms. Combining several strategies within a single text is a common and effective practice.

Conclusion

Translating verbal constructions requires consideration of the grammatical and stylistic features of both languages. Key strategies include: expanding the reduced predicate, replacing it with a verb or other impersonal form, using desemantized words, and omitting nonessential elements.

The choice of strategy depends on the context, text style, and the position of the verbal construction in the sentence. Mastering these techniques allows for accurate and natural translation, avoiding common errors. Further research could focus on analyzing the specifics of translating verbal forms in highly specialized texts (scientific, legal, technical), including those in the fields of agricultural technology and agriculture.

References

1. Васильченко, Т. А. Типичные ошибки при оформлении и презентации результатов исследовательской работы студентов на иностранном языке / Т. А.

Васильченко, И. В. Султанова // Профессиональная коммуникация в полиязычном пространстве: междисциплинарный подход: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, Москва, 07–09 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 71-77. – EDN LFHLDK.

2. Профессиональная коммуникация в полиязычном пространстве: междисциплинарный подход / Р. В. Агаджанян, А. Ю. Алипичев, Л. Е. Бабушкина [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2024. – 287 с. – ISBN 978-5-9675-2036-5. – EDN AFCTSB.

3. Сулейманова, О. А. Методология исследования процесса перевода: когнитивная основа переводческой эвристики / О. А. Сулейманова, А. А. Водяницкая // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 37-42. – EDN YWIXSN.

4. Султанова, И. В. 3D-технологии и виртуальные образовательные среды в обучении профессиональному иностранному языку студентов аграрного вуза / И. В. Султанова, Т. А. Васильченко // Международный научный журнал. – 2025. – № 3(103). – С. 126-137. – DOI 10.34286/1995-4638-2025-103-3-126-137. – EDN EARWOX.

5. Формирование оценочного суждения в контексте политического дискурса (на материале выступления Дональда Трампа на сессии Генеральной ассамблеи ООН) / Н. Л. Харченко, И. А. Синицына, Е. А. Янова [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. – 2021. – № 4. – С. 171-177. – DOI 10.37882/2223-2982.2021.04.33. – EDN FRAAYX.

6. Foreign languages training features in digital environment of non-linguistic universities / A. A. Zaitsev, L. E. Babushkina, O. V. Takanova [et al.] // SHS Web of Conferences : International Linguistic Science and Practice Conference “Methods of Teaching Foreign Languages 2.0: Real vs. Virtual”, Moscow, 17 июня 2021 года. Vol. 127. – Moscow: EDP Sciences, 2021. – P. 01002. – DOI 10.1051/shsconf/202112701002. – EDN OOSSIW.

7. The role of higher education in saving societies in challenging circumstances / L. N. Polushina, N. N. Kleshchina, I. A. Sinitsyna [et al.] // Espacios. – 2018. – Vol. 39, No. 49. – P. 34. – EDN KWENRT.

УДК 632.934.2

OVERVIEW OF MODERN INTERNATIONAL METHODS OF QUARANTINE PHYTOSANITARY TREATMENT OF PRODUCTS USING NEUTRAL GASES AND THEIR MIXTURES WITH FUMIGANTS

Ivan V. Selin, *Junior Researcher at the Scientific and Methodological Department of Experimental assessment of biological efficacy of biopreparation and disinsection, FSBI “VNIIKR”, seliniv@vniikr.ru*

Areza S. Karashaeva, *Senior Researcher, Head of the Scientific and Methodological Department of Experimental assessment of biological efficacy of biopreparation and disinsection, FSBI “VNIIKR”, e-mail: k.areza@mail.ru*

Elena N. Shirlina*, Associate Professor at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, shirl2005@yandex.ru*

Abstract: *The latest international approaches to quarantine phytosanitary disinfestation based on controlled atmospheres of neutral gases (N_2, CO_2) and their combinations with fumigants are reviewed. Mechanisms of synergistic action, the ability to overcome resistance, effects on product quality, and prospects for integration into logistics chains are analysed.*

Keywords: *quarantine phytosanitary treatment, controlled atmosphere, neutral gases, fumigant synergism, environmental safety.*

Stricter international phytosanitary regulations, the phase-out of methyl bromide, and increasing resistance of pests to phosphine are driving a shift towards alternative technologies [1,2]. Methods that employ controlled atmospheres (CA) composed of neutral gases (nitrogen, carbon dioxide) and their mixtures with fumigants have taken a central position. The objective of this paper is to systematize global experience from 2020 - 2025 and highlight the methods most ready for practical adoption.

Basic mechanisms and limitations. The hypoxic environment (O_2 < 2-3%) created by nitrogen purging due to oxygen displacement from the air causes asphyxia and blocks aerobic energy exchange. Hypercapnia, also known as excess carbon dioxide (Co_2 > 40-60%), occurs as a special case of hypoxia, causes acidosis of hemolymph and suppresses detoxification systems [3]. Despite their impeccable environmental profile, pure neutral gases require exposures of 3 to 15 days, which is economically unacceptable for perishable commodities. This limitation stimulated the development of combined protocols in which the neutral gas serves as a carrier and synergist, multiplying the effect of low doses of fumigants. Next, we will consider the most relevant substances for use in the methods of quarantine phytosanitary treatment of products.

Phosphine + CO_2. This is the most extensively studied combination. CO_2 stimulates tracheal ventilation, accelerating PH_3 uptake, and simultaneously inhibits detoxification enzymes. Constantin M. et al. [4] demonstrated that a PH_3 + CO_2 mixture reduces the time needed for 100% mortality of the rusty grain beetle (*Cryptolestes ferrugineus*) by 1.5–2 times compared with phosphine alone. Romanko V. and Dudynska A. [5], working with the bean weevil (*Acanthoscelides obtectus*), constructed mathematical models that predict lethal time as a function of temperature, humidity and gas ratio, thus enabling flexible design of treatment schedules.

Ethyl formate in a nitrogen atmosphere. Ethyl formate (EtF) features rapid insecticidal action and decomposition into formic acid and ethanol without toxic residues. Coetzee E.M. et al. [6] successfully applied an EtF + N_2 mixture for in-transit fumigation of shipping containers on a road trailer with subsequent continuation at sea. Complete mortality of quarantine pests was achieved without disrupting the delivery schedule or impairing fruit quality, proving the feasibility of embedding fumigation into existing logistics chains.

Nitric oxide in a nitrogen atmosphere. NO reversibly inhibits cytochrome c oxidase, causing a rapid metabolic collapse that is completely reversed after ventilation. Yang X. and Liu Y.B. [7] achieved 100% elimination of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*) in strawberries without affecting the sensory properties of the fruit. A review by Granella S.J. et al. [8] confirms the high activity of NO against eggs, larvae and pupae of a wide range of fruit and vegetable pests.

Ozone. Generating ozone directly in the storage chamber enables simultaneous control of insects and moulds. Dong X. et al. [9] showed that ozone treatment (200 ppm, 48 h) completely eliminated granary and rice weevils in barley, while preserving seed germination and malting quality.

Table 1 summarizes the key parameters of the considered methods and provides a comparative characteristic.

Table 1

Comparative characteristics of modern international QPT methods

Method	Typical exposure, h	Target spectrum	The method's resilience to resistance	Residues
N_2 / CO_2 (pure)	72–360	Broad	Complete	None

PH_3 + CO_2	4–24	All stages, including resistant populations	High (overcomes)	Traces of PH_3 (degassing required)
Ethyl formate + N_2	1–12	Thrips, whiteflies, beetles	Complete	None (rapid degradation)
NO + N_2	2–8	Eggs, larvae, pupae, adults	Complete	None
Ozone	12–48	Complex of pests and moulds	Complete	None (decomposes to O_2)

Conclusion. The international development trend in QPT has clearly shifted from single fumigants to synergistic gas mixtures in which the neutral gas fulfils a transport and potentiation function. The systems most ready for scale-up are PH_3 + CO_2 (addressing the resistance problem) and ethyl formate in nitrogen (integrated into container logistics). NO and ozone constitute a "green" reserve with zero residue levels, although they require the development of industrial-scale generators and harmonised registration protocols. The priority of further research is to improve models of combined approaches using the synergy of neutral gases and to unify methods for bringing alternative fumigants to the international market.

References

1. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (1987). URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/montreal.pdf (accessed 20.04.2026).
2. Athanassiou C.G., Sakka M.K. Using Nitrogen for the Control of Stored Product Insects: One Single Application for Multiple Purposes // Agrochemicals. – 2022. – Vol. 1, No. 1. – P. 22–28.
3. Bailey S.W., Banks H.J. A Review of Recent Studies of the Effects of Controlled Atmospheres on Stored Product Pests // Developments in Agricultural Engineering. – 1980. – Vol. 1. – P. 101–118.
4. Constantin M. et al. Synergism Between Phosphine (PH3) and Carbon Dioxide (CO2): Implications for Managing PH3 Resistance in Rusty Grain Beetle // Journal of Economic Entomology. – 2020. – Vol. 113, No. 4. – P. 1999–2006.
5. Romanko V., Dudynska A. Synergism of a mixture of phosphine and carbon dioxide in fumigation against bean weevils // Scientific Horizons. – 2023. – Vol. 26, No. 5. – P. 89–98.
6. Coetzee E.M. et al. In-transit fumigation of shipping containers with ethyl formate + nitrogen on road and continued journey on sea // Journal of Environmental Science and Health, Part B. – 2020. – Vol. 55, No. 9. – P. 820–826.
7. Yang X., Liu Y.B. Nitric Oxide Fumigation for Control of Spotted Wing Drosophila in Strawberries // Journal of Economic Entomology. – 2018. – Vol. 111, No. 3. – P. 1180–1184.
8. Granella S.J. et al. A potential role of nitric oxide in postharvest pest control: A review // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2022. – Vol. 21, No. 7. – P. 452–459.
9. Dong X. et al. Ozone Efficiency on Two Coleopteran Insect Pests and Its Effect on Quality and Germination of Barley // Insects. – 2022. – Vol. 13, No. 4. – P. 318.

УДК 378.1

THE EVOLVING MODEL OF TEACHER EDUCATION IN CHINA UNDER THE VISION OF NATIONAL REJUVENATION

Umanskaya Polina Andreevna, *Assistant, Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, p.umanskaya@yandex.ru*

Abstract: *This article examines the modern system of teacher education in China as a combination of traditional values and contemporary global trends. Special attention is given to the influence of national educational priorities and competency-based professional standards. The study analyzes the role of regional flexibility and highlights the growing importance of digital competence and artificial intelligence in education policy up to 2035.*

Key words: *competence-based model, teacher professional training, educational policy*

In accordance with the idea of the current Chairman of the PRC Xi Jinping on the "great rejuvenation of the Chinese nation," the construction of a powerful education system that would simultaneously possess Chinese characteristics and meet world-class standards is a necessary condition for achieving this goal. [Abdrakhimov, 2023] The main priority of Chinese education is the training of qualified builders and reliable successors to the cause of Chinese socialism. In accordance with advanced concepts of global higher education, such principles as student-centeredness, outcome-based orientation, and continuous improvement were taken into account in the development of PRC standards. [MOE]

According to Chinese Minister of Education Wang Jiayi, the development of the teaching profession is a key factor in the country's transition from the status of an educational power to the position of a global leader in education. At the same time, the higher pedagogical education system under consideration is forced to constantly balance between modernization to ensure economic and technological development and nationalization, which determines the moral image and social obligations of the teacher. [Huang, 2022] It should be noted that Chinese pedagogical education is inseparably connected with the traditions and mentality characteristic of this country. The latter, in turn, developed under the influence of Confucianism, which led to the dominance of ideas about the supreme value of education for Chinese society and the attitude toward the teacher as a model, a bearer of indisputable knowledge, and an example to follow. According to Confucius, there were five categories of people most respected by society: the God of Heaven, the God of Earth, the emperor, parents, and teachers. [Zhou, 1988] Thus, unlike Western countries, it is precisely the personality of the teacher that occupies first place.

There are no unified educational standards or generally accepted competency models in Chinese higher pedagogical education. The national teaching standard of 2012 is commonly regarded as the latter. It was subsequently supplemented by certain initiatives intended to modernize the regulatory document. This standard is based on knowledge, skills, ethics and professional values, norms of interaction with society, and the need for professional development. The principles and values of future Chinese teachers include the provision that the student always comes first for the teacher, teachers possess and observe professional ethics, the basis of the teacher's work is practical competence, as well as the necessity of continuous professional improvement throughout life. [Margolis, 2019]

The model under consideration defines requirements for teachers' awareness of state educational strategies, compliance with laws, professional ethics, responsibility for students' well-being, and the creation of a harmonious educational environment conducive to the comprehensive development of students. [Wu, 2014]

Special attention is paid to knowledge of subject content, psychology and age-related characteristics of students, teaching methodology, the use of modern educational technologies,

organization of the educational process, and the conduct of extracurricular activities. The standards also emphasize the importance of developing teachers' competencies in lesson design, assessment and support of learning activities, effective interaction with colleagues, parents, and the community, as well as the capacity for self-reflection and continuous professional development. [Wu, 2014]

A specific feature of the Chinese system is the development of its own professional standards by the provinces of the PRC. Thus, at the national level, not so much a system of detailed standards was formed as their conceptual foundation, serving as a platform for the further development of regional regulations. [Margolis, 2019] Such a foundation allows local entities to develop their own standards that do not contradict national provisions and at the same time specify them in accordance with the characteristics of the subject area, level of education, qualification stages, and career trajectories.

This approach transforms the national standard from a normative document external to the professional community, potentially causing criticism or rejection, into a foundation on the basis of which each region gains the opportunity to create its own version of the standard. At the same time, consistency with the key provisions of the national document is preserved.

At present, China is also modernizing national strategies in the field of education and developing amendments and detailed competency models for individual skills that will remain in force until 2035. These initiatives meet the requirements of the "plan for building an educational power." In particular, one of the large-scale projects of the Chinese Ministry of Education is the digitalization of education, the implementation of which is connected with improving teachers' digital literacy and integrating artificial intelligence into education. In connection with the new directive of the PRC government, digital competence will be regarded as the core of a teacher's professional competence.

Thus, the modern system of teacher training in China represents a unique combination of traditional values and modern global trends. On the one hand, it relies on the Confucian heritage and the high social significance of the teacher's personality, while on the other hand, it is being actively modernized, including outcome orientation, continuous professional development, and the digitalization of education. The flexibility of the model makes it possible to take into account the specific features of different provinces while preserving a unified strategic course. This testifies to China's aspiration to form a competency-based system of teacher training that corresponds both to national priorities and to global challenges. For Russian teacher education, the integration of a value-based competency approach, combining the humanistic traditions of Russian pedagogy with advanced global practices, is of particular relevance.

References

1. Марголис А.А. Профессиональный стандарт педагога: разработка и использование в России и за рубежом. — М.: ФГБОУ ВО МГППУ, 2019. — 240 с.

2. Хуан Ш. Особенности формирования профессиональной компетентности будущих преподавателей музыкального искусства в вузах Китая. – DOI 10.36871/hon.202203002 // Художественное образование и наука. – 2022. – № 3. – С. 13-21.

3. Чжоу, Ч. Жизненные цели как смыслообразующий фактор жизни представителей русской и китайской культур // Новые психологические исследования. 2024. № 1. С. 57–78. DOI: 10.51217/npsyresearch_2024_04_01_03

4. Abdrakhimov L. G. Xi Jinping's Idea of the "Great Rejuvenation of the Chinese Nation – the Chinese Dream" as the Ideological Foundation of China's National Security // RUDN Journal of Political Science. 2023. No. 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ideya-velikoe-vozrozhdenie-kitayskoy-natsii-kitayskaya-mechta-si-tszinpina-kak-ideologicheskaya-osnova-natsionalnoy-bezopasnosti (accessed: 20.04.2026).

5. Ministry of Education of the PRC. General Office. Notice on the Organization and Implementation of the Action for the Digital Empowerment of Teacher Development: Letter of

the Department of Teachers No. 教师厅函〔2025〕13 dated 02.07.2025 // Ministry of Education of the PRC: official website. URL: https://www.moe.gov.cn (accessed: 20.04.2026).

6. Wu N. The Implementation of the National Professional Standard for K-12 Teachers, 2012 (NPST) at Regional and Local Level in China [Электронный ресурс]: a Case Study of Regional Teacher Professional Development Standards Implementation in Qingyang District, Chengdu, China // Higher Education of Social Science. 2014. Vol. 7 (3). P. 88—98.

УДК 330.341.2

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF ASSESSING THE DIGITAL DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Maxim Ya. Cherney, *PhD Student, Department of Statistics and Cybernetics, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, maks_cherney@mail.ru*

Foreign Language Advisor: ***Galina V. Porchesku****, Candidate of Philology, Associate Professor, Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, gporchesku@rgau-msha.ru*

Abstract*. This article examines the methodological challenges associated with assessing the digital development of agro-industrial enterprises. The limitations of the survey-based methods are substantiated, and an approach based on quantitative indicators reflecting expenditures, infrastructure, and the effect of digitalization is proposed. The study concludes that a universal methodology is required to assess the digital transformation of enterprises.*

Keywords*: digitalization, agro-industrial enterprises, digital development, assessment methodology, digital transformation*

The introduction of modern IT solutions into business and production processes of enterprises across most economic sectors remains a key driver of improving economic efficiency. Given the rapid development of such solutions, enterprises seeking to maintain competitiveness not only within their own sector but also in the broader business environment generally attempt to implement advanced technologies as quickly as possible, while lacking the ability to assess ex ante the feasibility and appropriateness of adopting the technological solution they apply.

As part of the literature review devoted to technological development and the digitalization of the agro-industrial complex, both theoretical and practical examples of methodologies for assessing the digital development of enterprises were examined. Several approaches can be identified among the existing methods for evaluating digital transformation in business, particularly in the agro-industrial sector:

1. Assessment of enterprise digital maturity based on surveys and expert evaluations.
2. Integral and index-based methods for assessing the financial effects of introducing modern technologies.
3. Evaluation of enterprise compliance with a digital development roadmap, which also remains largely a subjective factor.

At present, surveys constitute the simplest and most feasible method for assessing the level of enterprise digitalization. However, this method involves several bottlenecks and a high probability of research errors. Survey design requires its authors to eliminate the possibility that an enterprise may misinterpret the questions included into it. Moreover, the top managers or rank-and-file employees being surveyed must clearly understand which functional area of the enterprise the survey addresses. In addition, at the current stage of sectoral development, barriers persist that prevent businesses from moving from post-industrial automation to digitalization, or result only in partial transition, which in turn undermines the accuracy of survey-based assessments. For

example, the study by Timirgaleeva devoted to assessing the digital development of agro-industrial enterprises in the Republic of Crimea, where the researchers present a survey methodology, the survey results, and an interpretation thereof, identifies the following problems: a significant proportion of the surveyed agro-industrial enterprises were not ready to embark on business digital transformation, while some had no clear understanding of what this process entails [4]. The study also describes proposals for constructing an integral index based on survey results. Despite the use of statistical methods to minimize errors in the weight of index components, the underlying problem associated with surveys as a method of collecting enterprise statistics remains, thereby rendering this approach to assessing the level of digitalization insufficiently reliable.

An alternative approach to assessment discussed in literature implies a comprehensive and multidimensional perspective both on the financial effects of implementing an IT solution at the enterprise level and on the condition of the sector. This approach has several advantages over the survey-based method. The principal one is a complete exclusion of evaluative and subjective judgments concerning digital transformation processes, since the calculations are based on precise facts concerning enterprise activities recorded in accounting, financial, and ESG reporting.

Nevertheless, for a basic model of enterprise digitalization assessment, the set of variables discussed by researchers in current publications, for example, Moroz and Medvedskii [2], does not appear to be optimal. The following model parameters are suggested here, which should make it possible to assess with sufficient accuracy the effectiveness of decisions related to the implementation of modern technologies.

Table 1.

Parameters of the Enterprise Digitalization Assessment Model

Model parameters	Contribution to assessment and conditions of application
Share of expenditures on the digitalization of business processes in CAPEX; share of digitalization expenditures in the overall cost structure of the enterprise	These indicators make it possible to assess the degree of enterprise involvement in adaptation to a dynamically evolving digital environment, as well as the impact of this process on enterprise expenditures. At the current stage of global economic development, business investment in IT solutions is becoming an integral component of sustainable development.
Share of digital infrastructure in the enterprise's total assets	Makes it possible to assess the progress already achieved in the digitalization of enterprise activities. More granular data may also help identify the digital development priorities of a particular company or of an industry.
Change in the amount of labor capital required to maintain the current production rate Or its alternative**:** ratio of the number of digitalized workplaces to the total number of enterprise employees	This parameter makes it possible to trace the positive or negative effect of implementing digital solutions on the wage fund and, consequently, on company costs, as well as on ESG aspects of business activity related to labor market support. It is assumed that this parameter will more often reflect the negative effects of introducing production-automating processes, given the likelihood of staff reductions, etc.
Number of IT specialists per 100 employees	This indicator answers the question of how costly the maintenance of the enterprise's digital infrastructure is from the standpoint of labor capital.

Share of digitalized machinery / territory in the total amount of machinery / production area	Reflects the degree of progress in production digitalization in practical terms.
Ratio of enterprise profit to expenditure on IT infrastructure, and the change in this indicator over the reporting period Or its alternative**:** IT expenditure per unit of output produced	Reflects the profitability of applying digital solutions in production. After a series of additional calculations, the alternative indicator makes it possible to assess the effect of introducing new technologies on the final cost of production.
Ratio of changes in output during the reporting period to expenditure on the development of digital infrastructure	This parameter may be applicable not only to the business but also to individual parts of production. However, in that case, assessing the contribution to total output would require calculation in monetary terms, which returns us to the previous parameter. Therefore, this indicator is better suited to enterprises producing a single type of product and may serve as an adjustment coefficient within the overall model/final integral index.
Ratio of the number of automated business or production processes to the total number of processes	This is not a priority indicator, since it requires the enterprise to maintain a structured roadmap of production processes and to update it regularly in light of newly introduced technological solutions.
Ratio of revenue received through digital channels to total enterprise income	This indicator reflects the effect of the enterprise's participation in the ecosystem of digital redistribution of goods, services, and resources.
Share of cyberattacks on the enterprise's digital systems that were successfully repelled; share of cybersecurity expenditures in the total cost structure of the enterprise	A relevant indicator under conditions of active struggle by businesses, the state, and ecosystems against cybercrime, answering the question of enterprise readiness for external challenges and the consequences of the widespread introduction of digital systems into production.

The principal obstacle to the application of this method is the difficulty of obtaining disaggregated data on specific enterprise expenditures. At the same time, if we want the approach to be universal, it requires the development and use of a unified classifier of IT solutions, that is, a grouping of technologies that are similar in purpose and field of application. It will also be necessary to consider the affiliation of enterprises to different lines of business to further assess the effects of applying differentiated classes of technological solutions to groups of farms and industrial enterprises that differ by type of activity. Companies do not usually practice excessive disaggregation of financial reporting and do not separately identify the digitalization-related data of interest to this study. The introduction of regulatory requirements for more detailed accounting of expenditures on digitalization-related infrastructure and services, for the purpose of evaluating the effectiveness of public programs not only by public authorities but also by enterprises themselves, would make it possible to advance the concept of a unified methodology for the indicative assessment of the level of digitalization in the agro-industrial sector.

In addition to indices based exclusively on quantitative metrics, combined assessment approaches have also been considered. The study by Pakush examined an index which, in addition to economic parameters, considers the evaluative judgments of employees and management

regarding innovation, as well as indicators of customer service quality [3]. Nevertheless, as noted above, the use of survey-based metrics is more likely to reduce the accuracy of assessment results.

Researchers have also proposed assessing enterprises according to their compliance with a universalized digital development roadmap. Astashova, Kuznetsova, and Zinich identify the main stages of the enterprise digital development process as the introduction of business process analysis, infrastructure provision, data management, customization of solutions to specific business parameters, and evaluation of digitalization outcomes [1]. This methodology is also combined in nature but relies on quantitative measurements.

To summarize, when a new digital solution is introduced, it is implicitly assumed that the technology will, in one way or another, optimize business processes or production, increase efficiency, and reduce labor inputs and expenditures. The results of the present study show that the lack of a universal system for assessing the economic effect of digital innovations at the enterprise level slows business decision-making and does not allow the associated risks and consequences to be properly assessed. The parameters of the digitalization assessment model described in this study would make it possible to establish the necessary basis for a statistical and predictive mechanism for assessing the dynamics of digitalization in the agro-industrial sector. But it must be tested on existing enterprises and followed by classification and interpretation of the results. This may have a positive effect on goal setting and on the validity of business decision-making in the field of digital development of production systems.

References

1. Astashova, E. A., Kuznetsova, N. A., & Zinich, L. V. (2022). Model tsifrovoy transformatsii predpriyatiy APK [Model of digital transformation of agricultural enterprises]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, 12(4), 2341–2356. DOI: 10.18334/vinec.12.4.116890

2. Moroz, O. N., & Medvedskiy, D. A. (2024). Kontseptualno-metodicheskie podkhody k otsenke effektivnosti tsifrovoy transformatsii agropromyshlennogo kompleksa Rossii v usloviyakh tekhnologicheskikh i institutsional'nykh riskov [Conceptual and methodological approaches to assessing the effectiveness of digital transformation of the Russian agro-industrial complex under technological and institutional risks]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki, 14(1), 325–344. DOI: 10.18334/vinec.14.1.120646

3. Pakush, L. V., Efimenko, A. G., & Volkova, E. V. (2024). Osobennosti razvitiya protsessa tsifrovoy transformatsii ekonomiki Belarusi i otsenka tsifrovogo potentsiala pererabatyvayushchikh organizatsiy APK [Features of the development of the digital transformation process of the Belarusian economy and assessment of the digital potential of processing organizations of the agro-industrial complex]. Problemy ekonomiki, (2). Retrieved April 22, 2026, from https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razvitiya-protsessa-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki-belarusi-i-otsenka-tsifrovogo-potentsiala-pererabatyvayuschih

4. Timirgaleeva, R. R. (2022). Metodologiya otsenki urovnya tsifrovogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Krym [Methodology for assessing the level of digital development of the agro-industrial complex of the Republic of Crimea]. Sovremennaya nauchnaya mysl, (4), 288–294. DOI: 10.24412/2308-264X-2022-4-288-294

УДК 579.61

ENGINEERED PROBIOTIC *Escherichia coli* M17 EXPRESSING THE CHOLERA TOXIN B SUBUNIT (CtxB): A VERSATILE TOOL FOR MUCOSAL DELIVERY AND IMMUNOMODULATION

***Hamesd Jamgochian**, Postgraduate Student at the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,* hamesdja22@gmail.com

Anna V. Goncharenko, *Ph.D., Associate Professor, researcher Microbial Genome Editing Group, Federal Research Center of Biotechnology FBRAS,* pylaevanna@gmail.com
Rima N. Kirakosya., *Ph.D., Associate Professor, Department of Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,* r.kirakosyan@rgau-msha.ru

Abstract. *The article presents the results of construction of a recombinant probiotic strain of Escherichia coli M17 expressing the β-subunit of cholera toxin (CtxB) under the control of the T5 promoter. The aim of the work was to evaluate the possibility of using this strain for delivering CtxB to the gastrointestinal tract and inducing a humoral immune response in vivo. The methodological basis was the replacement of the T7lac promoter with T5 in the pET22b-ompA-ctxB vector, electroporation of the plasmid in E. coli M17, induction of expression with IPTG or lactose, as well as threefold oral immunization of BALB/c mice with subsequent detection of antibodies by ELISA. It was found that induction with lactose provides a yield of the target protein of at least 50 μg/ml per unit of optical density, which is comparable to the induction with IPTG. Oral administration of the induced E. coli M17-CtxB culture to mice resulted in a statistically significant increase in the level of specific antibodies to CtxB in the serum and intestinal lavage fluid ($p \leq 0.05$), confirming protein production in the intestine. These data indicate the fundamental possibility of using the E. coli M17-CtxB strain as a platform for the development of mucosal vaccines, treatments for inflammatory bowel diseases, and the induction of oral tolerance. Previous studies confirm the immunomodulatory properties of CtxB and the safety of the probiotic strain M17, and also demonstrate the anti-inflammatory potential of such constructs.*

Keywords: *cholera toxin β-subunit, CtxB, Escherichia coli M17, expression, recombinant protein, probiotics, immunogenicity*

Introduction

The cholera toxin B subunit (CtxB) is a non-toxic protein that specifically binds to GM1 ganglioside receptors on the surface of various eukaryotic cells, including intestinal epithelial cells and antigen-presenting cells such as macrophages, dendritic cells, and B lymphocytes. This binding property underpins two apparently opposite biomedical applications. On one hand, CtxB acts as a potent mucosal adjuvant, enhancing immune responses against co-administered antigens [1,2]. On the other hand, its immunomodulatory capacity can promote oral tolerance, offering a therapeutic strategy for autoimmune and allergic conditions [3,4]. Moreover, the recombinant β-subunit is already a key component of licensed cholera vaccines like Dukoral and its equivalents [5].

Although the authors previously established a heterologous expression system for CtxB in *Escherichia coli* using the T7lac promoter [6], the purification of recombinant proteins on an industrial scale remains costly and labour-intensive. A promising alternative is to use live probiotic bacteria that naturally adhere to the intestinal mucosa and can colonise the gut, thereby delivering therapeutic molecules directly to the intestinal lumen [7–9]. Probiotic strains are known to modulate innate and adaptive immunity through pathogen-associated molecular patterns and by interacting with antigen-presenting cells, leading to secretion of both Th1-promoting IL-12 and anti-inflammatory IL-10 depending on the strain and context [10–12].

Previous attempts to exploit CtxB in recombinant probiotics include a *Bacillus subtilis* vaccine strain expressing a viral epitope-CtxB chimera [13] and a *Lactococcus lactis* strain producing viral antigens together with CtxB as an adjuvant [14]. In the current work, the probiotic *E. coli* M17 strain was selected as the delivery vehicle. This strain is a component of the Russian pharmaceuticals Colibacterin and Bificol, used for treating dysbiosis, and is a derivative of the well-known *E. coli* Nissle 1917 [15], which is the basis of Mutaflor® tablets [16]. The Nissle 1917 strain has been extensively studied for developing recombinant strains against infectious diseases, metabolic disorders, inflammatory bowel diseases, and even cancer [17]. Although *E. coli* M17 has been less investigated, it possesses a favourable safety profile (no transmissible antibiotic resistance genes, no pathogenicity or virulence genes, and no integrated plasmids [25]), and its

lipopolysaccharide exhibits reduced toxicity and pyrogenicity [26]. Additionally, anti-inflammatory properties have been reported for *E. coli* M17, such as decreasing pro-inflammatory cytokine secretion and improving symptoms in a mouse model of ulcerative colitis [27].

The objective of this study was to assess the feasibility of using *E. coli* M17 as a vector for delivering CtxB to the gastrointestinal tract and to determine whether oral administration of the recombinant strain induces a measurable humoral immune response as proof of *in vivo* CtxB production.

Materials and Methods

Bacterial strains and culture conditions. *E. coli* DH5α (Thermo Fisher Scientific, USA) was used for cloning, and *E. coli* M17 was obtained from the N.F. Gamaleya National Research Center for Epidemiology and Microbiology (Moscow, Russia). Bacteria were grown in Nutrient Broth (NB, HiMedia, India) at 37 °C with shaking at 190 rpm. When necessary, ampicillin was added to a final concentration of 100 μg/mL.

Construction of the T5-driven *ctxB* expression plasmid. The previously constructed vector pET22b-ompA-ctxB [6] contained the ctxB gene fused to the OmpA signal sequence under the control of the T7lac promoter. To enable expression in probiotic *E. coli* without T7 RNA polymerase, the T7lac promoter was replaced with the T5 promoter. The T5 promoter was amplified from pTurboGFP-B vector (Evrogen, Russia) using primers UpT5 (5′-CCTTAGATCTTCACCTCGAGAAATCATCA-3′, BglII site underlined) and LowT5 (5′-TTAATCTAGACTGTGTGAAATTGTTATCCG-3′, XbaI site underlined). The amplified fragment was digested with BglII and XbaI and ligated into the corresponding sites of pET22b-ompA-ctxB. The resulting plasmid, pET22b-T5-OmpA-CtxB, was verified by Sanger sequencing

Evaluation of ctxB expression *in vitro*. The expression plasmid was introduced into *E. coli* M17 by electroporation. Recombinant clones (M17-CtxB) were selected on NB agar containing 1.5% agar and 100 μg/mL ampicillin. Overnight cultures were diluted into fresh NB medium with ampicillin and grown to an OD_{600} of 0.8–1.0. Expression was induced by adding either IPTG or lactose to a final concentration of 1 mM. Cultures were then incubated at 25 °C for either 4 h or overnight (18 h) with shaking. Cells were harvested by centrifugation (20,000×g, 4 °C, 2 min), and the cell pellets and spent media were analysed separately by SDS-PAGE and western blotting [6]. For non-denaturing electrophoresis, the sample loading buffer lacked SDS and dithiothreitol, and samples were not heated [20]. Proteins in the medium were precipitated with three volumes of ice-cold 95% ethanol, stored at −20 °C for 1–1.5 h, and centrifuged at 20,000×g for 40 min at 4 °C. Following SDS-PAGE [18,19], gels were stained with Coomassie Brilliant Blue. Western blotting used monoclonal anti-CtxB antibodies (Hytest, Russia, clone 2C4) and HRP-conjugated secondary antibodies (Bialeixa, Russia). Immune complexes were visualised with 4-chloro-1-naphthol and hydrogen peroxide. Quantitative analysis was performed with GelAnalyzer 19.1.

Mouse immunisation and sample collection. Animal experiments were approved by the Ethics Committee of the Federal Research Center for Biotechnology of the Russian Academy of Sciences. Overnight cultures of *E. coli* M17-CtxB and a control strain (M17 carrying the empty pET22b-T5 vector) were diluted 1:40 into fresh NB medium, grown to OD_{600} 0.8–1.0, and induced with 1 mM IPTG for 2 h. Cells were then pelleted (2,900×g, 10 min) and resuspended in PBS (pH 7.3) to a concentration of 5×10^8 CFU per 200 μL. Female BALB/c mice received three immunisations via a gastro-duodenal tube at intervals of 2 and 9 weeks. Each immunisation consisted of two consecutive daily doses (total 6 doses per mouse). On each administration day, the animals' drinking water was replaced with 0.3 M lactose for two days. Four weeks after the final vaccination, mice were euthanised by cervical dislocation. Blood was collected from the cardiac cavity, allowed to clot for 20 min at room temperature, and centrifuged at 1,600×g for 10 min at 4 °C to obtain serum. Intestinal lavage was prepared as described [21] with slight modifications: the small intestine was excised, clamped at both ends, filled with 3 mL of protease inhibitor solution (0.1 mg/mL trypsin inhibitor, 50 mM EDTA, 1 mM PMSF in PBS), incubated

for 10 min at room temperature, and the fluid was collected and clarified by centrifugation (600×g, 10 min, 4 °C).

ELISA for anti-CtxB antibodies. Ninety-six-well plates were coated with 100 μL per well of recombinant CtxB [6] at 1 μg/mL in PBS and incubated overnight at 4 °C. After washing with PBS-Tween (PBS with 0.05% Tween 20), wells were blocked with 0.1% BSA in PBS for 2 h at 37 °C. Serum samples (diluted 1:100) and intestinal lavage (diluted 1:10) were added and incubated for 2 h at 25 °C. Monoclonal anti-CtxB antibodies (1:1000) were used as a positive control. After washing, HRP-conjugated goat anti-mouse antibodies (HyTest, Russia) were added for 1 h at 25 °C. The reaction was developed with TMB substrate and stopped with 1 M H_2SO_4. Absorbance was measured at 450 nm using a CLARIOstar Plus plate reader. Statistical analysis was performed by ANOVA followed by Dunnett's post-hoc test; $p \leq 0.05$ was considered significant.

Results and Discussion

Construction of the T5-based expression vector. Replacing the T7lac promoter with the T5 promoter eliminated the dependency on T7 RNA polymerase, allowing efficient transcription by the endogenous *E. coli* RNA polymerase. The resulting pET22b-T5-OmpA-CtxB vector (schematically shown in Fig. 1 of the original paper) successfully directed ctxB expression in the probiotic *E. coli* M17 background.

In vitro CtxB production. After 18 h of induction with IPTG, the recombinant *E. coli* M17-CtxB strain synthesised pentameric CtxB that was predominantly secreted into the culture medium (Figs. 2a and 2c in the original). The yield in the culture fluid reached approximately 15 μg per mL of culture per unit of optical density (OD_{600}) (Fig. 2d). Because lactose is a widely used excipient in pharmaceuticals and is safe for *in vivo* application, the authors also tested lactose as an inducer. Since lactose can be metabolised by both bacterial and eukaryotic cells, the induction time was reduced to 4 h. Under these conditions, the yield of CtxB upon lactose induction was comparable to that obtained with IPTG, reaching at least 50 μg per mL of culture per OD_{600} (Fig. 3). This finding demonstrates that lactose can efficiently induce CtxB expression, which is particularly advantageous for *in vivo* induction directly in the intestine.

Humoral immune response in mice. Oral administration of live induced *E. coli* M17-CtxB cells to BALB/c mice, combined with transient replacement of drinking water with lactose, resulted in a strong specific antibody response. ELISA analysis of serum and intestinal lavage samples collected four weeks after the last immunisation showed that the signal for CtxB-specific total immunoglobulins exceeded that of control animals (immunised with the empty vector strain) by at least one order of magnitude (Fig. 4). The difference was statistically significant ($p \leq 0.05$). These results unequivocally demonstrate that the probiotic strain produced CtxB *in vivo* and that the protein elicited a specific humoral immune response.

Biological and clinical relevance. The choice of *E. coli* M17 is particularly noteworthy. This strain has been safely used in Russian probiotics for nearly 70 years. Its genome lacks transmissible antibiotic resistance, pathogenicity, and virulence determinants, and it carries no integrated plasmids [25]. Moreover, the lipopolysaccharide of *E. coli* M17 has reduced toxicity and pyrogenicity [26]. In a mouse model of ulcerative colitis (dextran sulfate sodium-induced colitis), *E. coli* M17 decreased pro-inflammatory cytokine secretion and improved symptomatic and morphological parameters [27]. Since the cholera toxin B subunit itself has been shown to suppress colitis in mice [28] and to induce remission in 40% of Crohn's disease patients in a clinical trial [3], the newly created *E. coli* M17-CtxB strain holds particular promise for treating inflammatory bowel diseases. More broadly, the combination of a safe, anti-inflammatory probiotic with the immunomodulatory CtxB opens avenues for developing next-generation mucosal vaccines and immunotherapeutic agents [22-24].

Conclusion

This study successfully established a vector-host system for the expression of the recombinant cholera toxin β-subunit in the probiotic *E. coli* M17 strain. The T5 promoter drives

efficient ctxB expression without the need for specialised polymerase. Lactose, a safe and cheap disaccharide, effectively induces CtxB production both *in vitro* and *in vivo*. Oral administration of induced *E. coli* M17-CtxB cells to mice leads to a robust humoral immune response, confirming that the strain delivers functional CtxB to the gastrointestinal tract. These findings provide a scientific basis for developing new pharmaceuticals based on this recombinant probiotic.

References

1. Lee, J., Yoo, J.-K., Sohn, H.-J., Kang, H., Kim, D., Shin, H.-J., et al., Parasitol. Res., 2015, vol. 114, no. 4, pp. 1377-1385.
2. Kubota, E., Joh, T., Tanida, S., Sasaki, M., Kataoka, H., Watanabe, K., et al., Helicobacter, 2005, vol. 10, no. 4, pp. 345-352.
3. Stål, P., Befrits, R., Rönnblom, A., Danielsson, Å., Suhr, O., Stählberg, D., et al., Aliment. Pharmacol. Ther., 2010, vol. 31, no. 3, pp. 387-395.
4. Royal, J. and Matoba, N., Toxins (Basel), 2017, vol. 9, no. 12, p. 379.
5. Sánchez, J. and Holmgren, J., Cell Mol. Life Sci., 2008, vol. 65, no. 9, pp. 1347-1360.
6. Jamgochian, H.H., Zamakhaev, M.V., Sluchanko, N.N., Goncharenko, A.V., and Shumkov, M.S., Biochemistry (Moscow), 2023, vol. 88, no. 9, pp. 1304-1317.
7. Jiang, B., Li, Z., Ou, B., Duan, Q., and Zhu, G., Appl. Microbiol. Biotechnol., 2019, vol. 103, no. 10, pp. 3941-3953.
8. Dodoo, C.C., Wang, J., Basit, A.W., Stapleton, P., and Gaisford, S., Int. J. Pharm., 2017, vol. 530, no. 1-2, pp. 224-229.
9. Monteagudo-Mera, A., Rastall, R.A., Gibson, G.R., Charalampopoulos, D., and Chatzifragkou, A., Appl. Microbiol. Biotechnol. , 2019, vol. 103, no. 16, pp. 6463-6472.
10. Shida, K., Nanno, M., and Nagata, S., Gut Microbes, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 109-114.
11. Llewellyn, A. and Foeys, A., Nutrients, 2017, vol. 9, no. 10, p. 1156.
12. Mohamadzadeh, M., Olson, S., Kalina, W.V., Ruthel, G., Demmin, G.L., Warfield, K.L., et al., Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 2005, vol. 102, no. 8, pp. 2880-2885.
13. Hu, B., Li, C., Lu, H., Zhu, Z., Du, S., Ye, M., et al., J. Virol. Methods, 2011, vol. 171, no. 1, pp. 272-279.

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЁТА, ФИНАНСОВ И НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

УДК 338.43:339.564

РОЛЬ АГРОХОЛДИНГОВ В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПОРТА

***Ахмад Адиб**, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ahmadadeeb707@gmail.com*

***Костина Раиса Васильевна**, к.э.н., профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Kostina@ajour.ru*

***Аннотация:** в статье анализируется роль агрохолдингов в развитии сельскохозяйственного производства и экспорта России в условиях санкций и геополитической турбулентности. Рассматриваются их преимущества вертикальной интеграции, вклад в продовольственную безопасность и адаптация к внешним вызовам. Представлены данные о динамике агроэкспорта 2021–2025 гг. (41,6 млрд долларов США), трансформации структуры в сторону продукции с высокой добавленной стоимостью и мерах государственной поддержки (500 млрд рублей в 2025 г.).*

Ключевые слова: *агрохолдинги, агропромышленный комплекс (АПК), сельскохозяйственное производство, продовольственная безопасность, государственная поддержка, санкционные ограничения*

В современных условиях агрохолдинги выступают одной из ключевых институционально-хозяйственных форм вертикальной интеграции, инновационной модернизации агропромышленного производства. агрохолдинги занимают доминирующие позиции, на их долю приходится значительная доля производства продукции сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности. В условиях дефицита финансовых ресурсов, современных технологий у малых форм агробизнеса именно агрохолдинги выступают драйвером инновационного развития территориального АПК. Рост их значения обусловлен как внутренними экономическими процессами, так и влиянием внешнеэкономических факторов, включая санкционные ограничения и трансформацию мировых рынков продовольствия [1]. В этих условиях агрохолдинги становятся важнейшим элементом обеспечения продовольственной безопасности страны.

Агрохолдинг представляет собой сложную институционально-хозяйственную структуру, объединяющую группу взаимосвязанных предприятий, включающих материнскую компанию и дочерние организации,

В России сформировались крупные агрохолдинги, обладающие высокой степенью вертикальной интеграции, что позволяет им контролировать полный цикл – от производства сырья до сбыта готовой продукции таких «Мираторг», «Русагро», «Черкизово», «Продимекс», «ЭкоНива» и другие. стали не только лидерами отрасли, но и устойчивыми элементами национальной продовольственной безопасности. эти крупные агрохолдинги играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивости сектора в условиях внешнеэкономических ограничений. По данным исследований, около 26 % всей выручки АПК приходится именно на аграрные корпорации, причём в животноводстве эта доля достигает 37 %, а в растениеводстве – 31 % [2].

В настоящее время, в условиях геополитической турбулентности, российские агрохолдинги интенсифицируют экспортную стратегию, ориентируясь на расширение географии поставок, развитие контейнерной логистики и увеличение доли продукции с высокой добавленной стоимостью. по данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в 2025 году экспорт продукции агропромышленного комплекса России достиг$ 41,6 млрд долларов США по сравнению с $42,6 млрд в 2024 году [3].

Таблица 1.

Динамика экспорта продукции агропромышленного комплекса России за 2021–2025 г.

Годы	Экспорт, млрд долларов США	Изменение, % к предыдущему году
2021	37,1	—
2022	41,5	+11,9
2023	43,5	+4,8
2024	42,6	-2,1
2025	41,6	-2,3

Данные таблицы показывают устойчивый рост экспорта продукции АПК в 2021–2023 гг. с последующим незначительным снижением в 2024–2025 гг., что свидетельствует о сохранении высокого экспортного потенциала отрасли при одновременном влиянии внешнеэкономических ограничений.

В Минсельхозе отметили, что заметной тенденцией 2025 года стал существенный рост экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью - поставки увеличились более чем на 12%, до $20 млрд.

по данным Федерального центра «Агроэкспорт», 2025 в 2025 году доля зерна в экспорте продукции агропромышленного комплекса России снизилась до 27% в стоимостном выражении по сравнению с 37% годом ранее, при этом зерновая продукция сохранила ключевое значение в структуре аграрного экспорта. Параллельно продолжилась трансформация экспортной структуры в сторону продукции с более высокой добавленной стоимостью: увеличилась доля масложировой продукции, а также продукции пищевой и перерабатывающей промышленности и рыбы и морепродуктов.
В среднесрочной динамике отмечается устойчивый рост экспорта отдельных категорий продукции. Наиболее высокие темпы роста в период 2021–2025 годов были зафиксированы в сегменте мясной и молочной продукции, а также в масложировом и пищевом направлениях. В то же время зерновая продукция и рыба с морепродуктами демонстрировали более слабую динамику по сравнению с другими категориями экспорта. [4]

Развитие экспорта поддерживается на государственном уровне. В рамках нацпроекта «Международная кооперация и экспорт» к 2030 году планируется увеличение объёма агроэкспорта до $55,2 млрд [2]. Санкционное давление, усилившееся с 2022 года, стало серьёзным испытанием для российского агропромышленного комплекса. Однако крупнейшие агрохолдинги продемонстрировали высокую способность к адаптации за счёт импорта из дружественных стран, перехода на отечественные IT-решения, развития производственной кооперации и альтернативной логистики.

Государственная поддержка остаётся ключевым фактором устойчивости агропромышленного комплекса России в условиях внешнеэкономической турбулентности. Крупнейшие агрохолдинги активно используют предоставляемые инструменты — от субсидирования затрат до получения льготных займов, что позволяет им развивать экспорт, модернизировать производство и адаптироваться к санкционным ограничениям.
В 2025 году общий объём федеральной поддержки аграрной отрасли составил более 500 млрд рублей, из которых 350 млрд руб. было направлено на реализацию Госпрограммы развития сельского хозяйства, 115 млрд руб. – на развитие сельских территорий и ещё 40 млрд руб. – на мелиорацию и вовлечение в оборот неиспользуемых земель [5].Особое внимание уделяется стимулированию экспорта. В рамках госпрограммы на поддержку внешнеторговой деятельности в 2025 году предусмотрено 14,7 млрд руб., с поэтапным увеличением до 6,8 млрд в 2027 году. Агропредприятия получают компенсацию транспортных расходов в размере от 25 % до 100 % в зависимости от вида продукции и региона поставки. При этом приём заявок ведётся через платформу «Мой экспорт», а их сопровождение осуществляется Российским экспортным центром (РЭЦ).Для стимулирования технического обновления действует система лизинговых и инвестиционных субсидий. В 2025 году объём финансирования льготного лизинга сельхозтехники был увеличен с 8,3 млрд до 11,9 млрд руб., что позволило крупнейшим агрохолдингам ускорить обновление тракторного и комбайнового парка [5].

Исследование пришло к выводу, что крупные сельскохозяйственные компании играют ключевую роль в развитии сельскохозяйственного производства и расширении экспорта посредством вертикальной интеграции и повышения эффективности производственной цепочки.
Результаты также показали, что российский аграрный сектор сохранил свою конкурентоспособность несмотря на внешние вызовы, при этом наблюдается постепенная трансформация структуры экспорта в сторону продукции с высокой добавленной стоимостью при явной поддержке государственной политики и программ финансовой помощи. Таким образом, агрохолдинги являются ключевым элементом современного агропромышленного комплекса, обеспечивая рост производства, развитие экспорта и

укрепление
продовольственной безопасности. В перспективе их роль будет возрастать, особенно в контексте реализации стратегических задач по увеличению объёмов аграрного экспорта до 55,2 .млрд долларов США к 2030 году

Библиографический список

1. Алтухов А. И. (2023). Российский агропромышленный комплекс: проблемы и пути их решения // Учёт и статистика. № 4. С. 12–24.

2. Центр Агроаналитики. Доля ТОП-50 агрохолдингов в выручке АПК России в 2020 году может достичь 26 %. Спецагро. 30 декабря 2020. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://specagro.ru/news/202012/dolya-top-50-agrokholdingov-v-vyruchke-apk-rossii-v-2020-godu-mozhet-dostich-26?utm_source

3. Interfax. «АПК РФ в 2025 году увеличил на 12,2% экспорт продукции с добавленной стоимостью». 17.03.2026. https://www.interfax.ru/business/1078377

4. Агроэкспорт. Аграрный экспорт регионов России: обзор. Федеральный центр «Агроэкспорт». https://aemcx.ru/exporter-library/ (дата обращения: 22.04.2026).

5. Центр Агроаналитики. Выручка десяти крупнейших агрохолдингов РФ достигла 1,6 трлн рублей. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://specagro.ru/news/202409/vyruchka-desyati-krupneyshikh-agrokholdingov-rf-dostigla-16-trln-rub

ИНСТИТУТ САДОВОДСТВА И ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

УДК 635.918:57.085.2

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СОХРАНЕНИЯ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ БАНКЕ *IN VITRO COELOGYNE MOOREANA* SANDER EX ROLFE

Хуссиен Мусаб, *младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук», аспирант кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, muthab.hussien95@gmail.com*
Макаров Сергей Сергеевич, *Д.с.-х.н., научный руководитель и заведующий кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, s.makarov@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В работе подобраны оптимальные условия длительного сохранения протокормов Coelogyne mooreana Rolfe в культуре in vitro в течение 12 месяцев. Установлено, что при температуре 15 °C жизнеспособность протокормов составила 87–100 % на питательных средах с добавлением паклобутразола (PBZ) и хлорхолинхлорида (CCC). На питательной среде с добавлением 0,5 мг/л PBZ наблюдали значительно более низкие морфометрические показатели по сравнению с другими вариантами.*

Ключевые слова: Orchidaceae, *in vitro,* протокормы, среднесрочное сохранение, ретарданты

Род *Coelogyne* насчитывает около 200 симподиальных эпифитов и произрастает в Индии, Китае, Индонезии и на Фиджи, при этом основные центры разнообразия находятся на Борнео, Суматре и в Гималаях. Некоторые виды этого рода могут быть литофитами или наземными растениями. На протяжении многих лет представители этого рода

использовались в различных целях, особенно благодаря высоким декоративным качествам и лекарственным свойствам [1]. *Coelogyne mooreana* Rolfe. — эндемик флоры Вьетнама, произрастающий в горных лесах на высоте 1300–2000 м н.у.м. Растение характеризуется крупными ароматными белоснежными цветками длиной до 10 см и трёхлопастной губой с оранжевым пятном в центре. Благодаря высокой декоративности и аромату, *C. mooreana* и родственные виды активно используются в декоративном цветоводстве и при создании гибридов. Разработка эффективных протоколов консервации имеет решающее значение для сохранения редких видов растений, обеспечения генетической стабильности и поддержания жизнеспособности в долгосрочной перспективе их долгосрочной жизнеспособности. Сохранение гермоплазмы *in vitro* подразделяется на краткосрочное, среднесрочное и долгосрочное хранение. Краткосрочное хранение, продолжающееся от одного до трёх месяцев, используется для временного поддержания тканей в контролируемых условиях. Для ряда видов орхидей разработаны высокоэффективные протоколы клонального микроразмножения [2;3]. Однако частые рекультивирования эксплантов значительно повышают затраты, увеличивают риск контаминации и вероятность сомаклональных вариаций.

Более доступным методом консервации гермоплазмы растений *in vitro*, является среднесрочное хранение. Этот способ основан на снижении метаболических процессов в тканях экспланта за счет изменения температуры, освещенности или добавления в питательную среду ретардантов и осмотиков. В условиях среднесрочного хранения ткани и органы растений могут оставаться жизнеспособными до 3 лет без пересадки эксплантов на свежую питательную среду [4].

Цель исследования – оценка влияния различных концентраций ретардантов на рост и развитие протокормов *C. mooreana in vitro* при разных условиях культивирования.

Объекты и методы исследования

Работу проводили в 2024–2026 гг. в лаборатории биотехнологии растений Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) по методике Митрофановой и др. (2020) [5].Объекты исследования: протокормы *C. mooreana,* полученные в результате асимбиотического посева семян на питательной среде Гамборга (B5) с добавлением 0.5 мг/л ИУК.

Экспланты культивировали на питательной среде ½ MS, дополненной разными ретардантами (хлорхолинхлорид (CCC) в концентрациях 0,2 и 0,4 мг/л и паклобутразол (PBZ) в концентрациях 0,5–1,0 мг/л). Экспланты инкубировали в условиях: культивационной комнаты при 24 ± 2 °C и климатической камеры при 15 ± 2 °C. Контрольным вариантом служила питательная среда без ретардантов. Через 3, 9 и 12 месяцев культивирования проводили оценку регенерации эксплантов. При этом рассчитывали показатели жизнеспособности (%); формирования листьев (%) и ризогенеза (%).

В конце эксперимента оценивали морфометрические показатели проростков: высота проростков (см); число листьев (шт); число корней (шт) и длина корней (см). Статистический анализ полученных результатов проведен с помощью программ GenStat 4.0 и Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и обсуждение

Результаты представленного исследования показали, что при температуре +24 °C высокая жизнеспособность протокормов *C. mooreana* сохранялась во всех вариантах опыта как после 9, так и 12 месяцев культивирования. При температуре +15 °C также отмечена высокая жизнеспособность через 9 месяцев культивирования. Однако в контрольном варианте наблюдали снижение жизнеспособности на 13% через 12 месяцев, сопровождавшееся пожелтением листьев, несмотря на формирование псевдобульб. Вероятно, данное явление связано с экологическими особенностями вида, который относится к холодолюбивым видам и в естественных условиях произрастает в горных туманных лесах Вьетнама на высоте 1300–2000 м над уровнем моря, что свидетельствует о

его высокой экологической пластичности и способности адаптироваться к температурным вариациям [6].

В ходе представленной работе установлено, что количество дифференцированных протокормов и количество укоренённых проростков зависели как от температуры культивирования, так и от типа применяемых ингибиторов роста. При хранении протокормов при температуре +24 °C они активно дифференцировались и формировали проростки с листьями (95–100%), при этом показатели жизнеспособности варьировали незначительно, что свидетельствует о возможности использования данных протокормов для сохранения. Через 9 месяцев растения, выращенные на питательной среде с добавлением паклобутразола (PBZ), характеризовались компактным габитусом, укороченными листьями и хорошо развитыми утолщёнными корнями. В то же время растения, культивированные на питательной среде с добавлением хлорхолинхлорида (CCC) и в контрольном варианте, имели сходные морфологические признаки без статистически значимых различий. При температуре +15 °C протокормы дифференцировались, однако сохраняли низкие темпы роста, особенно на питательной среде с добавлением PBZ.

Через 12 месяцев растения, сохраняемые при разных температурных режимах и с использованием различных ингибиторов роста в состав питательной среды достоверно различались по морфометрическим показателям. При температуре +24 °C наибольшая высота проростков (6,00±0,4 см) и число листьев (3,97±0,2 шт.) по сравнению с другими вариантами были зафиксированы у растений, сформированных на питательной среде с добавлением 0,2 мг/л CCC. При этом существенных различий между вариантами с низкими концентрациями PBZ и CCC по числу и длине корней не выявлено. Следует отметить, что растения, культивируемые на питательных средах с добавлением PBZ, после 12 месяцев сохранения теряли компактный габитус и формировали удлинённые листья.

При температуре +15 °C у растений отмечали значительно более низкие морфометрические показатели по сравнению с температурой +24 °C: высота проростков не превышала 3,0 см (Таблица 1).

Таблица 1

Морфометрические характеристики эксплантов *C. mooreana* после 12 месяцев сохранения при разной температуре и на питательных средах с различными ретардантами

Условия сохранения	Вариант	Высота проростков, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корней, см
15±2°C	½ MS	1,73±0,14	2,33±0,2	1,43±0,3	1,40±0,1
	½ MS +0,2 мг/л CCC	2,73±0,15	3,30±0,17	1,87±0,13	2,27±0,14
	½ MS +0,4 мг/л CCC	1,63±0,06	2,67±0,33	1,97±0,2	1,73±0,13
	½ MS +0,5 мг/л PBZ	0,97±0,12	2,20±0,1	1,33±0,33	1,10±0,06
	½ MS +1,0 мг/л PBZ	1,30±0,23	3,43±0,3	2,33±0,2	1,91±0,05
24±2°C	½ MS	3,60±0,20	3,30±0,17	2,20±0,2	1,84±0,14
	½ MS +0,2 мг/л CCC	6,00±0,4	3,97±0,2	4,63±0,2	3,07±0,29

	½ MS +0,4 мг/л CCC	4,43±0,42	3,43±0,3	3,73±0,13	2,43±0,17
	½ MS +0,5 мг/л PBZ	5,03±0,15	3,53±0,29	4,33±0,33	2,90±0,1
	½ MS +1,0 мг/л PBZ	3,97±0,20	3,73±0,13	3,63±0,49	2,17±0,29

При этом наибольшая высота растений (2,73±0,15 см) и число листьев (3,30±0,17 шт.) были зарегистрированы у растений, выращенных на питательной среде с добавлением 0,2 мг/л CCC, тогда как достоверных различий по числу и длине корней между вариантами с PBZ и CCC не выявлено.

Вышеизложенные результаты научно-исследовательской работы могут быть применены в рамках системы сохранения биоразнообразии Orchidaceae в том числе *C. mooreana ex situ* с использованием генетического банка *in vitro*.

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН - 126020916823-0

Библиографический список

1. Dutta, P. P. Genus *Aerides*, *Coelogyne* and *Eria*: A Comprehensive Review of Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Pharmacology / P. P. Dutta, P. P. Das, J. Bhattacharyya [et al.] // Phytomedicine Plus. – 2025. – Vol. – P. 100915. – DOI: 10.1016/j.phyplu.2025.100915.

2. Хуссиен, М. Клональное микроразмножение *Coelogyne mooreana* Sander ex Rolfe / М. Хуссиен, О. И. Молканова, В. А. Коваль, Е. Е. Орлова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 4. – С. 77–89. – DOI:10.26897/0021-342X-2025-4-77-89.

3. Hussien, M. Artificial pollination, seed germination, and micropropagation of *Coelogyne cristata* and *C. lawrenceana* by *in vitro* protocol for conservation of endangered orchids / M. Hussien, V. A. Koval, A. S. Ryabchenko, S. S. Makarov // Biodiversitas. – 2025. – Vol. 26. – P. 4384–4395. – DOI: 10.13057/biodiv/d260912.

4. Ledo, A. D. S. Medium-term conservation and regrowth of the tropical multipurpose species *Genipa americana* / A. D. S. Ledo, C. S. Almeida, A. V. C. da Silva, J. F. da Silva Jr., A. G. de Araujo // Afr. J. Agric. Res. – 2015. – Vol. 10. – P. 3885–3892. – DOI:10.5897/AJAR2014.8996

5. Митрофанова И. В. Сохранение растений редких эндемиков флоры горного Крыма *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. и *Scrophularia exilis* Popl. в условиях генобанка *in vitro* / И.В. Митрофанова, Н.Н. Иванова, О.В. Митрофанова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 136. – Р. 14–23. https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-136-14-23

6. Teoh, E. S. Coelogyne Lindl / E. S. Teoh // Orchid Species from Himalaya and Southeast Asia. Vol. 1 (A–E). – Cham: Springer International Publishing, 2021. – P. 213–243. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58872-4

УДК 633.853.494

ВЛИЯНИЕ ПОФАЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА СОКРАЩЕНИЕ ФАЗ ВЕГЕТАЦИИ РАПСА ПРИ УВЕЛИЧЕННОМ СВЕТОВОМ ДНЕ В УСЛОВИЯХ КАМЕРЫ ИСКУССТВЕННОГО КЛИМАТА

М.С. Широкова М.С., *аспирант кафедры «Молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, младший научный*

сотрудник лаборатории интеллектуальных роботизированных средств и климатического оборудования для закрытых экосистем «ФГБНУ ФНАЦ ВИМ», m_shirokova98@mail.ru.

Аннотация. *В данной статье приведены результаты исследования влияния оптимизации минерального питания на сокращение периода вегетации в условиях увеличенного светового дня до 22 часов в климатической камере. Была рассчитана система внесения минеральных удобрений для каждой фазы вегетации и проведен эксперимент по выращиванию ярового рапса. Было установлено, что оптимизированные дозировки удобрений для выращивания при увеличенном световом дне для каждой фазы вегетации способствуют их сокращению и увеличивают биомассу и общую продуктивность растений.*

Ключевые слова: *яровой рапс, минеральное питание, фотопериод, климатическая камера, онтогенез, контролируемые условия, удобрения.*

Яровой рапс (*Brassica napus* L.) важная масличная и кормовая культура, которая обладает важными экономическими и агротехническими особенностями. Несмотря на то, что рапс традиционно является полевой культурой, его выращивание в условиях камеры контролируемого климата имеет преимущество как для селекционных целей (ускоренное выращивание и создание новых гибридов), так и для физиологии растений в целях контроля и детального рассмотрения влияния различных факторов среды, так как в условиях закрытых агроэкосистем возможно создание условий дефицита или токсичности конкретных элементов.

Целью настоящего исследования является разработка и экспериментальное обоснование пофазной системой управления продукционным процессом ярового рапса (*Brassica napus* L.) путем оптимизации минерального питания, обеспечивающего сокращение продолжительности жизненного цикла и улучшение качественных характеристик биомассы в условиях закрытой искусственной агроэкосистемы.

Объектом исследования являются растения ярового рапса (*Brassica napus* L.), выращиваемые в условиях увеличенного светового дня в климатической камере, а также процессы их роста и развития, лимитируемые уровнем минерального питания.

Предметом исследования является реакция растений ярового рапса на изменение доз, соотношений и режимов внесения макро- и микроэлементов, выражающаяся в динамике фенологических фаз, скорости накопления биомассы и показателях качества семян.

Использовалось два варианта фотопериода: опыт и контроль. В контроле (вариант 1,2) в 1 неделю вегетации продолжительность светового дня составляла 14 часов, далее увеличивалась до 16 часов до конца вегетации. В опыте (вариант 3,4) в 1 неделю вегетации продолжительность светового дня составляла 14 часов, затем увеличивалась до 22 часов каждую следующую неделю.

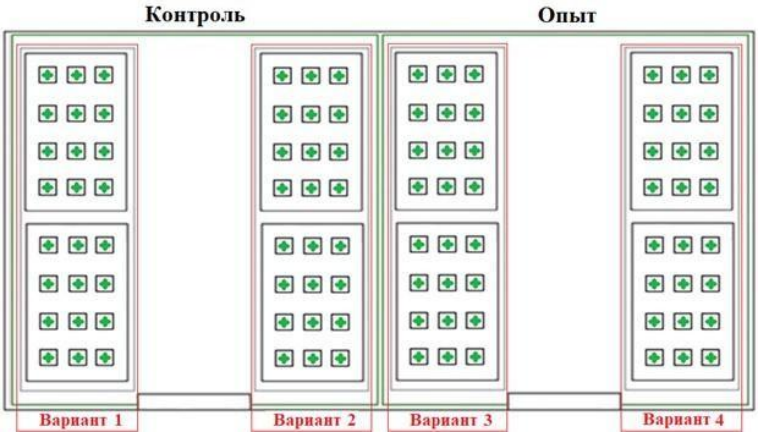


Рисунок 1 – Схема опыта

Эксперимент состоял из 4 вариантов опыта:

1 вариант: субстрат – кубики минеральной ваты 5*5*5, фотопериод до 16 / 8 часов, с предпосевным внесением азофоски 1 г/л;

2 вариант: субстрат – контейнеры 0,5 л с торфом и агроперлитом, фотопериод до 16 / 8 часов, с предпосевным внесением азофоски 1 г/л;

3 вариант: субстрат – кубики минеральной ваты 5*5*5, фотопериод до 22 / 2 часов, с внесением удобрений по разработанному плану;

4 вариант: субстрат – контейнеры 0,5 л с торфом и агроперлитом, фотопериод до 22 / 2 часов, с внесением удобрений по разработанному плану.

На основании ранее проведенных исследований по выращиванию ярового рапса в условиях увеличенного светового дня разобьём вегетационный период на 6 фаз вегетации:

1. Всходы – 3 настоящих листа (0–10 сутки);
2. Стеблевание (4–6 листьев) (11–20 сутки);
3. Бутонизация (21–30 сутки);
4. Цветение (31–45 сутки);
5. Формирование стручков (46–60 сутки);
6. Созревание (61–75 сутки).

Для составления пофазной системы внесения удобрений при выращивании ярового рапса в климатической камере мы берем во внимание то, что растения будут находиться в субстрате на основе торфа, агроперлита и вермикулита в ограниченном объеме контейнера, а также в кубиках минеральной ваты. В отличии от полевых условий, в камере растения будут получать элементы питания исключительно из питательных растворов, поэтому необходимо точно рассчитать дозировки и соблюдать график поливов.

Также важно учитывать, что в субстрате отсутствуют почвенные организмы и некому будет переводить элементы в доступную для растений форму, поэтому желательно использовать микроэлементы в хелатной форме.

Необходимо постоянно контролировать pH (на уровне 5,8–6,2) и электропроводность (EC) раствора.

С учётом того, что эксперимент проводился в условиях увеличенного светового дня до 22 часов, то интенсивность метаболизма, транспирация и потребность в элементах питания существенно возрастала по сравнению с выращиванием при стандартном световом дне, поэтому мы взяли максимальные необходимые концентрации элементов питания для питательного раствора, чтобы избежать дефицита и обеспечить запланированное сокращение жизненного цикла.

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В вариантах с увеличенным световым днем и оптимизированным питанием (варианты 3 и 4) начало цветения наступило ранее на 18,4 суток при выращивании в кубиках минеральной ваты, а также на 17,9 суток при выращивании в контейнере с субстратом, период вегетации был сокращен на 25,2 суток и на 24,8 суток соответственно, по сравнению с контролем. Также наблюдалось увеличение биомассы (до 31,7 %), и показателей продуктивности растений (до 33,6 %).

Библиографический список

1. Borzunov I. V., Burenina I. V., Eyriyan N. A., Sarsadskikh A. V., Saifullina S. F. The role of biotechnology in increasing the profitability of domestic breeding: analysis of the impact of import restrictions // International agricultural journal. – 2025. – Vol. 5. – P. 635–640. DOI: 10.55186/25876740_2025_68_5_635

2. Худякова Т.М., Крутских О.А. Повышение эффективности функционирования продовольственного комплекса центрального черноземья // Известия Воронежского государственного педагогического университета. – 2013. – № 2. – С. 238–242. – ISSN 2309-7078.

3. Горлова Л.А. Морфология цветка и особенности опыления сортов рапса озимого и ярового селекции ВНИИМК // Масличные культуры. – 2025. – № 4(2024). – С. 31–36. – ISSN 0202-5493.

4. Широкова М.С., Монахос С.Г. Влияние увеличения светового периода и применения стимуляторов роста на сокращение вегетационного периода рапса ярового в камере искусственного климата // Масличные культуры. – 2025. – № 3(203). – С. 13-19. – ISSN 0202-5493.

5. Бойкова П.Н., Федотова Е.Н. Обоснование необходимости проведения научных исследований по оптимизации минерального питания ярового рапса в условиях Северо-Запада РФ // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 4 (53). – С. 23–29. – ISSN 2308-8583.

6. Кормин В.П. Эффективность применения минеральных удобрений и регулятора роста «Зеребра Агро» под яровой рапс на семена в условиях лесостепи Омской области // Вестник Омского ГАУ. – 2023. – № 1. – С. 35–40.

7. Yousaf M.M., Li X., Ren T., Cong R., Ata-Ul-Karim S.T., Shah A.N., Khan M.J., Zhang Z.Y., Fahad S., Lu J. Response of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilization on Productivity and Quality of Winter Rapeseed in Central China // International Journal of Agriculture and Biology. – 2016. – Vol. 18. – No. 6. – P. 1137–1142.

УДК 634.1-047

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ NDVI SENTINEL-2

Гасымзаде Ниджат Ниязи оглы, *аспирант кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gasymov_n95@mail.ru*
Раджабов Агамагомед Курбанович, профессор кафедры *кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, plod@rgau-msha.ru*
Савин Игорь Юрьевич*, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»; Институт экологии РУДН, savigory@gmail.com*

Аннотация. Цель исследований – исследовать зависимость урожайности яблони от значений NDVI, рассчитанным по спутниковым данным Sentinel-2. Объект исследований - интенсивные насаждения яблони на севере Азербайджана. Установлено, что надежные связи между урожайностью яблони и спутниковым индексом NDVI выявляются для конкретных участков. Результаты должны учитываться при разработке методов оперативного спутникового мониторинга насаждений яблони на больших территориях.

Ключевые слова: насаждения яблони, NDVI, Sentinel-2, урожайность

Величина урожайности яблоневых садов изменяется в зависимости от года. Традиционные инструментальные и статистические методы прогнозирования урожайности трудоемки и требуют много времени. В последние годы разрабатываются методы оценки и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур по спутниковым данным [5]. Опубликовано небольшое количество научных работ по использованию спутниковых данных для оценки состояния плодовых деревьев и их фенологического развития [2, 6, 7]. Целью наших исследований был анализ связи фактической урожайности яблоневых садов с вегетационным индексом NDVI, рассчитанным по спутниковым данным, на примере яблоневого сада на севере Азербайджана, как физической основы для построения прогностических моделей урожайности.

Исследования проводились на интенсивных насаждениях яблони в Гусарском районе Азербайджана. Сад орошаемый методом капельного орошения. В исследование включены сорта яблони: Ариан, Гала, Голден, Голден Парси, Гренни Смит, Фуджи. Отдельные участки сада закладывались с 2007 года по 2017 год.

Климат характеризуется жарким летом и прохладной зимой. Температура воздуха не опускается ниже -2-4^{o}C, а летом часто превышает +35^{o}C. Средняя многолетняя сумма атмосферных осадков составляет 250-300 мм. Почва представлена лугово-коричневыми типичными почвами разного гранулометрического состава. Учеты урожая проводили общепринятыми методами с 2018 по 2024 год. В качестве спутникового предиктора урожайности использовались величины NDVI, рассчитанные по спутниковым данным Sentinel-2 за тот же временной период. Для каждого участка была определена максимальная и средневзвешенная на площадь участка величина NDVI для различных фаз вегетации. Расчет NDVI проводился по общепринятой формуле: NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red), используя в качестве красного (Red) и инфракрасного (NIR) каналов каналы B4 и B8 Sentinel-2 (https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-processing). Для оценки зависимостей NDVI и урожайности в наших исследованиях использовали модели линейной связи. Связи оценивалось по значениям коэффициента детерминации R^2 с использованием следующих придержек: величина R^2 больше 0.5 использовалась в качестве индикатора наличия связи. При R^2 от 0,5 до 0,8 считалось, что связь существует. При R^2 больше 0,8 связь считалась очень хорошо выраженной. При значениях R^2 меньше 0,5 наличие связи считалось маловероятным. Расчет значений NDVI и пространственное моделирование выполнялись с использованием ГИС ILWIS v.3.3. Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica v.6.0.

Наши исследования показали, что разделение выборки по сортам яблони не привело к построению хороших моделей, что свидетельствует об отсутствии надежной связи между урожайностью отдельных сортов и NDVI. Более надежные модели могут быть построены со средним сезонным значением NDVI по сравнению с использованием сезонного максимума NDVI. Это связано с тем, что на величину сезонного максимума NDVI могут оказывать влияние пространственные неоднородности состояния насаждений, связанные с пестротой плодородия почв участков [1].

Группировка данных по возрасту насаждений показала, что в целом можно утверждать, что зависимость существует для средневозрастных насаждений (13-16 летнего возраста) и не отмечается как для более возрастных, так и для более молодых насаждений. Это вполне объясняется существованием максимума плодоношения яблони.

В Таблице 1 представлены результаты моделирования в отдельности для каждого из анализируемых участков.

Таблица 1

Коэффициенты детерминации моделей линейной регрессии между урожайностью и NDVI по отдельным участкам насаждений яблони

номер участка	сорт яблони или смесь сортов	год заложения	R^2 модели урожайности с сезонным максимумом NDVI	R^2 модели урожайности со средним сезонным значением NDVI
1	Голден Парси	2017	0,18	0,45
2	Ариан	2015	0,03	0,01
3	Фуджи	2008	**0,63**	0,45
4	Голден Парси	2017	0,01	0,43
5	Гала	2016	0,03	0,17
6	Фуджи	2008	**0,71**	**0,82**
7	Гренни Смит+Голден	2009	0,37	**0,63**

8	Гала	2010	0,10	0,07
9	Голден Парси	2017	0,08	**0,59**
10	Гала	2016	0,37	0,42
11	Гала+Голден+Фуджи	2008	**0,72**	**0,82**
12	Гренни Смит+Голден+Фуджи	2009	**0,63**	**0,71**
13	Фуджи	2017	0,39	0,39
14	Гала	2016	0,01	0,49
15	Гала+Голден+Фуджи	2007	0,01	0,15
16	Гренни Смит+Голден+Фуджи	2009	0,45	**0,68**
17	Гала+Голден+Гренни Смит	2010	**0,54**	**0,70**
18	Гала	2017	0,37	**0,50**
19	Фуджи	2016	**0,52**	0,45
20	Гала+Голден+Фуджи	2007	0,01	0,17
21	Гренни Смит+Голден+Фуджи	2009	**0,70**	**0,78**
22	Гала+Голден+Гренни Смит	2010	**0,54**	**0,69**
23	Гала	2011	**0,78**	**0,74**
24	Гала	2013	0,34	**0,66**
25	Гренни Смит	2012	**0,54**	0,38
26	Гренни Смит	2012	**0,60**	**0,69**
27	Гала	2011	**0,86**	**0,84**
28	Голден	2012	**0,60**	**0,73**
29	Ариан	2015	**0,59**	**0,96**
30	Голден Парси	2016	0,40	0,44

На 19 участках из 30 установлена хорошая связь между показателем NDVI и урожайностью, причем на 4 из них связь может быть охарактеризована как очень хорошая (R^2>0,8). При этом четких закономерностей привязки хорошей связи к сортам насаждений не обнаружено. Вероятно, это связано с тем, что более сильное влияние оказывают другие факторы, а не их сортовая принадлежность, несмотря на фенологическое и физиологическое разнообразие сортов и разницу в спектральной отражательной способности их листьев [8, 9].

Не очень выражены закономерности проявления связи и с возрастом насаждений. В молодом возрасте насаждений большое влияние на специфику их изображения на спутниковых данных оказывает почвенный фон и его пространственные неоднородности [1]. А связь состояния кроны деревьев с их урожайностью также менее выражена, чем в среднем возрасте.

Во многих случаях отмечается более тесная связь урожайности на участке со среднесезонной величиной NDVI, а не с сезонным максимумом индекса, что объясняется тем, что сезонный максимум индекса может индицировать состояние лишь отдельных деревьев на участке, а среднее значение является индикатором состояния всех деревьев участка.

Полученные результаты показали, что связь урожайности с NDVI на отдельных участках в целом оказалась выше, чем для всего массива, сгруппированного как по возрасту, так и по сортам. Это вполне логично, так как в случае анализа одного участка каждый сезон меняется лишь состояние деревьев, а влияние остальных факторов, влияющих на урожайность (почвенные условия, условия орошения и агротехники, возраст и сортовые различия), сведено к минимуму.

Таким образом, в отличие от аналогичных подходов, успешно используемых для предсказания урожайности для посевов однолетних культур, в случае многолетних насаждений яблони результаты сопоставимого качества не могут быть получены на больших территориях. Это связано и с разновозрастностью насаждений, и, по-видимому, с

более контрастной фенологией и физиологией сортов. Для однолетних культур предсказательные модели урожайности по NDVI являются более устойчивыми и их качество более высоким на больших территориях, чем на отдельных небольших участках . Наши результаты показали, что в случае многолетних плодовых насаждений более устойчивые связи установлены именно для отдельных участков насаждений, чем для большого массива, включающего насаждения разного возраста и сортов. Следовательно, в случае разработки моделей спутниковой оценки прогнозирования урожайности яблоневых садов на основе NDVI более перспективным является построение отдельных моделей для каждого участка сада с использованием среднесезонных значений индекса, а не сезонных максимумов, как это часто делается для однолетних культур [8].

Заключение

Выборка по сортам яблони не приводит к построению корректных моделей, что свидетельствует об отсутствии надежной связи между урожайностью отдельных сортов и NDVI.

Выборка по возрасту насаждений показала, что зависимость существует для средневозрастных насаждений (13-16 летнего возраста) и не отмечается как для более возрастных, так и для более молодых насаждений.

Связь урожайности с NDVI на отдельных участках в целом оказалась выше, чем для всего массива, сгруппированного как по возрасту, так и по сортам.

В отличие от аналогичных подходов, успешно используемых для предсказания урожайности для посевов однолетних культур, в случае многолетних насаждений яблони результаты сопоставимого качества не могут быть получены для больших территорий.

Немного более надежные модели могут быть построены со средним сезонным значением NDVI по сравнению с использованием сезонного максимума NDVI.

Библиографический список

1. Гасымзаде Н.Н., Раджабов А.К., Савин И.Ю. Оценка пространственного варьирования состояния сада яблони на севере Азербайджана по данным спутниковых изображений. Садоводство и виноградарство. 2025;(6):53-61. https://doi.org/10.31676/0235-2591-2025-6-53-61

2. Моренец А. С., Савин И. Ю., Драгавцева И.А., Козубенко И.С. Потенциальные возможности использования временных серий индекса NDVI по данным MODIS для оперативного мониторинга абрикосового сада // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. С. 127–135

3. Савин И.Ю. Современный спутниковый мониторинг почв и посевов: достижения и проблемы // Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. 2015. С. 29-32.

4. Савин И.Ю., Коновалов С.Н., Бобкова В.В., Шарычев Д.В. Спектральные вегетационные индексы как индикаторы содержания пигментов в листьях яблони (MALUS DOMESTICA BORKH.) // Сельскохозяйственная биология, vol. 58, №. 3, 2023, сс. 473-482. doi:10.15389/agrobiology.2023.3.473rus

5. Cuaran J., Leon J. (2021). Crop Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles: A Review . Agricultural Reviews. 42(2): 121-132. doi: 10.18805/ag.R-180.

6. Pujar D. U., Pujar U. U., Shruthi C. R., Wadagave A., Chulaki M. Remote sensing in fruit crops // J. Pharmacognosy and Phytochemistry. 2017. V. 6(5). P. 2479–2484.

7. Savin I., Klyukina A., Dragavtseva I. About possibilities of apple trees flowering date detection based on MODIS data // in: 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. p. 157-164.

УДК 634.8.06

ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ КУСТОВ ГЛАЗКАМИ ДЛЯ СОРТА КРАСНОСТОП ЗОЛОТОВСКИЙ В УСЛОВИЯХ ДОЛИНЫ ДОНА

Раджабов Агамагомед Курбанович, *д.с.-х.н., профессор кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, plod@rgau-msha.ru*

Втехин Артём Андреевич, *аспирант 2 года обучения института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vtehaa@mail.ru*

Аннотация. В работе представлены результаты изучения влияния различной нагрузки кустов сорта винограда Красностоп Золотовский на агробиологические показатели и продуктивность в условиях Ростовской области. Исследования проведены в 2025 году на виноградниках КФХ «Винодельня Молчанова» (Мартыновский район). Объектом исследований являлись кусты винограда с тремя вариантами нагрузки: 40, 50 и 60 глазков на куст. В ходе эксперимента определены коэффициент развития побегов, структура урожая и его качество.

Ключевые слова. *Красностоп Золотовский, нагрузка кустов глазками, продуктивность винограда, качество урожая.*

Сорт Красностоп Золотовский является автохтонным донским техническим сортом винограда, и широко используется для производства красных вин в Ростовской области [3]. Потенциал качества вина напрямую зависит от физиологического состояния куста и его продуктивности. Одним из ключевых элементов агротехники является регулирование нагрузки кустов глазками, которое определяет баланс между ростовыми процессами и плодоношением. Избыточная нагрузка может приводить к снижению сахаристости сока, ухудшению технологических характеристик сусла и ослаблению растения [1, 2].

Климатические условия Долины Дона, характеризующиеся продолжительным вегетационным периодом и высокими летними температурами, требуют адаптации агротехнических приемов для конкретного сорта.

Цель эксперимента является обоснование оптимальной нагрузки кустов винограда сорта Красностоп Золотовский глазками для получения стабильного урожая высокого качества в условиях Долины Дона.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2025 году в КФХ «Винодельня Молчанова» (Ростовская область, Мартыновский район, п. Абрикосовый). Схема посадки кустов 3,0 х 1,5 м, формировка – длиннорукавная полувеерная.

Для закладки опыта было отобрано 150 агробиологически однотипных кустов. Обрезку проводили с оставлением трех вариантов нагрузки: 40, 50 и 60 глазков.

В течение вегетации проводили фенологические наблюдения и агробиологические учеты согласно общепринятым методикам [4]. Определяли количество развившихся побегов, количество плодоносных побегов и соцветий.

Учет урожая проводили в период технической зрелости. Определяли массу грозди, массу 100 ягод, урожай с куста.

Результаты и обсуждение

Анализ агробиологических показателей выявил различную реализацию потенциальной продуктивности глазков в зависимости от варианта нагрузки (табл. 1).

Таблица 1.

Агробиологические показатели сорта Красностоп Золотовский

№ п/п	Вариант опыта (нагрузка)	Количество побегов, шт.	Количество плодоносных побегов, шт.	Количество соцветий, шт.
1.	Контроль (норма)			
2.	Нагрузка 40	34,6	18,8	19,40
3.	Нагрузка 50	37,8	19,1	21,02
4.	Нагрузка 60	42,2	20,0	21,34
5.	НСР 05	0,51	0,48	1,95

Как видно из таблицы 1, увеличение нагрузки с 40 до 60 глазков сопровождается ростом абсолютного количества развившихся побегов и соцветий. Однако коэффициент развития побегов закономерно снижается с 0,086 до 0,070, что свидетельствует о возрастающей конкуренции между побегами и снижении процента распускания почек.

В таблице 2 представлены данные по структуре и качеству урожая.

Таблица 2.

Урожайность с куста и с га

№ п/п	Название опыта (нагрузки)	Масса грозди, г	Ср. масса ягоды, г.	Урожай с куста, кг	Урожайность с га, ц/га
1.	Контроль (норма)				
2.	Нагрузка 40	130,6	0,87	2,50	55,0
3.	Нагрузка 50	99,8	0,75	2,30	51,0
4.	Нагрузка 60	122,8	0,83	2,70	59,0
	НСР 05	24,4	0,072	0,59	10,7

Наибольшая средняя масса грозди (130,6 г) и ягоды (0,87 г) отмечена в варианте с минимальной нагрузкой (40 глазков), что подтверждает тенденцию к улучшению качества продукции при снижении нагрузки. Максимальный урожай с куста зафиксирован при нагрузке 60 глазков (2,70 кг), однако данный показатель статистически значимо не отличается от варианта 40 глазков (2,50 кг), но достоверно превышает вариант с нагрузкой 50 глазков (2,30 кг).

Качественные показатели урожая

Важным аспектом оценки технических сортов винограда является химический состав сока ягод, определяющий пригодность сырья для виноделия. В таблице 3 приведены результаты анализа сахаристости, кислотности, pH, индекса зрелости и технологического коэффициента.

Таблица 3

Сахаристость и кислотность сока ягод сорта Красностоп Золотовский при разной нагрузке

№ п/п	Название опыта (нагрузки)	Сахаристость, г/100 см3	Кислотность, г/дм3	pH	Индекс зрелости
1.	Нагрузка 40	23,6	6,1	3,4	3,87
2.	Нагрузка 50	23,1	6,9	3,4	3,35
3.	Нагрузка 60	21,8	5,5	3,2	3,96
	НСР 05	1,81	0,99	0,15	0,74

Наибольшая сахаристость отмечена при нагрузке 40 глазков (23,6 г/100 см³), однако она статистически не отличается от варианта 50 (23,1) и достоверно превышает вариант 60

(21,8). Минимальная кислотность зафиксирована при нагрузке 60 глазков (5,5 г/дм³), что существенно ниже, чем при нагрузке 50 (6,9) и 40 (6,1). В результате наилучший индекс зрелости (отношение сахара к кислоте) наблюдается также при нагрузке 60 (3,96), что свидетельствует о наиболее гармоничном вкусе ягод, несмотря на более низкую сахаристость.

Заключение.

Уровень нагрузки кустов винограда сорта Красностоп Золотовский глазками существенно влияет на реализацию продукционного потенциала и качество урожая в условиях Долины Дона.

1. Нагрузка в 60 глазков на куст обеспечивает тенденцию к повышению общей урожайности (2,70 кг/куст или 59 ц/га) по сравнению с другими вариантами, однако сопровождается снижением коэффициента развития побегов и продуктивности отдельного глазка.
2. Нагрузка в 40 глазков на куст способствует формированию наиболее крупных гроздей и ягод, максимальной сахаристости (23,6 г/100 см³) и продуктивности в расчете на один глазок (0,0625 кг/глазок).
3. Вариант нагрузки 50 глазков является наименее эффективным, демонстрируя низкую урожайность (2,30 кг/куст), повышенную кислотность и наихудший индекс зрелости.

Библиографический список

1. Иванова Е.Ю., Перфильева А.Д. Оценка влияния различных методов регулирования нагрузки кустов на качество урожая винограда Красностоп Золотовский // Сборник научных трудов Международной конференции «Агроинновации». Краснодар, 2019. С. 137–142.
2. Потехин А.Е., Тарасов С.А. Современные методы повышения эффективности выращивания технических сортов винограда. Волгоград: ВолгГАСУ, 2019. 156 с.
3. Безуглов Н.Н., Ерофеевская О.А. Практическое руководство по формированию и регулировке нагрузки кустов винограда. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского государственного университета, 2018. 120 с.
4. Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1963. – 151 с.

УДК 63.635.075

ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНСОРЦИУМА НА УРОЖАЙНОСТЬ ДЛИННОПЛОДНОГО ОГУРЦА В ЗИМНЕ-ВЕСЕННЕМ ОБОРОТЕ

Бочарова Мария Алексеевна, *ассистент кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bocharova@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния комплекса микробиологических препаратов на культуру огурца в условиях зимних промышленных теплиц.*

Ключевые слова: *огурец, микробиологические препараты, защищенный грунт, урожайность*

В производстве тепличных овощей огурец (*Cucumis sativus* L.) является одной из самых востребованных культур как в России, так и зарубежом [1]. Современное выращивание огурца в малообъемной технологии, подразумевает развитие корневой системы в ограниченном объеме стерильного субстрата с регулярной подачей питательного раствора [2]. В данных условиях растения изолированы от естественной микробиоты и не

способны к саморегуляции. Кроме того, стрессовые условия зимне-весеннего оборота, связанные с продолжительностью дня, интенсивностью освещения и др. делают растения особенно уязвимыми к всевозможным патогенам [3]. Внесение микробиологических препаратов с поливным раствором позволяет сформировать искусственную ризосферу, позволяющую не только подавлять развитие патогенных микроорганизмов, но и усиливать обменные процессы в почве и растениях, оптимизировать корневое питание, и в целом усиливать устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды [4]. В связи с этим, нами было изучено влияние микробиологического консорциума на урожайность огурца в условиях зимне-весеннего оборота.

Опыт проводился в 2021-2023 году в условиях III световой зоны в зимних промышленных теплицах. Изучаемые гибриды выращивались в зимне-весеннем обороте, с использованием светокультуры. В исследования приведены усредненные данные за три оборота [5].

В качестве микробиологических корневых подкормок использовали препараты отечественной компании БИОМ. Комплекс микробиологических препаратов, состоящий из микроорганизмов грибов и ризобактерий, вносили с поливом при высадке растений огурца в производственное отделение теплицы и в последующем с 30-ти дневными интервалами до конца оборота.

Объект исследований длинноплодный гибрид огурца Lohengrin F1 [6].

Опыт был заложен в двухкратной повторности, морфометрические замеры снимали с 14 модельных растений. Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета данных Excel.

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании микробиологического консорциума как общая урожайность, так и урожайность стандартной продукции увеличилась в сравнении с контрольным вариантом на 5,5 кг/м^2 и 8,6 кг/м^2 соответственно. При этом доля стандартной продукции при использовании микробиологических препаратов увеличилась на 4,9%.

Таблица 1

Влияние комплекса микробиологических препаратов на итоговую урожайность гибрида огурца Lohengrin F1 в зимне-весеннем обороте 2021-2023 г.

Вариант опыта	Итоговая урожайность, кг/м^2		± к контролю (общая урожайность)		Выход стандартной продукции
	общая	стандарт	кг/м^2	%	
F1 Lohengrin – Контроль	67,7	61,7	-	-	91,1
F1 Lohengrin – Биом	73,2	70,3	5,5	8,1	96,0
$НСР_{05}$	4,2				

Заключение. При изучении влияния микробиологических препаратов на длинноплодный гибрид огурца Lohengrin F1 отмечено, увеличение стандартной продукции в общей доле урожая на 4,9%, и увеличение общей урожайности урожайности на 8,1%.

Библиографический список

1. Бочарова, М. А. Продуктивность огурца в зависимости от использования микробиологических препаратов / М. А. Бочарова, В. И. Терехова // Овощи России. – 2024. – № 6. – С. 44-51. – DOI 10.18619/2072-9146-2024-6-44-51. – EDN EVAQOB.

2. Воробьев, М. В. Элементы технологии выращивания короткоплодного гибрида огурца монолит F1 в фермерской поликарбонатной теплице / М. В. Воробьев // Достижения науки и технологий, культурные инициативы и устойчивое развитие - ДНиТ-III-2024 : сборник научных статей по материалам III Всероссийской научной конференции с международным участием, Красноярск, 01–02 марта 2024 года. – Красноярск:

Общественное учреждение "Красноярский краевой Дом науки и техники Российского союза научных и инженерных общественных объединений", 2024. – С. 157-162. – EDN AOTLPH.

3. Батаева Ю. В., Григорян Л. Н., Батаева А. Д. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АКТИНОБАКТЕРИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА (*Cucumis sativus* L.) В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ //Сельскохозяйственная биология. – 2025. – Т. 60. – №. 3. – С. 516-529.

4. Jinxiu S. et al. Effects of light quality on growth and development of cucumber seedlings in controlled environment //International Journal of Agricultural and Biological Engineering. – 2017. – Т. 10. – №. 3. – С. 312-318.

5. Terekhova, V. I. The influence of supplementary lighting sources on agrobiological performance in greenhouse-grown cucumbers / V. I. Terekhova, M. A. Bocharova, E. Yu. Yembaturova // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 52. – P. 00058. – DOI 10.1051/bioconf/20225200058. – EDN RBTQVA.

6. Бочарова, М. А. Влияние микробиологических препаратов на процессы роста и развития, урожайность и качество урожая огурца в условиях зимних промышленных теплиц / М. А. Бочарова, В. И. Терехова, Т. С. Аниськина // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 2(203). – С. 100-110. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-2-100-110. – EDN FUETUC.

УДК

ЦИФРОВОЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ФЕНОТИПИРОВАНИЕ РАПСА В

Никитин М.А., *аспирант 2 года обучения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства.*
Научный руководитель: *Монахос С.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ−МСХА имени К. А. Тимирязева.*

Аннотация. *Высокопроизводительное фенотипирование (ВПФ) рапса (Brassica napus L.) эволюционирует в фундаментальный инструмент предиктивной селекции, интегрируя беспилотные авиационные системы (БАС/UAV), мультиспектральные и LiDAR-сенсоры с алгоритмами машинного обучения в интенсивный селекционный процесс. Это позволяет извлекать десятки фенотипических признаков — от морфологии и LAI до прогноза урожайности на уровнях растений, делянок и полей с высокой частотой. Обзор систематизирует методы сбора данных, анализа признаков и их применение в геномной селекции, GWAS и точном земледелии, подчеркивая роль индексов NDVI, BNDVI, NDYI и Vision Transformer.*

Ключевые слова: *рапс, высокопроизводительное фенотипирование, UAV, LiDAR, NDVI, BNDVI, NDYI, машинное обучение, предиктивная селекция.*

Рапс (*Brassica napus* L.) — ведущая масличная культура, источник высокобелковых кормов и биотоплива, но его сложная морфология (розетка, ветвление, желтое цветение) затрудняет ручную фенотипическую оценку. С удешевлением генотипирования точно описанный фенотип становится всё более востребованным для геномной селекции и GWAS (Li et al., 2021). ВПФ на базе UAV, тепличных платформ и ИИ обеспечивает непрерывный сбор данных с частотой 1–2 часа, переходя от описания признаков к предсказанию урожайности и потомства (Wang et al., 2026).

Основные оцениваемые фенотипические признаки можно классифицировать несколько групп, включающих в себя морфологические и структурные признаки,

физиологические и спектральные признаки, признаки продуктивности и качество семян, критерии ранней оценки генотипов на стадии сеянцев.

В контексте оценки морфологических и структурных признаков выделяют высоту растений, проекционную площадь зеленой массы (PGA), листовую поверхность (LAI), биомассу надземной части (AGB), архитектуру ветвления и объем кроны/листовой массы.

Данные извлекают путем 2D-RGB-съемки с UAV/смартфонов для PGA; цифровой модели поверхности (DSM/CSM) по фотограмметрии SfM (Structure-from-Motion) для высоты и плотности стеблестоя; 3D-точечными облаками от LiDAR с плотностью точек >1000/м², точностью высоты <2 см (Li et al., 2021; Li et al., 2025).

Архитектоника рапса в фазе стеблевания и цветения критически важна, поскольку высокий стебель и сильное ветвление уменьшают светопоглощение листовой поверхности, влияя на AGB и урожайность растения. Среди физиологических и спектральных признаков ключевыми будут следующие параметры: LAI (0.5–6 м²/м²), AGB (1–10 т/га), содержание N (2–5%), SPAD (хлорофилл, 30–60), водный статус (NDWI).

Данные для этих показателей получают с помощью мульти- и гиперспектральной съёмки. К базовым индексам относятся NDVI $(NIR - Red)/(NIR + Red)$ и EVI, который частично устраняет влияние почвы. В период активной вегетации они хорошо описывают состояние растений (коэффициент детерминации $R^2 = 0.6 - 0.8$), однако при высокой листовой поверхности ($LAI > 4$) наблюдается эффект насыщения, а наличие цветков может искажать сигнал (Lukas et al., 2022).

Более чувствительными считаются red-edge индексы, такие как CIre $(NIR/RedEdge) - 1$, NDVIre и MTCI. Они лучше отражают содержание хлорофилла и азота даже на стадии бутонизации ($R^2 = 0.7 - 0.85$) (Zhang et al., 2025). В период цветения эффективны так называемые «желтые» индексы — BNDVI и NDYI, которые учитывают отражение в синем и зелёном диапазонах. Они показывают очень высокую корреляцию с урожайностью семян ($R = 0.95 - 0.98$), поскольку связаны с плотностью цветков, достигающей порядка 10^4 на м² и напрямую влияющей на число стручков (Lukas et al., 2022).

Эти спектральные показатели позволяют оценивать продуктивность и качество урожая. На ранних этапах бутонизации урожай можно прогнозировать по LAI и числу цветков ($R^2 \approx 0.7$), а перед уборкой — по характеристикам стручков ($R^2 \approx 0.8$) (Zhu et al., 2025). Индекс NDYI используется для оценки числа цветков и стручков, а надземная биомасса (AGB) связана с массой 1000 семян. Качество семян анализируют с помощью гиперспектральных данных в диапазоне 400–2500 нм: особенно информативен ближний ИК-диапазон (900–1700 нм), где с применением метода PLSR достигается точность $R^2 \approx 0.85$ при оценке содержания масла и жирных кислот (Fu et al., 2021).

Группы исследователей из Китая отмечают ряд критериев ранней оценки генотипов на стадии сеянцев. Фокус внимания направлен на LAI сеянцев (до 5 листьев, 10–200 см²), их биомассу, ViT (DINOv2 self-supervised) + CanopyMix: прямой регресс по RGB с помощью смартфона и CNN/ImageNet при дефиците данных (табл. 1). При этом перекрытие листьев аппроксимируется без сегментации, что позволяет добиться большей точности измерений (Hao et al., 2025).

Таблица 1. Методы ранней оценки рапса

Подтип признака	**Примеры методов**	**Фаза рапса**	**Точность**	**Ограничения**
Морфология	DSM, LiDAR point clouds	Стеблевание	Высота <2 см	Полегание, ветер
Физиология	NDVI/EVI; BNDVI/NDYI	Вегетация/цветение	0.95–0.98 урожай	Освещение, GSD

Продуктивность	Multi-VI + volume	Бутонизация–стручки	0.8 урожай	Межгод вариация
Ранние сеянцы	ViT RGB	1–5 листьев	0.81 LAI	Перекрытие листьев

Полевое высокопроизводительное фенотипирование (ВПФ) рапса преимущественно реализуется на беспилотных авиационных системах (UAV/БАС) с мультиспектральными, гиперспектральными и LiDAR-сенсорами, обеспечивая точность GSD 1–2 см и покрытие до 100 га/полет. Эти платформы позволяют осуществлять многостадийный мониторинг от бутонизации до налива стручков с радиометрической калибровкой и GPS-привязкой для точности <5 см.

Гиперспектральные UAV открывают путь к оптимизации признакового пространства. В исследовании Zhu (Agriculture, 2025) на шестироторной платформе с камерой UHD185 (125 каналов, 450–950 нм) получены ортомозаики озимого рапса на стадии стручков. После предобработки (SPA, CARS, UVE-SPA, RF) отобраны 32 эффективные длины волн (EW; 495–680, 700–780, 900–950 нм), где нелинейные модели ELM и LS-SVM достигли R=0.80–0.81, RMSEP=170 кг/га — на уровне полных спектров. Комбинации NDSI, RSI, SAVI, DSI с ELM/PLSR дали сопоставимую точность при меньшей размерности, подтвердив превосходство нелинейных методов для UAV-данных рапса.

В фазу цветения, когда желтые цветки (~10^4/м²) маскируют стандартные индексы, мультиспектральные системы выявляют оптимальные спектры для оценки растений. Lukas (Remote Sens., 2022) использовали MicaSense Altum (6 каналов, GSD~1.1 см) на озимом рапсе, где: NDVI коррелировал слабо с урожаем (R=0.70) из-за NIR-насыщения цветками, но BNDVI (NIR-Blue) и NDYI (Green-Blue) показали R=0.98 и 0.95 (R^2=0.95), отражая высокую плотность цветков и число стручков между ними. Это позволяет вести ранний отбор генотипов, сокращая объем выборки и облегчая дальнейшую оценку.

Zhang et al. (Remote Sens., 2025) провели многостадийное фенотипирование рапса в двухлетних полевых опытах с использованием мультиспектральной камеры Phantom 4 Multispectral. Съемки охватывали период от бутонизации до созревания, при этом рассчитывались 8 вегетационных индексов (VI) и текстурные признаки GLCM (среднее, дисперсия) по RGB-каналам.

Анализ показал, что отдельные спектральные индексы лучше всего связаны с урожайностью в фазу цветения. Например, индекс CIre хорошо отражает листовую поверхность (LAI). Однако модели, которые используют сразу несколько индексов и строятся с помощью метода PLSR, дают более стабильные результаты: $R^2 = 0.62$ при относительной ошибке около 15%. При этом добавление текстурных признаков заметно не улучшило точность.

Важным результатом стала стратегия «temporal-fit». Суть в том, что модель Random Forest немного «подстраивают» под данные нового года, используя только 10% делянок. Это позволило повысить точность прогноза между годами примерно на 25 процентных пунктов по R^2 и снизить ошибку (RMSE) ниже 10%. Такой подход особенно полезен для селекционных испытаний и более точной настройки уборки.

В работе Li et al. (Agriculture, 2025) показано, как можно использовать LiDAR вместе с беспилотником (платформа M300) для детального 3D-анализа посевов рапса. Получаемые облака точек имеют высокую плотность (более 1000 точек на м²), что позволяет точно оценивать объем растений и надземную биомассу (AGB). При этом метод устойчив к искажениям, которые возникают из-за ярких желтых цветков — это частая проблема для обычных 2D-изображений в период цветения.

Особенно интересен комбинированный подход, где лидарные данные объединяют с мультиспектральными моделями поверхности. Это помогает лучше различать эффекты полегания растений и различия в плотности стеблей. В результате такие методы дают более

точную информацию о структуре посевов по сравнению с моделями Random Forest. В целом, результаты показывают, что LiDAR имеет большой потенциал для оценки архитектуры рапса в селекционных исследованиях.

Таблица 2. Методы и модели оценки признаков рапса

Метод	**Признаки**	**Модели**	**Точность (урожай)**
Гиперспектр UAV	EW, VI (NDSI/RSI)	ELM, LS-SVM	R=0.81, RMSE=170 кг/га
Мультиспектр	NDVI, BNDVI, NDYI	Корреляция	R=0.95–0.98 (цветение)
Multi-stage VI	8 VI + GLCM	PLSR, RF (temporal-fit)	R^2=0.62, rRMSE=15%; +25% межгод
UAV-LiDAR	3D-объем, CSM	—	AGB/высота <10% RMSE

Библиографический список

1. **Fu D.**, et al. Nondestructive phenotyping fatty acid trait in oilseed rape using hyperspectral imaging // Journal of Food Process Engineering. 2021. Vol. 44. No 8. P. e13759. DOI: 10.1111/jfpe.13759.
2. **Hao P.**, et al. Data-efficient rapeseed leaf area estimation using smartphone RGB and Vision Transformer // Plant Methods. 2025. Vol. 21. P. 159. DOI: 10.1186/s13007-025-01478-2.
3. **Li D.**, et al. High-Throughput Plant Phenotyping for Precision Agriculture // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2021. Vol. 8. P. 623705. DOI: 10.3389/fbioe.2020.623705.
4. **Li H.**, et al. High-throughput phenotyping of architectural traits in rapeseed using UAV-based RGB imagery // Plant Biotechnology Journal. 2020. Vol. 18. No 12. P. 2345–2358. DOI: 10.1111/pbi.13431.
5. **Li N.**, et al. Rapeseed Yield Estimation Using UAV-LiDAR and Multi-Spectral Data Fusion // Agriculture. 2025. Vol. 15. No 21. P. 2265. DOI: 10.3390/agriculture15212265.
6. **Liu F.**, et al. Research Progress on Integrated Phenotyping Platform for Crop Health Monitoring // Journal of Crop Health. 2025. Vol. 77. P. 156. DOI: 10.1007/s10343-025-01228-3.
7. **Lukas V.**, et al. Using UAV to Identify Oil Seed Rape (Brassica napus L.) Spectral Indices for Seed Yield Prediction // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. No 19. P. 4953. DOI: 10.3390/rs14194953.
8. **Wang T.**, et al. Artificial intelligence in plant science: from lab to field // Frontiers in Plant Science. 2026. Vol. 16. P. 1732979. DOI: 10.3389/fpls.2025.1732979.
9. **Yang Y.**, et al. Prediction of Seedling Oilseed Rape Biomass Based on UAV Multispectral and Texture Features // Remote Sensing. 2023. Vol. 15. No 16. P. 3951. DOI: 10.3390/rs15163951.
10. **Zhang Y.**, et al. Cross-Year Rapeseed Yield Prediction Using Multi-Temporal UAV Imagery and Temporal-Fit Strategy // Remote Sensing. 2025. Vol. 17. No 21. P. 2010. DOI: 10.3390/rs17212010.
11. **Zhu H.**, et al. Early Yield Prediction of Oilseed Rape Using Machine Learning and Spectral Bands // Agriculture. 2025. Vol. 15. No 10. P. 1100. DOI: 10.3390/agriculture15101100.

УДК 635.64

ПРИМЕНЕНИЯ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ В СЕЛЕКЦИИ ГИБРИДОВ И СОРТОВ ТОМАТА

Жбели Али , аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра молекулярной селекции ,клеточныхтехнологий и семеноводства, alijbaili91@gmail.com
Вишнякова Анастасия Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Аннотация. *В данном обзоре проанализированы современные подходы к использованию мужской стерильности (МС) в селекции гибридов и сортов томата (Solanum lycopersicum L.). Традиционное производство гибридных семян требует трудоёмкой ручной кастрации цветков, что увеличивает себестоимость семенного материала. Применение мужской стерильности позволяет исключить эту операцию, обеспечивая высокую чистоту гибридов и снижая затраты. В обзоре рассмотрены основные типы мужской стерильности у томата: ядерная (генная), контролируемая рецессивными мутантами (например, ps-2, ms-10, ms-15, ms-32, 7B-1, а также ms-24, ms-35, ms-36), и цитоплазматическая (ЦМС), детерминируемая митохондриальным геномом (в частности, ген orf320). Особое внимание уделено достижениям в области геномного редактирования, в частности системе CRISPR/Cas9, которая позволяет быстро и направленно создавать стабильные стерильные линии без трансгенной вставки. Представлена сводная таблица генетических систем мужской стерильности с их механизмами действия и практическим применением. Обсуждаются перспективы комбинирования мужской стерильности с генами устойчивости к фитофторозу (Ph3), фузариозному увяданию (I-2) и альтернариозу (Asc). Сделан вывод, что использование мужской стерильности, усиленной методами редактирования генома, является эффективной стратегией для создания высокопродуктивных гибридов томата, адаптированных к изменяющимся климатическим условиям и растущему спросу на продовольствие.*

Ключевые слова: *томат, мужская стерильность, селекция гибридов, CRISPR/Cas9.*

Введение. Томат (Solanum lycopersicum L.) занимает ведущее место среди овощных культур как по объёмам производства, так и по значимости в фундаментальных исследованиях репродуктивной биологии растений [1]. Коммерческий успех гетерозисных гибридов F1 напрямую зависит от эффективности систем производства гибридных семян, однако традиционная технология, основанная на ручной кастрации цветков материнских линий, остаётся трудозатратной и экономически невыгодной [2]. Принципиальным решением этой проблемы выступает использование мужской стерильности генетически детерминированной неспособности растений продуцировать фертильную пыльцу [1]. На сегодняшний день у томата идентифицировано и охарактеризовано более 55 ядерных мутантов мужской стерильности (включая ps-2, ms-10, ms-15, ms-32, 7B-1, а также недавно описанные аллели ms-24, ms-35 и ms-36), наряду с цитоплазматической мужской стерильностью (ЦМС), детерминируемой митохондриальным геномом [2]. Революционным импульсом в данной области стало внедрение технологий редактирования генома, в частности систем CRISPR/Cas9 и митоTALEN, позволяющих конструировать новые стабильные стерильные линии с беспрецедентной точностью и скоростью, преодолевая ограничения классических селекционных подходов [1, 2]. Настоящий обзор представляет собой аналитический синтез современных молекуляр-но-генетических

механизмов мужской стерильности у томата и их практической реализации в селекционных программах по созданию высокопродуктивных гибридов и сортов.

Результатыиобсуждение:

Производство гибридных семян томата традиционно сталкивается с проблемой трудоёмкой ручной кастрации цветков, что делает актуальным поиск альтернативных подходов, среди которых ключевое место занимает использование мужской стерильности [3]. Эффективность данного подхода обусловлена генетически детерминированной неспособностью растений продуцировать фертильную пыльцу при сохранении нормальной женской фертильности [2].

У томата идентифицировано и охарактеризовано более 55 ядерных мутантов мужской стерильности, включая широко изученные ps-2, ms-10, ms-15, ms-32, 7B-1, а также недавно описанные аллели ms-24, ms-35 и ms-36. Наряду с ядерной (генной) мужской стерильностью, у томата документирована цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС), детерминируемая митохондриальными генами. В частности, исследования показали, что сверхэкспрессия гена orf320 с митохондриальным транзитным пептидом индуцирует фенотип мужской стерильности, включая аномальное развитие пыльников и аборцию пыльцы, что предоставляет веские доказательства роли orf320 как гена-кандидата ЦМС в цитоплазме T/β-типа [4].

В таблице 1 представлены основные генетические системы мужской стерильности, наиболее перспективные для селекции гибридов томата.

Table 1

Основные генетические системы мужской стерильности томата и их характеристики

Тип стерильности	Ген / Мутант	Механизм действия	Практическое применение	Ссылка
Ядерная (ГМС)	ps-2	Нарушение развития пыльников на стадии микроспорогенеза	Широко используется в коммерческой селекции	[2]
Ядерная (ГМС)	ms-10, ms-15	Дегенерация тапетального слоя, аборция пыльцы	Применяется в опытных гибридных схемах	[3]
Ядерная (ГМС)	ms-32, 7B-1	Функциональная стерильность (пыльца не прорастает)	Удобна для поддержания линии без кастрации	[2]
Ядерная (ГМС)	ms-24, ms-35, ms-36	Недавно охарактеризованные аллели с различными дефектами микроспор	Перспективны для маркер-вспомогательной селекции	[3]
Цитоплазматическая (ЦМС)	T-тип / β-тип (orf320) Редактирование генома	Митохондриальная дисфункция, аномальное прорастание пыльцы	Используется в трёхлинейных системах гибридизации	[4]
Редактирование генома	CRISPR/Cas9 (нокаут MS1-like, AMS-like)	Нарушение транскрипционных факторов, ответственных за развитие тычинок	Быстрое создание стабильных стерильных линий без трансгенной вставки	[5]

В последние годы революционным прорывом в области создания линий с мужской стерильностью стало внедрение технологий редактирования генома, в частности системы CRISPR/Cas9. Современные исследования демонстрируют, что CRISPR/Cas9-опосредованное получение мужских стерильных линий уже успешно разработано у томата, что открывает широкие перспективы для быстрого создания стерильного селекционного материала [5]. Например, нокаут транскрипционных факторов MS1-like и AMS-like с помощью CRISPR/Cas9 вызывает мужскую стерильность у томатов. В ходе экспериментов на растениях Micro-Tom были идентифицированы гены-кандидаты, связанные с развитием тычинок, сконструированы gРНК, и в результате трансформации Agrobacterium были получены организмы, несущие модификации в целевых сайтах, что подтверждает возможность использования полученного стерильного материала в качестве промежуточного родителя для селекции [6].

Помимо этого, перспективным направлением является создание селекционного материала томата на основе линий с функциональной мужской стерильностью, сочетающих этот признак с генами устойчивости к наиболее вредоносным заболеваниям. В ходе селекционной работы были идентифицированы стерильные линии, несущие гены устойчивости к фитофторозу (Ph3), фузариозному увяданию (I-2) и альтернариозу (Asc). Особый интерес представляют линии, обладающие комплексом генов устойчивости, такие как линии ФМС 101-2 и 106-1 (гены Asc, Ph3), а также линии-опылители 127-3 и 137-5 (гены I-2, Ph3), которые различаются по форме, массе и окраске плодов, что открывает возможности для создания разнообразного гибридного материала [7].

Заключение

В данном обзоре были проанализированы современные подходы к использованию мужской стерильности в селекции гибридов и сортов томата. Установлено, что применение мужской стерильности позволяет эффективно решить проблему трудоёмкой ручной кастрации цветков, снизить затраты на производство гибридных семян и обеспечить их высокую чистоту.

На сегодняшний день у томата охарактеризовано более 55 ядерных мутантов мужской стерильности, включая ps-2, ms-10, ms-15, ms-32, 7B-1, ms-24, ms-35, ms-36, а также цитоплазматическая мужская стерильность, детерминируемая митохондриальным геномом (например, ген orf320). Наиболее перспективными для практической селекции признаны мутанты с функциональной стерильностью, не требующие дополнительной кастрации.

Революционным достижением последних лет стало внедрение технологий редактирования генома, в особенности системы CRISPR/Cas9. Этот метод позволяет быстро и направленно создавать стабильные стерильные линии без трансгенной вставки, что преодолевает ограничения традиционных подходов. Кроме того, перспективным направлением является комбинирование мужской стерильности с генами устойчивости к фитофторозу (Ph3), фузариозному увяданию (I-2) и альтернариозу (Asc), что открывает возможности для создания высокопродуктивных и устойчивых гибридов.

Таким образом, мужская стерильность, подкреплённая современными методами геномного редактирования, представляет собой эффективную стратегию для ускорения селекционного процесса томата. Дальнейшие исследования должны быть направлены на углублённое изучение молекулярных механизмов регуляции МС, расширение спектра коммерчески применимых мутантов и разработку эффективных систем поддержания стерильных линий. Реализация этих задач будет способствовать созданию гибридов томата с улучшенными хозяйственно-ценными признаками, что особенно актуально в условиях изменяющегося климата и растущего спроса на продовольствие.

Библиографический список

1. Singh, A. K., Sharma, V., & Kumar, P. (2025). Molecular advances in research and applications of male sterility systems in tomato. Plant Physiology and Biochemistry, 208, 109431.

2. Zhou, M., Han, C., Yuan, G., Fan, X., Ai, P., & Li, C. (2025). Research Progress of Tomato Male Sterility and Its Breeding Application. Acta Horticulturae Sinica, 52(8), 2081-2098. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2024-0759.
3. Priyadarsini, S., Singh, S., & Nandi, A. (2025). Molecular advances in research and applications of male sterility systems in tomato. Plant Physiology and Biochemistry, 220, 109503. DOI: 10.1016/j.plaphy.2025.109503.
4. Kuwabara, K., & Ariizumi, T. (2025). Characterization and Transcriptome Analysis Reveal Abnormal Pollen Germination in Cytoplasmic Mal.
5. Farinati, S., Soria Garcia, A. F., Draga, S., Vannozzi, A., Palumbo, F., Scariolo, F., Gabelli, G., & Barcaccia, G. (2025). Unlocking male sterility in horticultural crops through gene editing technology for precision breeding applications: presentation of a case study in tomato. Frontiers in Plant Science, 16.
6. Seol, Y.-J., Oh, J.-H., Bae, S.-H., Lee, J., Jeong, H.-W., Ahn, I. P., Kim, E., Kim, S. M., & Park, J. (2025). CRISPR/Cas9-mediated knockout of transcription factor MS1-like and AMS-like genes causes male sterility in tomatoes. Plant Biotechnology Reports. DOI: 10.1007/s11816-025-00975-z
7. Козлова, И. В., &Мазыкина, Е. А. (2025). Создание селекционного материала томата с генами устойчивости на основе линий с функциональной мужской стерильностью. Овощи России, (2), 45-52.

УДК: 633.853.494:338.43(100+470)

ВЫРАЩИВАНИЕ РАПСА В МИРЕ И В РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Нзеха Юсеф, *аспирант кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, mourlamourla477@gmail.com*
Миронов Алексей Александрович, *доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, a.mironov@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье проведён анализ мирового и российского производства рапса, рассмотрены современные методы селекции (CMS, MAS, CRISPR/Cas9) и создание гербицидоустойчивых гибридов. Выявлены основные проблемы в России и определены перспективы повышения продуктивности за счёт внедрения передовых селекционных технологий для достижения самообеспеченности страны.*

Ключевые слова: *рапс (Brassica napus), масличные культуры, селекция, гибриды, CMS, урожайность.*

Рапс (Brassica napus), по объему получаемого растительного масла занимает второе место среди масличных культур в мире и занимает важное место в мировом сельском хозяйстве [1, 4]. Его семена содержат большое количество масел, которое можно использоваться в пищевых целях и для производства биотоплива, а жмых, полученный в результате этого процесса, полезен для производства кормов для птицы и молочного скота [4].

К 2022 году мировое производство рапса составило 87,5 млн тонн, что составляет 10,6% от мирового производства масличных культур. Для России он стал чрезвычайно важной масличной культурой с 1990 года [1]. Увеличение зависимости страны от импортных семян требует развития ее программ селекции семян [1].

В глобальных стратегиях селекции рапса акцент делается на повышении продуктивности, улучшении качества масла и обеспечении устойчивости к стрессам и

гербицидам с помощью современных технологий и генной инженерии. Гибридизация, особенно с использованием подхода CMS (цитоплазматическая мужская стерильность), включающего применение различных типов стерилизующих цитоплазм, например: pol, nap и ogu, стала эффективным средством получения превосходных гибридов первого поколения. Более того, MAS (маркер опосредованный отбор) делает селекцию растений более эффективной, поскольку позволяет быстро и эффективно обнаруживать гены, в то время как технология селекции DH ускоряет разработку гомозиготных линий, экономя тем самым драгоценное время на создание новых сортов [1]. Появление современных технологий, таких как CRISPR/Cas9, значительно улучшило селекцию рапса, внося изменения на уровне генома, которые улучшают состав масла семян и устойчивость к осыпанию, среди прочих признаков [1, 4]. Например, использование CRISPR/Cas9 позволило улучшить содержание олеиновой кислоты и снизить содержание эруковой кислоты. Например, нокаут гена BnFAE1 с помощью технологии CRISPR/Cas9 позволяет получить 70-80% содержания олеиновой кислоты [4]. Еще один прорыв связан с созданием гербицидоустойчивых технологий, таких как Clearfield и LibertyLink, которые позволяют эффективно бороться с сорняками и экономить средства [1]. Эти достижения особенно актуальны, учитывая тот факт, что конкуренция сорняков приводит к снижению урожайности рапса на 23-64%. В свете таких разработок современные гибридные культуры рапса могут давать урожай от 4 до 5 тонн с гектара в сочетании с высокими с высокими показателями качества масла [1].

Селекция рапса в России имеет самостоятельную историю, особенно с начала XXI века, когда начался рост производства. Анализ генома показывает четкие различия между российскими и европейскими сортами, отражающие уникальную стратегию селекции. Некоторые из успехов в этой области представлены результатами полногеномных исследований коллекций, таких как ВНИИМК, где были обнаружены генетические маркеры, связанные с важными признаками, такими как концентрация глюкозинолатов [1]. В результате этих исследований были разработаны нетрансгенные гербицидоустойчивые сорта, такие как Ning R101, Ning R201, Huinongyou, Jindiyou No. 1, Su R001 и Hongyou 789. Они способны выдерживать дозы гербицидов в четыре раза выше, чем обычные [1]. Однако остаются некоторые проблемы.

В целом, урожайность рапса в России довольно низкая, колеблется от 1,4 до 1,6 т/га, что ниже среднемирового показателя [2]. Это в основном связано с низкозатратной системой земледелия и широким использованием семян, собранных самими фермерами, составляющих 50% для ярового и 30% для озимого рапса [2]. Кроме того, зависимость от импортных семян является еще одной проблемой; в 2017 году доля импортных семян достигала 43% от всех семян рапса, выращиваемых в стране [3].

В целом, рапс является важной стратегически ценной культурой для мира и страны в целом, учитывая его потенциал в производстве продуктов питания и биотоплива, а также его влияние на животноводство. Усовершенствование традиционных и передовых методов селекции, таких как CMS, MAS и редактирование CRISPR/Cas9, привело к увеличению урожайности и качества производимого масла. Несмотря на все эти достижения в глобальном масштабе, Россия по-прежнему сталкивается с проблемами низкого уровня продуктивности и высокой зависимости от импортных семян. Становится очевидным, что необходима дальнейшая работа для достижения самообеспеченности за счет передовых методов селекции и снижения зависимости от импортных семян.

Библиографический список

1. Gubaev, R., Gorlova, L., Boldyrev, S., Goryunova, S., Goryunov, D., Mazin, P., ... & Khaitovich, P. (2020). Genetic characterization of Russian rapeseed collection and association mapping of novel loci affecting glucosinolate content. Genes, 11(8), 926. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7465703/.

2. Russian Federation Oilseeds and Products Annual ... - USDA/FAS. (2019). https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Moscow_Russian%20Federation_7-8-2019.pdf,
3. Cultivation and perspectives of oilseed rape in russia - GCIRC. (2019). https://www.gcirc.org/fileadmin/documents/Proceedings/IRC2019_Berlin/Russian_rapeseed_-
4. evolution_and_economic_perspectives_Sergey_Tuchin.pdfAli, E., & Zhang, K. (2023). CRISPR-mediated technology for seed oil improvement in rapeseed: Challenges and future perspectives. Frontiers in Plant Science, 14, 1086847. https://www.gcirc.org/fileadmin/documents/Proceedings/IRC2019_Berlin/Russian_rapeseed_evolution_and_economic_perspectives_Sergey_Tuchin.pdf

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УДК637.146:613.22

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯГКОГО СЫРА ТЕРМОКИСЛОТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК

Кривая Наталья Владимировна, *магистрант ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имении К.Е. Ворошилова», krivaya.nata@bk.ru*
Долгих Ксения Викторовна, *магистрант ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имении К.Е. Ворошилова»*
Украинцева Юлия Сергеевна*, доцент кафедры технологии молока и молокопродуктов ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имении К.Е. Ворошилова», julia0304@bk.ru.*

Аннотация: В работе представлена технологическая схема производства мягкого сыра из коровьего молока термокислотной коагуляции с использованием растительных добавок и бифидобактерий. Научно обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность внесения базилика и грибов в количестве 0,6%, семян льна в количестве 1%, которые повысят биологическую ценность продукта; разработан состав заквасочных композиций для производства мягких сыров с повышенными пробиотическими свойствами.
Ключевые слова: *мягкий сыр, термокислотная коагуляция, технология, бифидобактерии,функциональный продукт, пищевая ценность*

Работа посвящена разработке технологии мягкого сыра функционального назначения с использованием растительных добавок. В качестве растительных компонентов выступают базилик сушеный молотый и белые грибы сушеные молотые. Функциональными компонентами являются семена льна, как наиболее известный источник полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и внесенные с ферментированной сывороткой штаммы бифидобактерий.

Целью работы является разработка технологии мягкого сыра, обогащенного физиологически функциональными пищевыми ингредиентами с лечебно-профилактическими свойствами.

Объекты исследований: молоко цельное как сырье для производства функционального продукта, сыворотка молочная как коагулянт, растительные компоненты.

Была поставлена задача разработки технологии производства мягкого сыра из коровьего молока термокислотной коагуляции с использованием растительных добавок и бифидобактерий, которые придают продукту пробиотические свойства, обогащают витаминами, минеральными веществами и повышают содержание полиненасыщенных жирных кислот, в частности, Омега-3.

Методы исследований. Во время выполнения работы были использованы стандартные и специальные физико-химические, биохимические, микробиологические, технологические, органолептические методы исследований.

Добавка семян льна используется для обогащения продукта полиненасыщенными жирными кислотами омега-3, коррекции химического и минерального состава сыра[2].

В качестве пробиотической микрофлоры предложено внесение двух штаммов бифидобактерий: *B.bifidum, B.longum*, которые являются своеобразным катализатором различных физиологических процессов, происходящих в кишечнике.

В качестве вкусовых добавок были выбраны базилик и грибы в соотношении 1: 2.Рассчитана рецептура, определена пищевая и биологическая ценность творога термокислотной коагуляции с растительными добавками (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав продуктов

Название продукта	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорийность, ккал
Сыр	18,00	16,70	16,50	237,40
Базилик	0,13	0,03	0,23	0,10
Белый гриб	3,70	1,70	1,10	0,52
Семена льна	33,00	38,00	4,50	14,76
Всего калорийность на 100 г продукта				252,78

Таким образом, энергетическая ценность 100 г разработанного продукта составит 252,78 ккал, что равно 1057,6 кДж.

Рецептура для производства сыра с функциональными компонентами представлена в таблице 2.

Таблица 2

Рецептура мягкого сыра с растительными добавками

Наименование компонента	Масса на 1000 г готового продукта, г
Сыр мягкий	988,0
Базилик сушеный	6,0
Белый гриб	1,5
Семена льна	3,0
Соль	1,5

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема производства мягких сыров с использованием растительных и функциональных добавок, представленная на рисунке 1.

Обезжиренное молоко пастеризовали при температуре 95 °С. Осаждали с помощью кислой сыворотки (сквашенной *B.bifidum* и *B.longum*при температуре (37±1) °С в течении 36-42 ч)[3] в количестве 10% от массы смеси, методом термокислотной коагуляции. Часть сыворотки удаляли, вносили растительные наполнители в выбранном процентном отношении. Оставшуюся сыворотку удаляли, сырную массу подвергали самопрессованию в течение 20 минут при температуре 18 °С и прессованию при этой же температуре. После самопрессования продукт солили сухой соль, обсушивали и охлаждали до температуры хранения (4±2) °С.

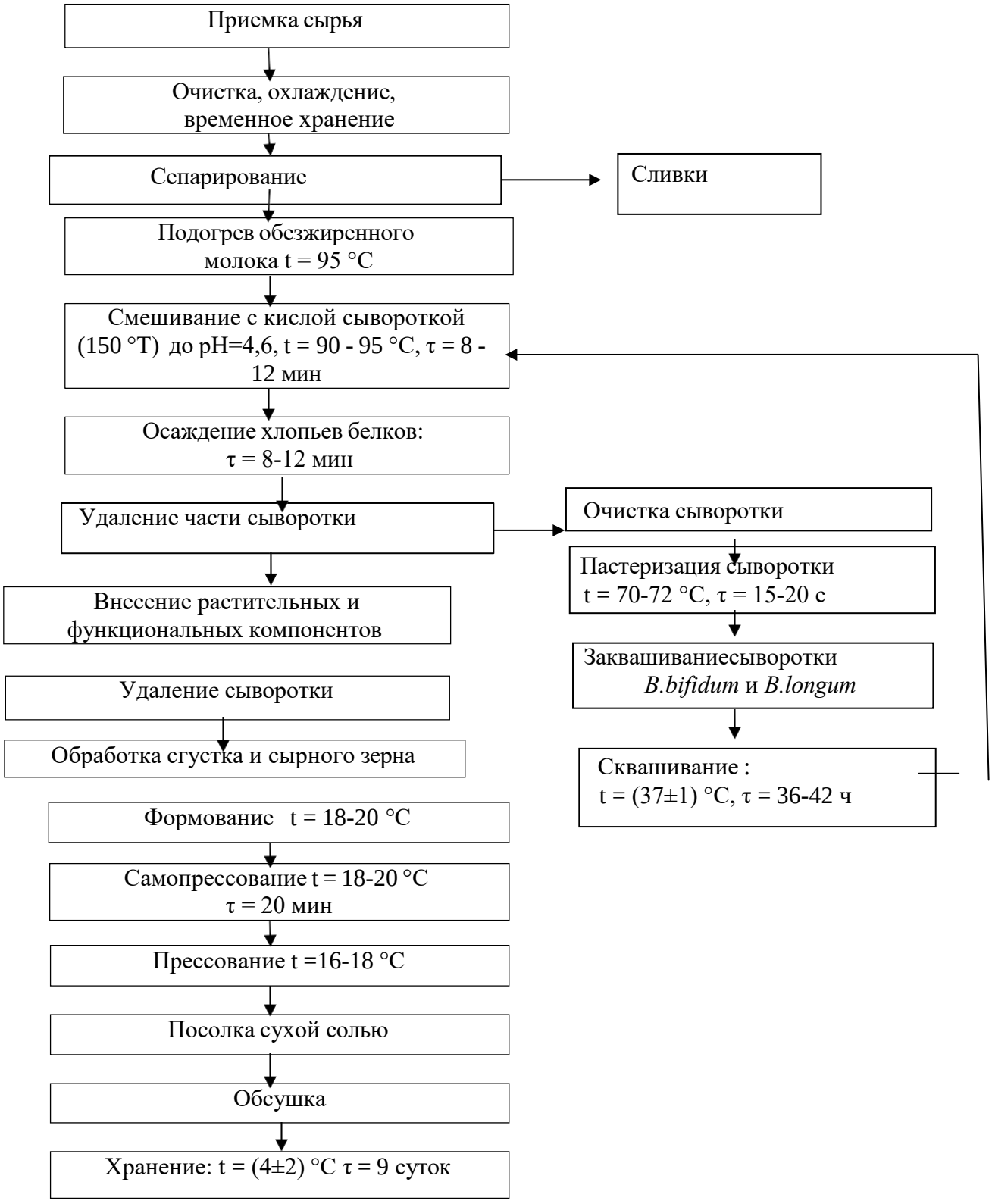


Рис. 1 –Технологическая схема производства мягкого сырас растительными добавками

Исследована динамика органолептических, физико-химических и микробиологических показателей качества разработанного сыра термокислотной коагуляции с растительными добавками в процессе хранения. Определены регламентированные параметры хранения творога термокислотной коагуляции с растительными добавками, которые составили 9 суток при температуре 4 ± 2 °С и относительной влажности не более 75%.

Научное обоснование мягкого сыра с использованием растительных компанентов позволяет изготовить высококачественные сыры функционального назначения, которые могут производиться на любом предприятии молочной промышленности, оснащенном оборудованием для производства мягких сыров.

Библиографический список

1. Хромова, Л.Г. Молочное дело: учебник / Л.Г. Хромова, А.В. Востроилов, Н.В. Байлова. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 332 с.

2. Золотин А. Ю. Методические подходы к разработке пищевых продуктов с высокой потребительской ценностью / А. Ю. Золотин, С. В. Симоненко, М. С. Копытко // Пищевая промышленность. – 2020. – № 10. – С. 35–37.

3. Украинцева Ю.С. Разработка инновационной технологии производства паст белковых детского питания термостатным способом // Современные тенденции ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии: международный диалог : сб. ст. по материалам I Междунар. науч.-практ. конф. / отв. за вып. Т. А. Хорошайло. – Краснодар : КубГАУ, 2025. – С. 716 – 722.

УДК: 636.48.033

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ МЯСА КОЗ ТУВИНСКОЙ ПОРОДЫ

Аракчаа Чаян Алексеевич, *к.с-х.н, ассистент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства,ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, arakchaa.chayan@inbox.ru*

Аннотация.*В статье представлены результаты ценности козлятины в зависимости от сырьевой зоны. Актуальность исследования продиктована задачей поиска перспективного диетического сырья.*

Ключевые слова:*пищевая ценность, качество, тувинская порода, белок, качественный белковый показатель.*

Одним из приоритетных векторов развития агропромышленного комплекса являетсярасширение сырьевой базы мясоперерабатывающей отрасли за счет вовлечения в оборот продуктов с высокими диетическими свойствами[1], например, козлятина, которая, согласно данным современных исследований, демонстрирует низкое содержание липидов, высокую концентрацию минеральных веществ и гипоаллергенные характеристики.

Известно, что объективным показателем, верифицирующим биологическую полноценность мяса, является белково-качественный показатель (соотношение триптофана к оксипролину), характеризующий степень зрелости и усвояемости мышечной ткани [2].

Целью исследования являлась оценка биологической ценности козлятины по белково-качественному показателю (БКП) для определения наиболее перспективных видов сырья с оптимальным аминокислотным составом для продуктов различной функциональной направленности.

В результате проведенных нами исследований установлено, что содержание триптофана в образцах мяса коз тувинской породы составляет 282,3 … 293,7 мг/100 г, что свидетельствует о высоком содержании полноценных, легкоусвояемых белков в мясе животных.Содержание оксипролина в изучаемых образцах зафиксировано на уровне 53,3- 55.2 мг/100г.

Интегральным показателем, отражающим соотношение полноценных и неполноценных белков, является БКП, который составил 5,30, что свидетельствует о высокой биологической ценности объектов исследования.

Таким образом, результаты исследования позволяют отнестимясо коз тувинской породы к категории биологически полноценного диетического сырья и расширить, за счет его включения в рецептуры, ассортиментную линейку продуктов функциональной направленности.

Библиографический список

1. Аракчаа, Ч. А. Качественные показатели козлятины в зависимости от сроков хранения / Ч. А. Аракчаа, С. А. Грикшас // Безопасность и качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 22–23 ноября 2023 года. – Москва: ООО "Сам Полиграфист", 2023. – С. 104-109.

2. Забелина М.В., Рейзбих Е.Ю., Белова М.В. Комплексная оценка мясной продуктивности и качества мяса молодняка коз русской породы (Монография) // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 1. С. 60-61.

УДК633.358:664.8.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРОХА БАШКИРСКИХ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ В ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Баязитова Назгуль Расимовна, *аспирант кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, gubaidullina.naz@yandex.ru*

Леонова СветланаАлександровна, *д.т.н., профессор кафедры технологии общественного питания и переработки растительного сырья, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ,s.leonova@inbox.ru*

Аннотация. *В статье представлены результаты сравнительного биохимического анализа двух сортов гороха (Pisumsativum L.) – «Памяти Хангильдина» и «Памяти Попова» (урожай 2025 года). Определены массовая доля влаги, золы, белка, фосфора, кальция и масса 1000 зёрен. Изучено влияние водной дисперсии измельчённого гороха (2,5 %, 5,0 %, 7,5 %) на реологические свойства с использованием фариографа и амилографаBrabender.*

Ключевые слова: *горох, биохимический состав, реологические свойства, фариограф, амилограф.*

Введение. Горох полевой (Pisumsativum L.) является ценным источником растительного белка, минералов и клетчатки, что делает его перспективным сырьем для производства функциональных продуктов питания. В условиях импортозамещения и роста спроса на белковые добавки актуально изучение сортовых особенностей гороха и их влияние на качество теста при комбинировании с пшеничной мукой [2,3].

Целью исследования являлось сравнение биохимических показателей двух сортов гороха (Pisumsativum L.)БНИИСХ «Памяти Хангильдина» и «Памяти Попова» (урожай 2025 года).

Материалы и методы. Исследования проведены в учебно-исследовательской лаборатории оценки качества продовольственного сырья и пищевой продукции Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ) и в лаборатории агрохимического и биохимического анализа Башкирского государственного аграрного университета (БашГАУ).

Изучение биохимических показателей проводили по ГОСТам: 13586.5-2015, 13496.4-93, 10847-2019, 26657-97, 26570-95, 10842-89.Исследования реологических показателей проводили по ГОСТ ISO 5530-1-2013 с использованием прибора Farinograph-ATBrabender и ГОСТ ISO 7973-2013 с использованием прибора Amylograph-EBrabender.

Результаты и их обсуждение. Перед началом работы горох оценивали по биохимическим показателям.В результате анализа было установлено, что сорт «Памяти Хангильдина» имеет следующие характеристики: массовая доля влаги составляет 8,7%, зольность равна 3,0%, масса 1000 зерен на сухое вещество достигает 161,9 г, содержание белка составляет 22,0%, фосфора — 0,418% и кальция — 0,10%.Показатели сорта «Памяти Попова»: влажность равна 8,4%, зольность составляет 2,9%, масса 1000 зерен — 149,3 г, содержание белка — 23,5%, фосфора — 0,420%, а кальция — 0,12%.

По приведенным данным видно, что исследуемые сорта гороха имеют схожие характеристики.Существенныеотличия наблюдаются по содержанию белка: сорт «Памяти Попова» превосходит по содержанию белка на 1,5%, но имеет меньшую массу 1000 зерен (на 7,8%).

Для изучения влияния гороха на тесто оценивали реологические свойства пшеничной муки с внесением дисперсии из исследуемых сортов гороха на приборах BrabenderФариограф-АТ и Амилограф-Е.

Горох измельчали, просеивали через сито с размером ячейки 0,56 мм и готовили дисперсию в дозировках, указанных в таблице 1, которую анализировали на фаринографе и амилографе.

Таблица 1

Дозировки гороха и воды для приготовления дисперсии

Дозировка, %	Измельченный горох, г	Вода для суспензии, г	Вода для замеса, г	Пшеничная мука, г
Контроль	-	-	450,00	297,70
2,5	7,45	29,80	420,20	290,45
5,0	14,90	59,52	390,48	283,00
7,5	27,32	89,28	360,72	275,28

За контрольный образец брали образец с использованием 100% пшеничной муки. Для определения влияния гороха на реологические свойства теста предварительно готовили дисперсию путем замачивания измельченного гороха в воде в соотношении 1:4 в течение 10 мин. Из воды для замеса вычитали воду, используемую для приготовления дисперсии. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели фаринографа для исследуемых сортовгороха

Показатель	Мука пшеничная в/с (контроль)	2,5% сорт «Памяти Хангильдина»	5,0% сорт «Памяти Хангильдина»	7,5% сорт «Памяти Хангильдина»	2,5% сорт «Памяти Попова»	5,0% сорт «Памяти Попова»	7,5% сорт «Памяти Попова»
Время образования, мин : с	03:35	04:54	04:07	04:08	04:05	03:59	03:53
Водопоглощение на требуемую консистенцию, %	60,8	60,9	61,4	61,9	62,0	62,6	63,1
Водопоглощение на	60,1	60,2	60,6	61,1	61,3	61,8	62,3

базисную влажность, %							
Устойчивость, мин : с	08:35	05:29	06:18	05:14	05:22	05:08	04:54
Степень разжижения через 10 мин после старта, FE	30	39	32	33	43	38	36
Степень разжижения через 12 мин после максимума, FE	57	64	57	55	65	64	56
Число качества фаринографа, мм	100	83	95	94	79	84	85

Водопоглотительная способность растет у обоих образцов с добавлением дисперсиииз гороха. Белки гороха поглощают больше воды, чем пшеничные белки; соответственно, водопоглотительная способность дисперсной системы растёт. Степень разжижения, фиксируемая через 10 мин от начала замеса, при добавлении 2,5% дисперсиигорох+водавозрастает на 9 FEу образца с сортом гороха Памяти Хангильдина и на 12 FE у образца с сортом гороха Памяти Попова. С увеличением доли дисперсиииз гороха и воды степень разжижения падает, что связано с повышением активности ингибиторов трипсина.

Исходя из вышесказанного, внесение 2,5% дисперсиигорох+вода нежелательно, так как тесто получается слабым, что в свою очередь, приводит к низкому объему хлеба. Добавление дисперсии горох+вода в количестве 5% и 7,5 % благоприятно влияет на хлебопекарные свойства, повышая водопоглотительную способность и стабильность теста.

После контроля качества муки, рассматривали измерение свойств клейстеризации и активности ферментов при внесении суспензии горох+вода.

По схеме, описанной выше, готовили дисперсию из гороха и воды для измерения параметров клейстеризации и активности амилолитических ферментов при добавлении гороховой дисперсии. В таблице 3 представлены показатели амилографа при внесении дисперсии из исследуемых сортов гороха.

Таблица 3

Показатели амилографа для исследуемых сортов гороха

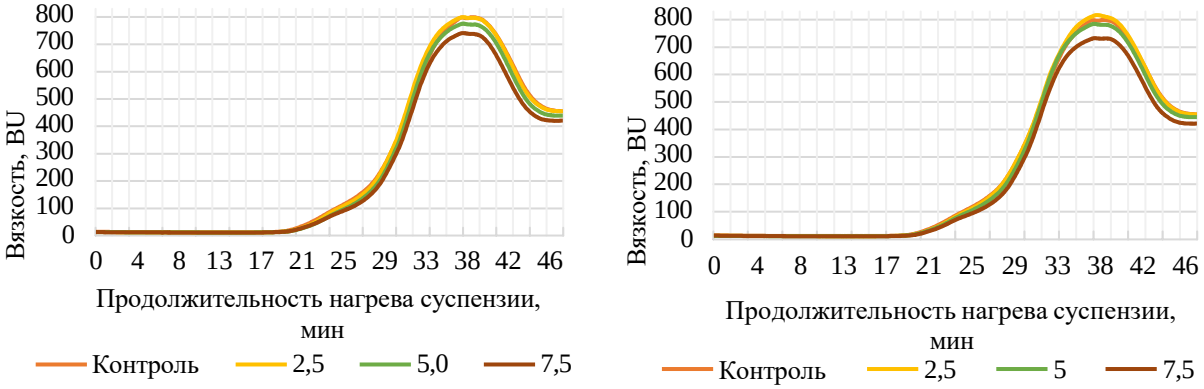
Наименование образца	Начало клейстеризации		Полная клейстеризация	
	Температура, ℃	Вязкость, BU	Температура, ℃	Вязкость, BU
Мука пшеничная высшего сорта (контроль)	59,3	21	86,4	799
2,5% сорт «Памяти Хангильдина»	59,9	21	84,9	799
5,0% сорт «Памяти Хангильдина»	60,1	21	85	776
7,5% сорт «Памяти Хангильдина»	60	21	84,9	741
2,5% сорт «Памяти Попова»	59,6	21	85,4	817

5,0% сорт «Памяти Попова»	59,8	21	85,1	785
7,5% сорт «Памяти Попова»	60	21	85,1	733

При внесении дисперсии из гороха сорта «Памяти Хангильдина» происходит незначительное увеличение температуры начала клейстеризации, снижение температуры полной клейстеризации и уменьшение вязкости при полной клейстеризации. Более ранняя клейстеризация крахмала ускоряет формирование его структуры, а снижение вязкости облегчает технологическую обработку теста, что приводит к сокращению энергозатрат при замесе.

При внесении суспензии из гороха сорта «Памяти Попова» незначительно повышается температура начала клейстеризации, вязкость при добавлении 2,5% суспензии резко возрастает и затем при увеличении дозировки суспензии горох+вода уменьшается. Резкий рост при добавлении 2,5% суспензии обусловлен тем, что происходит гидратация белков, введение более высоких концентраций увеличивает содержание гидрофильных белков, которые поглощают воду и снижают вязкость крахмала.

На рисунке 1 приведены амилограммы пшеничной муки при внесении дисперсии из гороха исследуемых сортов.



а б

Рис. 1 Амилограммы пшеничной муки высшего сорта при внесении дисперсии: а - из гороха сорта «Памяти Хангильдина», б – из гороха сорта «Памяти Попова»

Выводы. В ходе работы проанализированы данные о биохимических показателях двух исследуемых сортов гороха и проведена оценка реологических показателей полуфабрикатов в процессе тестоведения. Рекомендуется использование 5% дисперсии из воды и гороха анализируемых сортов для улучшения реологических свойств пшеничной муки. Указанная концентрация позволяет облегчить замес и улучшить равномерность выпечки.

Библиографический список

1. Ананских В.В., Шлеина Л.Д. К вопросу о вязкости осахаренного затора гороховой муки // Пищевая промышленность.- 2021. № 4. С. 42–45.

2. Леонова, С. А. Повышение пищевой ценности хлеба путем использования растительной дисперсии из пророщенного зерна бобовых культур / С. А. Леонова, А. Л. Вебер // Продукты питания: производство, безопасность, качество : материалы международной научно-практической конференции, Уфа, 25 декабря 2024 года. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2025. – С. 141-145. – EDN VBARFI.

3. Вебер, А. Л. Возможности применения растительной дисперсии из зерна бобовых культур для улучшения свойств пшеничного хлеба / А. Л. Вебер, С. А. Леонова // Вестник

Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2024. – Т. 86, № 2(100). – С. 213-223. – DOI 10.20914/2310-1202-2024-2-213-223. – EDN DBSTXA.

4. Осипова Г.А., Корячкина С.Я. Использование белковых изоляторов в производстве макаронных изделий // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 7. С. 93-95;URL: https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=23032 (дата обращения: 21.04.2026).

УДК 664.143.6

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОМАДНЫХ КОНФЕТ НА ОСНОВЕ АМАРАНТА

Бони Анастасия Вадимовна, *аспирант кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, a.boni@rgau-msha.ru*

Бакин Игорь Алексеевич, *д.т.н., профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,bakin@rgau-msha.ru*

Панфилов Виктор Александрович, *д.т.н., профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,vap@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Статья посвящена производству глазированных помадных конфет с порошком шрота амаранта. Рассмотрены способы сокращения производственного цикла и снижения потерь. Шрот выбран из-за безглютеновых свойств и уникального состава. Выпрессовывающие машины с форкамерой повышают эффективность формования.*

Ключевые слова: *амарант, шрот амаранта, глазированные помадные конфеты, технология производства, функциональные ингредиенты, выпрессовывающая машина, экструзия, пищевые инновации, химический состав, сквален.*

Современные тенденции пищевой промышленности направлены на создание продуктов, сочетающих высокие органолептические характеристики и функциональную пользу для здоровья. Одним из таких направлений является использование в рецептурах изделий на основе сахара компонентов, богатых белками, минералами и витаминами. Амарант — уникальная культура, которая не содержит глютен и отличается ценным аминокислотным профилем [5].

Семена амаранта содержат значительное количество белка, жиров с полиненасыщенными жирными кислотами, клетчатку, а также макро- и микроэлементы. Особенно высоко содержание кальция, магния и железа (таблица 1). Благодаря наличию сквалена липидная фракция амаранта обладает антиоксидантными свойствами [1].

Таблица 1

Химический состав амаранта

Показатель	Содержание
Белки, %	14–16
Жиры, %	6–8
Углеводы, %	60–62
Клетчатка, %	6–8
Кальций, мг/100 г	160–200
Железо, мг/100 г	7–8
Магний, мг/100 г	240–250
Фосфор, мг/100 г	500–520
Калий, мг/100 г	490–500
Витамин Е, мг/100 г	1,5–2,0
Сквален, % от липидов	до 10

Анализ химического состава подтверждает, что амарант может быть использован как источник белка, незаменимых аминокислот и минералов в производстве кондитерских изделий [3].

При традиционном подходе цикл производства помадных конфет составляет 1–1,5 часа [2]. Добавление порошка амарантового шрота позволяет сократить этот цикл до 30–40 минут. Использование выпрессовывающих машин с форкамерой обеспечивает равномерное распределение ингредиента и минимизирует возвратные потери. В качестве примера можно рассмотреть работу формующей машины ПФБ-18, отличающейся надежностью, высокой производительностью и простотой обслуживания (рис. 1) [4].

Помадная масса подается в шнековую форкамеру 6 через загрузочную воронку 5, ПША же засыпается весовым дозатором 17. Далее смесь поступает в цилиндрическую камеру 4, где захватывается шнековым питателем. Привод шнека 7 осуществляется при помощи цепной передачи через звездочку 9. Из нагнетающей камеры масса попадает в камеру 3, в которой она захватывается зубьями шестеренных валов, в свою очередь вращающихся валками. Для обеспечения эффективной работы машины используется цепная передача через звездочку 12 для привода одного из валов, в то время как второй вал получает вращение от первого через зубчатую передачу. Камера сменной матрицы, в которую нагнетается масса валками, закреплена в рамке 10. Из каналов матрицы выходят жгуты, которые ложатся на транспортерную ленту 15. Для предотвращения прилипания жгутов к ленте и ее загрязнения, используется система обдува воздухом, который поступает из диффузора 1. Это обеспечивает более чистый и эффективный процесс производства, а также увеличивает надежность и долговечность машины [4].

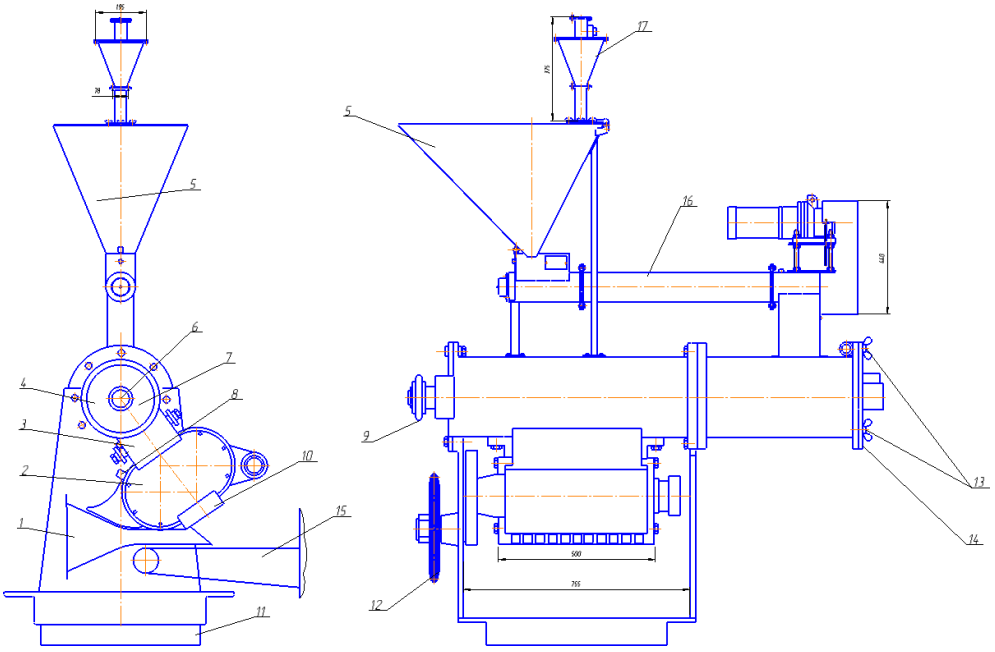


Рис. 1 Формующая машина ПФБ-18

1 – диффузор; 2, 3, 4 – камера; 5 – загрузочная воронка; 6 – вал; 7 – шнек; 9 – штуцер; 9, 12 – звездочка; 10 – рамка сменной матрицы; 11 – станина; 13 – болты; 14 – крышка; 15 – транспортерная лента; 16 – шнековая форкамера; 17 – шнековый весовой дозатор.

Амарант, обладающий уникальным химическим составом, представляет собой перспективное сырьё для использования в производстве глазированных помадных конфет. Внедрение порошка шрота амаранта в рецептуру позволяет не только снизить продолжительность производственного цикла, но и повысить пищевую ценность конечного продукта. Применение современных формующих машин с форкамерой обеспечивает

высокое качество готовых изделий и делает процесс производства более экономичным и устойчивым.

Библиографический список

1. Becker R., Wheeler E.L. Amaranth grain: composition, properties, and applications // Cereal Chemistry. – 1984. – Vol. 61(1). – P. 14–20.

2. Rastogi A., Shukla S. Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2013. – Vol. 53(2). – P. 109–125.

3. Коновалов В.В. Современные технологии кондитерских изделий: Учеб. пособие. – СПб.: Профессия, 2015. – 320 с.

4. Синицын С.С., Петрова Н.И. Инновационные направления в производстве конфетных масс // Пищевая промышленность. – 2020. – №4. – С. 45–51.

5. Хасанова С.В. Совершенствование технологии конфет с помадными корпусами на основе использования порошка шрота амаранта : автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва: МГУПП, 2021. – 24 с.

УДК 664.7

ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ ПРЕДОБРАБОТКИ НА УГЛЕВОДНЫЙ ПРОФИЛЬ И СВОЙСТВА ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗЕРНООВОЩНЫХ ДОБАВОК

Гуляева Алена Николаевна, *старший преподаватель Высшей биотехнологической школы ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, nikol163@bk.ru*

Бахарев Владимир Валентинович, д.х.н. *профессор Высшей биотехнологической школы ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, knilsstu@gmail.com*

Аннотация: *В работе представлены результаты исследования влияния предварительной ферментативной обработки α-амилазой и глюкоамилазой на трансформацию углеводного комплекса и функционально-технологические свойства экструдированных зерноовощных добавок. Объектами исследования служили кукурузная крупа, а также порошки свеклы столовой и моркови столовой, полученные конвективной сушкой. Установлено, что нативное сырье не содержит декстринов – они образуются исключительно в процессе целенаправленной ферментативной и термомеханической обработки.*

Ключевые слова: *пищевая экструзия, ферментативная обработка, α-амилаза, глюкоамилаза, декстрины, свекла, морковь, кукурузная крупа*

Экструзионная технология занимает значительное место в производстве продуктов здорового питания благодаря своей универсальности, высокой производительности и возможности целенаправленного формирования структуры и свойств готовых изделий [1]. Особый интерес представляет создание комбинированных зерноовощных экструдатов, позволяющих обогащать рацион населения пищевыми волокнами, витаминами и антиоксидантами [2, 3].

Однако использование овощного сырья, в частности свеклы и моркови, в чистом виде для экструзии технологически затруднено. Содержание крахмала в свекле и моркови не превышает 0,1-0,9 %, что недостаточно для формирования пористой структуры. Кроме того, высокое содержание сахаров (до 12-17 %) и влаги (85-90 %) приводит к залипанию массы на шнеке, подгоранию продукта и отсутствию вспучивания при выходе из матрицы [4].

Наиболее эффективным решением является создание композиционных смесей с крахмалсодержащей зерновой основой. Кукурузная крупа, содержащая 75-85 % крахмала, обеспечивает высокую степень расширения, нейтральный вкус и хорошую технологическую совместимость с овощными компонентами [5].

Дальнейшее улучшение функциональных свойств экструдатов может быть достигнуто за счет предварительной ферментативной обработки сырья амилолитическими ферментами. α-Амилаза гидролизует внутренние α-1,4-гликозидные связи амилопектина, генерируя декстрины различной молекулярной массы. Глюкоамилаза последовательно отщепляет глюкозные единицы с нередуцирующего конца, также способствуя укорачиванию полимерных цепей [6].

В нативной кукурузной крупе и свежих корнеплодах декстрины отсутствуют: в овощах крахмал содержится в виде нерасщепленных гранул, а в крупе – в нативном состоянии, тогда как декстрины образуются лишь при частичном гидролизе полисахаридов [7]. Появление и накопление декстринов в исследуемых образцах является прямым доказательством эффективности проведенной ферментативной и термомеханической обработки.

Целью настоящей работы являлось изучение трансформации углеводного комплекса (в частности, накопления декстринов) при комбинированной ферментативно-экструзионной обработке зерноовощных смесей на основе кукурузной крупы и порошков свеклы и моркови.

В работе использовали следующие виды сырья:

- свекла столовая по ГОСТ 32285-2013;
- морковь столовая по ГОСТ 33540-2015;
- кукурузная крупа по ГОСТ 6002-2022.

Подготовка овощного сырья включала мойку, очистку, измельчение и конвективную сушку при температуре 60 °С и скорости воздушного потока 1,5-2,0 м/с до остаточной влажности 10-12 %. Высушенные образцы измельчали на лабораторной мельнице.

Оптимальный гранулометрический состав смеси (размер частиц 0,27-0,64) обеспечивает стабильный процесс экструзии с равномерным формованием и коэффициентом расширения 2,1-2,3. Более мелкие частицы (менее 026 мм) приводили к пригоранию сырья к шнеку и забиванию фильеры, более крупные (свыше 0,65 мм) – к получению экструдата с неравномерной пористостью и нерасплавленными включениями.

Предварительными исследованиями установлено, что использование чистых овощных порошков для экструзии технологически нецелесообразно: коэффициент расширения не превышал 1,2, продукт имел плотную, непористую структуру и пригорал на шнеке. Введение кукурузной крупы в количестве 75-80 % позволило решить проблему структурообразования.

Перед экструзией проводили ферментативную обработку смесей кукурузной крупы и овощного порошка в соотношении 80:20. Использовали следующие ферментные препараты производства ООО «Биопрепарат»:

- α-амилаза бактериальная низкотемпературная с активностью 2000 ед/мл;
- глюкоамилаза (глюкаваморин) с активностью 6000 ед/мл.

Образцы смеси овощного порошка и кукурузной крупыобрабатывали каждым ферментов отдельно, а также смесью ферментов в соотношении 1:1 по ферментивной активности.

Экструдирование проводили на одношнековом лабораторном экструдере с диаметров шнека 19 мм, соотношение длины к диаметру 30:1, номинальной степенью сжатия 3:1 и диаметром отверстия матрицы 3 мм. На основании результатов предварительных экспериментов были установлены следующие оптимальные параметры экструзии: температура в зоне дозирования – 160 °С, влажность смеси перед экструзией – 20 %, скорость вращения шнека – 150 об/мин. Температуру зоны подачи поддерживали постоянной на уровне 50 °С.

Содержание сухих веществ определяли по ГОСТ 28561-90. Содержание амилозы и декстринов определяли спектрофотометрическим методом с йодом по методике М.П. Попова и Е.Ф. Шаненко[8].

В таблице 1 представлены результаты определения содержания амилозы и декстринов в готовых экструдатах, полученных из смесей кукурузной крупы и овощных порошков, прошедших различные варианты ферментативной предобработки.

Таблица 1

Содержание амилозы и декстринов в готовых экструдатах (% на сухое вещество)

Вариант ферментативной предобработки	Экструдат кукурузно-морковный (80:20)		Экструдат кукурузно-свекольный (80:20)	
	Декстрины	Амилоза	Декстрины	Амилоза
Контроль (без ферментов)	8,1±0,3	15,2±0,5	7,5±0,3	16,8±0,6
α-Амилаза	21,5±0,7	10,1±0,4	20,1±0,6	11,4±0,5
Глюкоамилаза	28,4±0,8	8,3±0,3	26,8±0,9	9,2±0,4
Смесь ферментов (1:1)	35,2±1,0	6,5±0,3	33,6±1,1	7,1±0,3

Как видно из представленных данных, ферментативная предобработка изменяет углеводный профиль экструдатов.

По мере увеличения интенсивности ферментативного воздействия происходит снижение содержания амилозы (с 15,2-16,8 5 в контроле до 6,5-7,1 % при обработке смесью ферментов). Это объясняется гидролизом линейных цепей амилозы под действием α-амилазы и глюкоамилазы.

Ферментативная предобработка значительно увеличивает содержание декстринов в готовых экструдатах. Обработка α-амилазой повышает их содержание до 20,1-21,5 %, глюкоамилазой – 26,8-28,4 %. Максимальный эффект достигается при использовании смеси ферментов (1:1): содержание декстринов возрастает до 33,6-35,2 %, что в 4,2-4,7 раза выше контрольных значений.

На рис. 1представлена диаграмма, иллюстрирующая влияние различных вариантов ферментативной предобработки на содержание декстринов в кукурузно-морковных экструдатах.

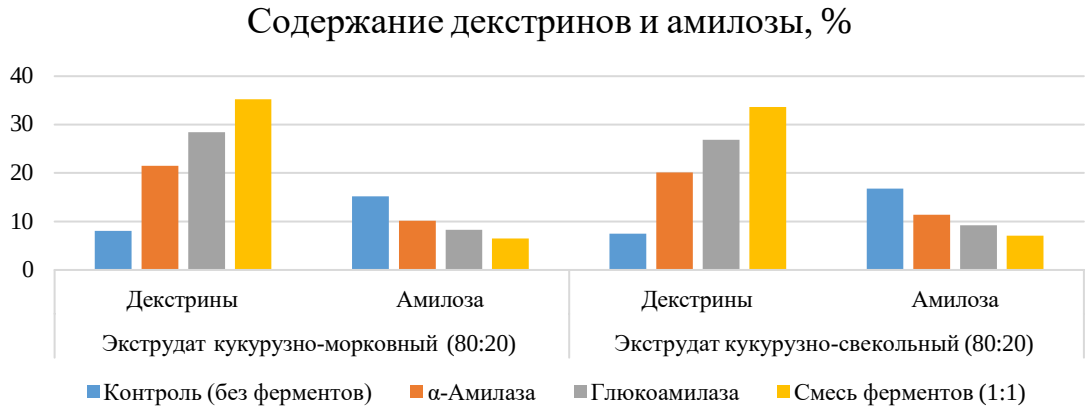


Рис. 1 Содержание декстринов и амилозы в кукурузноовощных экструдатах в зависимости от варианта ферментативной предобработки

В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. Ферментативная предобработка смеси кукурузной крупы и овощного порошка (80:20) перед экструзией изменяет углеводный профиль готовых экструдатов: снижается содержание амилозы и увеличивается содержание декстринов.

2. Обработка α-амилазой снижает содержание амилозы в 1,5-2,4 раза и повышает содержание декстринов в 2,6-2,7 раза по сравнению с контролем.

3. Обработка глюкоамилазой снижает содержание амилозы в 1,5-1,6 разаи повышает содержание декстринов в 3,5-3,6 раза.

4. Максимальный эффект достигается при использовании смеси ферментов (1:1): содержание амилозы снижается в 2,3-2,4 раза, а содержание декстринов возрастает до 33,6-35,2 %, что в 4,2-4,7 раза выше контрольных значений.

Библиографический список

1. Остриков А.Н., Магомедов Г.О. Экструзионная технология в пищевой промышленности. – М.: ДеЛипринт, 2017. – 400 с.

2. Гуляева А.Н., Бахарев В.В. Анализ изобретений, продуктов, технологий и оборудования процесса экструзии растительного сырья // Вестник ВГУИТ. – 2022. – № 2 (92). – С. 20-27.

3. Симоненко Е.С., Головач В.В. Влияние режимов экструзии на структурно-механические свойства кукурузно-овощных экструдатов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2024. – №1. – С. 33-38.

4. Гуляева А. Н., Воронина М. С. Эмпирическое исследование функционально-технологических свойств кукурузно-морковных экструдатов //Ползуновский вестник. – 2025. – №3. – С. 124-128.

5. Силин В.А., Жушман А.И. Теоретические основы экструзии пищевых сред. – М.: Пищепромиздат, 2005. – 288 с.

6. Попов М.П., Шаненко Е.Ф. Спектрофотометрический метод определения амилозы и декстринов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1988. – Т. 24, № 2. – С. 268-272.

УДК 664.9:637.54'65:543.635.2

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЪЕДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ С АНТИМИКРОБНЫМИ И АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНДОНЕЗИИ

Тинамбунан Деннис Габриел, *аспирант кафедры Пищевых и биотехнологий, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», tinambunandennis@gmail.com*

Научные руководители:

Потороко Ирина Юрьевна, *профессор, заведующий кафедрой Пищевых и биотехнологий, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», potorokoii@susu.ru*

Красуля Ольга Николаевна, *профессор кафедры Технологии хранения и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, okrasulya@mail.ru*

Аннотация: *В работе представлены результатыразработки технологии съедобных покрытий на основе коллагенсодержащего сырья из вторичного сырья от переработки мяса птицы. Показана возможность повышения сроков хранения пищевых продуктов за счёт придания покрытиям антимикробных и антиоксидантных свойств с использованием эфирных масел и олеорезинов. Обоснована экологическая и технологическая перспективность применения таких покрытий. Особое внимание уделено использованию технологии в условиях тропического климата Индонезии.*

Ключевые слова: *съедобные покрытия, коллаген, эфирные масла, срок хранения, Индонезия.*

В настоящее время одной из актуальных задач пищевой промышленности является поиск альтернатив традиционным синтетическим упаковочным материалам, в первую очередь пластиковым. В качестве перспективного направления рассматриваются съедобные пищевые покрытия, которые способны не только защищать продукты от внешних воздействий, но и продлевать сроки их хранения. Съедобные покрытия представляют собой тонкий слой биополимерного материала, наносимый на поверхность продукта. Они выполняют барьерные функции, препятствуя проникновению кислорода, влаги и микроорганизмов. Дополнительно такие покрытия могут обладать функциональными свойствами, включая антимикробную и антиоксидантную активность [1].

В качестве основы для получения съедобных покрытий широко применяются природные биополимеры, такие как белки и полисахариды. Особый интерес представляет использование коллагенсодержащего сырья, получаемого из вторичных продуктов переработки мяса птицы. Это направление соответствует принципам устойчивого развития и рационального использования биоресурсов [2].

Целью данной работы являлся анализ и обоснование технологии разработки съедобных покрытий на основе коллагенсодержащего сырья мяса птицы с добавлением природных антиоксидантов для повышения сроков хранения пищевых продуктов.

Актуальность разработки съедобных покрытий обусловлена несколькими факторами. Во-первых, наблюдается рост экологических проблем, связанных с накоплением пластиковых отходов. Во-вторых, возрастают требования к качеству и безопасности пищевой продукции. В-третьих, значительные потери продуктов питания происходят на этапах их хранения и транспортировки [3]. Особую значимость данное направление приобретает в условиях тропического климата, характерного для Индонезии. Высокая температура и влажность способствуют ускоренному развитию микроорганизмов и окислительных процессов, что приводит к быстрой порче продуктов [4]. В этих условиях применение съедобных покрытий позволяет существенно повысить сохранность пищевой продукции.

Кроме того, в Индонезии активно развивается сельскохозяйственный сектор, что требует внедрения эффективных технологий хранения и переработки продукции. Использование съедобных покрытий на основе местных и доступных биоматериалов может стать важным элементом решения данной задачи.

Современные исследования показывают, что рынок упаковочных материалов активно развивается в направлении экологически безопасных решений. Особое внимание уделяется биоразлагаемым и съедобным покрытиям, которые способны заменить традиционные полимерные материалы [3].

Коллаген является одним из наиболее распространенных белков животного происхождения и обладает высокой биологической ценностью. Основными источниками коллагена являются вторичные продукты переработки мяса, такие как кожа, кости, сухожилия и соединительная ткань [5].

Для получения коллагена широко применяется метод кислотного гидролиза. С целью повышения эффективности процесса используются ферментативные методы, которые позволяют ускорить расщепление белков и повысить выход целевого продукта. Ферментативная обработка обладает рядом преимуществ: повышение степени гидролиза; снижение энергозатрат; сохранение функциональных свойств белка [5].

Оптимальные параметры процесса (температура, время, концентрация ферментов) играют ключевую роль в получении качественного коллагенового сырья. Правильный подбор условий позволяет получить продукт, пригодный для дальнейшего использования в составе съедобных покрытий [5]

.Для придания съедобным покрытиям функциональных свойств используются природные добавки, в частности эфирные масла и олеорезины. Они обладают выраженной антимикробной и антиоксидантной активностью. Эфирные масла представляют собой сложные смеси летучих органических соединений, получаемых из растительного сырья. Их эффективность обусловлена наличием терпенов и других активных компонентов, способных подавлять развитие микроорганизмов и замедлять окислительные процессы [6].

Олеорезины, получаемые экстракцией пряностей, также используются в качестве вкусоароматических и функциональных добавок. По сравнению с натуральными пряностями они обладают большей стабильностью и активностью. Однако применение эфирных масел имеет ряд ограничений: низкая растворимость в водных системах; летучесть и чувствительность к внешним факторам; влияние на органолептические свойства продуктов [6].

Для решения этих проблем используются современные подходы, включая создание наноэмульсий, которые позволяют повысить стабильность и эффективность активных компонентов.

Использование съедобных покрытий обеспечивает ряд преимуществ: продление сроков хранения пищевых продуктов; снижение микробиологической порчи; защита от окислительных процессов; уменьшение потерь при хранении и транспортировке; снижение негативного воздействия на окружающую среду. Особенно важным является их применение для скоропортящихся продуктов, таких как фрукты, овощи, мясо и рыба [7].

В результате проведенных исследований разработана технология съедобного покрытия с антиоксидантными и антибактериальными свойствами на основе коллагенсодержащего сырья мяса птицы. Установлено, что перспективность применения съедобных покрытий подтверждается устойчивым ростом мирового и российского рынков упаковочных материалов данного типа. На основании экспериментальных исследований определены оптимальные параметры ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья с использованием алкалазы в количестве 0,3 % к массе сырья при температуре 52 °С в течение 5 часов. Показано, что применение низкочастотной кавитационной обработки фосфатного буфера позволяет сократить продолжительность процесса гидролиза на 60 минут[2].

Разработан алгоритм получения съедобного покрытия с использованием ЭС «МультМит Эксперт» для подбора оптимального соотношения рецептурных ингредиентов. Для обеспечения антибактериальных и антиоксидантных свойств предложено применение смеси эфирных масел чеснока, розмарина, олеорезина имбиря и диацетата натрия, что позволяет повысить функциональные свойства разработанного покрытия и расширить перспективы его практического применения в пищевой промышленности.

Особую актуальность данная технология имеет для стран с тропическим климатом, в частности для Индонезии, где проблема сохранности пищевых продуктов стоит особенно остро. Применение съедобных покрытий способствует повышению качества продукции, снижению потерь и развитию устойчивых технологий в агропродовольственном секторе.

Библиографический список

1. Kong, X., etal. Alginate-Based Films andCoatingsfor Food Packaging Applications // FrontiersinChemistry. 2020. - Т. 8. - С. 123.

2. Разработка технологии пищевого покрытия с антиоксидантными и антибактериальными свойствами / О. Н. Красуля, Д. Г. Тинамбунан, А. В. Жевнеров [и др.] // Мясная индустрия. – 2025. – № 6. – С. 36-40. – DOI 10.37861/2618-8252-2025-06-36-40.

3. Анализ обеспеченности российского рынка упаковочными пластиками [Электронный ресурс] // Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – 2023.

4. PutriAuliaRahmawati, DhiannisaMuthiAmmaraDewi, MuhammadLuthfiFauzanHanif. PemanfaatanEdible Film

danEdibleCoatingSebagaiEcoFriendlyPackagingPenggantiKemasanSintetis. Agrifoodtech, vol. 3, no. 1, pp. 9–21, Jul. 2024, doi: 10.56444/agrifoodtech.v3i1.1535.

5. Зинина О.В. Научно-практическое обоснование ферментации мясного сырья с высоким содержанием коллагена / О.В. Зинина - Челябинск, 2022.

6. Тинамбунан, Д. Г. Проектирование состава съедобного покрытия с антибактериальным и антиокислительным эффектом с использованием экспертной системы «Мультимит Эксперт» / Д. Г. Тинамбунан // Управление рисками в АПК. – 2024. – № S3(53). – С. 471-473.

7. Гурьева К. Б., Солдатова С. Ю. Исследования периода индукции мясных консервов на приборе Oxitest // Бюллетень науки и практики. 2023. №9.

УДК 665.52

ЛИНАЛООЛ КАК КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА КОРИАНДРА

Кирилл Олегович Дмитриев *- аспирант кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kirill_dmitriiev_00@mail.ru*

Научный руководитель: Нугманов Альберт Хамед-Харисович *- профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nugmanov@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье показано, что линалоол является ключевым компонентом, формирующим аромат и биологическую активность масла. Рассмотрены факторы, влияющие на его накопление (сортовые особенности, методы экстракции). Обоснована необходимость контроля массовой доли линалоола как маркера подлинности и стабильности качества.*

Ключевые слова: *кориандр, эфирное масло, линалоол, терпеновый спирт, качество сырья, аромат, биологическая активность, экстракция, контроль качества.*

Кориандр посевной (*Coriandrumsativum* L.) – одна из древнейших и наиболее распространённых эфиромасличных культур, возделываемая во многих регионах мира, включая Россию (рис. 1). Основным продуктом переработки плодов кориандра является эфирное масло, которое благодаря уникальному аромату и широкому спектру биологической активности находит применение в пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической отраслях промышленности [1].

Рис. 1 – Кориандр посевной и его семена (фото из открытых источников)

Химический состав эфирного масла кориандра насчитывает более 40 компонентов, однако именно линалоол (3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол) занимает доминирующее положение, составляя, согласно требованиям ГОСТ ISO 3516-2018, не менее 65% от общего объёма масла высшего сорта. Этот терпеновый спирт не только формирует характерный цветочно-фруктовый оттенок аромата, но и обеспечивает антимикробные, противовоспалительные и седативные свойства масла.

Несмотря на очевидную значимость линалоола, его содержание в готовом продукте варьируется в широких пределах под влиянием ряда факторов: сортовых особенностей, условий выращивания, а также методов экстракции и последующей обработки сырья. В связи с этим возникает необходимость систематизации знаний о факторах, влияющих на накопление линалоола, и обосновании контроля его массовой доли как ключевого показателя качества эфирного масла кориандра.

Цель настоящей работы – показать, что линалоол является ключевым компонентом химического состава эфирного масла кориандра, определяющим его аромат и биологическую активность, а также проанализировать основные факторы, влияющие на содержание линалоола в готовом продукте.

Химический состав эфирного масла кориандра и роль линалоола

Эфирное масло плодов кориандра представляет собой сложную многокомпонентную систему, в которой идентифицировано более 40 соединений. Основную долю составляют кислородсодержащие терпеноиды (65–75%), среди которых доминирует линалоол (рис. 2). Остальная часть приходится на углеводороды (α-пинен, γ-терпинен, камфен, лимонен и др.), а также на сесквитерпены и их оксипроизводные [2]. Именно линалоол (3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол) является наиболее ценным компонентом с коммерческой и биологической точек зрения. Его массовая доля в масле высшего сорта, согласно ГОСТ ISO 3516-2018, должна быть не менее 65%, в то время как в масле первого сорта допускается содержание 60–65%.

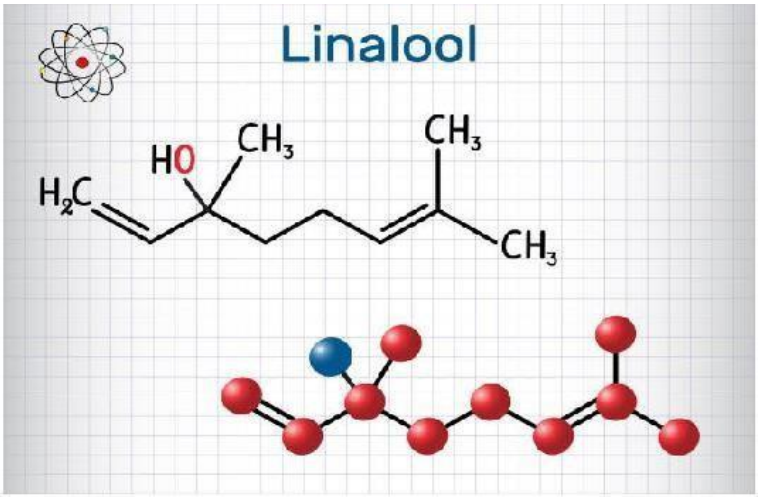


Рис. 2 – Химическая формула линалоола (информация из открытых источников)

Линалоол обладает мягким цветочно-фруктовым ароматом с древесными нюансами, что делает его незаменимым фиксатором запаха в парфюмерных композициях. Кроме того, исследования подтверждают его антимикробную активность в отношении грамположительных бактерий (*Staphylococcusaureus*, *Bacillussubtilis*) и некоторых грибов рода *Candida*, а также противовоспалительное и анксиолитическое действие [3].

Факторы, влияющие на накопление линалоола

Содержание линалоола в эфирном масле кориандра не является постоянной величиной и зависит от комплекса факторов.

*Сортовые особенности.*Различные сорта кориандра демонстрируют значительные различия по содержанию линалоола. Согласно данным коллекционных исследований ВИР,

среднее значение составляет около 68%, однако отдельные образцы могут варьироваться от 58 до 74% [4]. Селекция на повышенное содержание линалоола является перспективным направлением.

*Агротехнические условия.*Температурный режим в период вегетации, влажность почвы и уровень инсоляции влияют на биосинтез терпеноидов. Умеренно тёплый климат с достаточным увлажнением способствует накоплению кислородсодержащих компонентов, тогда как засуха или избыток азотных удобрений могут приводить к снижению доли линалоола и росту доли углеводородов [5].

*Метод экстракции.*Наиболее распространённым промышленным способом получения эфирного масла кориандра является гидродистилляция. Однако термическое воздействие (длительное кипячение) может вызывать частичную деструкцию линалоола и его изомеризацию. Альтернативой служит сверхкритическая CO_2-экстракция, проводимая при температурах 31…40°C и давлении 8…30 МПа. Этот метод позволяет получить экстракт с содержанием линалоола до 71…73%, а также извлечь дополнительные липиды и кумарины, повышающие биологическую ценность продукта [6].

Практическое значение контроля линалоола

Контроль массовой доли линалоола необходим не только для подтверждения соответствия стандарту, но и для выявления фальсификации. Снижение содержания линалоола ниже 60% часто свидетельствует о разбавлении масла дешёвыми углеводородными фракциями (например, из цитрусовых или хвойных пород). Отношение линалоол/α-пинен является удобным диагностическим признаком подлинности. Таким образом, аналитический контроль (например, методом газовой хроматографии) должен быть обязательным этаном при приёмке и сертификации эфирного масла кориандра.

Линалоол является ключевым компонентом эфирного масла кориандра, определяющим его аромат и биологическую активность. Его содержание зависит от сорта, условий выращивания и метода экстракции: сверхкритическая CO_2-экстракция обеспечивает более высокую концентрацию линалоола (71…73%) по сравнению с гидродистилляцией (63…65%). Контроль массовой доли линалоола необходим как маркер подлинности и качества масла. Перспективным направлением является селекция сортов с содержанием линалоола выше 70%.

Библиографический список

1. Раджабов Г. К. и др. Эфирное масло кориандра посевного (Coriandrumsativum L.) — ценное сырье для пищевой промышленности // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов. — 2019. — С. 201-202.
2. Дмитриев К.О. и др. Сравнительный анализ выхода и химического состава эфирного масла из плодов кориандра посевного // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2025. – Т. 74. – №. 4. – С. 16-24.
3. Хайтович А. Б., Мукосий Л. А. Антимикробное действие эфиромасличных культур //Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений. – 2022. – С. 87-103.
4. Прахова Т. Я. Скрининг сортов кориандра посевного по продуктивности плодов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – №. 1. – С. 78-80.
5. Скиба А. В., Кривда С. И., Кравченко Г. Д. Результаты сравнительного изучения различных сортов кориандра посевного (CoriandrumSativum L.) в предгорной зоне Республики Крым // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2020. – №. 21 (184). – С. 33-46.
6. Рябоконева Л. А. и др. Сверхкритическая экстракция как метод получения эфирного масла кориандра посевного с повышенным содержанием линалоола //Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2025. – Т. 28. – №. 4/2. – С. 632-642.

УДК 664.95

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В КОНСЕРВИРОВАНИИ РЫБНОГО СЫРЬЯ

***Куприй Анастасия Сергеевна**, к.т.н., ассистент кафедры технологии хранения и переработки продукции животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kupriy@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** Сохранение качества рыбного сырья требует поиска новых подходов технологии подготовки, обработки и переработки с использованием современных методов пролонгации срока годности.*

***Ключевые слова:** подмораживание, качество, рыба, продукты питания, криоскопия*

Рыба, выловленная в естественной среде обитания является высокобелковым сырьём, обладающим биологически ценными жирнокислотным и минеральным составами. Биологическая ценность рыб связана с высокой ферментативной активностью сырья, в значительной степени проявляющейся в процессе автолитических процессов, что вызывает риск микробиологической порчи. Такие особенности рыбного сырья делают необходимым его консервирование или переработку в кратчайшие сроки после вылова.

Традиционные методы консервации, включающие механизмы быстрого охлаждения или замораживания, обеспечивают подавление микробиологической активности, однако зачастую связаны с неблагоприятными последствиями в процессе дефростации влияющей на органолептические характеристики и пищевую ценность сырья.

В настоящее время становится актуальным развивать исследования в сфере индивидуализированных и технологически обоснованных решений, соответствующих специфике рыбной продукции и экономической эффективности индустрии.

В мире растёт количество исследований изучающих нетермические подходы, направленные на достижение микробиологической безопасности и замедление ферментативных процессов без применения высоких температур [4, 5]. Среди них выделяются методы обработки под высоким гидростатическим давлением, технологии использования низкотемпературной плазмы, гамма-облучение, а также модернизация упаковки - в том числе модифицированная атмосферная среда, съедобные покрытия и наноструктурированные слои, способные обеспечить барьерные свойства и продлить свежесть.

Важную роль играют природные антиоксиданты и биополимеры, препятствующие окислению липидов и сохранению дегустационных качеств. Однако внедрение этих технологий сталкивается с рядом ограничений: окисление липидных компонентов, изменение вкусовых характеристик, проблемы масштабируемости и коммерциализации.

Существуют альтернативные термические технологии, сверхнизкотемпературное охлаждение, подмораживание, замораживание и криогенная заморозка. Методы холодильной обработки способны обеспечить продление продукта срока годности до 180 суток и более.

Научные коллективы многих стран отмечают вариабельность использования метода подмораживания для сырья животного и растительного происхождения [1, 3, 6].

Подмораживание представляет собой метод хранения рыбы при криоскопической температуре, которая на 1-2°C ниже точки замерзания тканевого сока, что позволяет значительно замедлить автолитические и микробиологические процессы [2, 7]. Основной принцип подмораживания заключается в том, что продукт остаётся визуально незамороженным, хотя в структуре тканей начинают образовываться ледяные кристаллы. Этот процесс приводит к частичному замораживанию воды, образованию небольшого

количества кристаллов льда внутри тканей, на поверхности продукта формируется тонкий слой льда [1, 2].

В 2001 году ФАО определила подмораживание как «равномерное снижение температуры рыбы до уровня, чуть ниже того, который достигается при таянии льда», а именно около -2,2 °С, с поддержанием заданной температуры, при которой примерно половина содержащейся в рыбе воды заморожена. Чтобы предотвратить денатурацию белка, необходимо быстрое снижение температуры рыбы с 0 °С до - 5 °С в течение двух часов. Именно в диапазоне температур от - 1°С до - 4°С обеспечивается замерзание только части воды, что помогает предотвратить образование ледяных кристаллов в мышечных тканях и сохраняет качество сырья[1, 2].

При подмораживании способность рыбы поглощать тепло остаётся стабильной до и после уравновешивания температуры, но распределение температуры внутри продукта после выравнивания становится более равномерным.

Подмораживание может стать более эффективным решением для дальних перевозок, помогая сохранять свежесть продукции на протяжении длительного времени. Процесс позволяет доставлять большие объёмы высококачественной продукции, снижая энергопотребление и транспортировочные единицы, поскольку мелкокристалический лёд внутри клеток обеспечивает тепловую инерцию.

Исследования показывают, что подмораживание позволяет эффективно сохранять высококачественную рыбу, снижая количество потерь влаги, нивелировать структурные изменения тканей при хранении по сравнению с традиционным замораживанием [1].

Филе лососёвых при температуре подмораживания -2°С может сохранять структуру и качество близкие к свежей до десяти дней. Анализ качества филе форели на десятые сутки хранения доказали целесообразность использования метода подмораживания [2, 3].

В процессе хранения с использование метода подмораживания важно поддержание постоянной температуры для минимизации образования больших кристаллов льда и оптимального соотношенияих в мышечной ткани, но в промышленных условиях это не всегда осуществимо.

Таким образом, поддержание свежести и качества рыбной продукции возможны с расширением знаний о процессе подмораживания и установления криоскопических температур для разных видов рыбы, что в перспективе применимо для хранения рыбной продукции. Эти меры направлены на мониторинг качества продукции и выработку стратегий сохранения, направленных на поддержание качества рыбы.

Библиографический список

1. ArkhipovL. etal. Change of qualitative characteristics of deep-chilled rainbow trout fillet with a given amount of ice water (no more than 40%) during its long-term storage //International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. - 2020. - Т. 20. - №. 6.1. - С. 191-197.

2. Change of qualitative characteristics of deep-chilled rainbow trout fillet with a given amount of ice water (no more than 40%) during its long-term storage / L. Arkhipov, E. Kharenko, N. Yarichevskaya [et al.] // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena, Bulgaria, 18–24 августа 2020 года. Vol. 6.1. – Sofia: Общество с ограниченной ответственностью СТЕФ92 Технолоджи, 2020. – P. 191-198. – DOI 10.5593/sgem2020/6.1/s25.025.

3. Kitanovski, V.; Popovska, O. Extending the Shelf Life of Rainbow Trout via Applying Cold Treatment Processes: A Review. Horiz.-Int. Sci. J. Ser. B 2020, 7, 37–50.

4. Kupriy, A. S. Scientific rationale of ingredients choice for functional fish pastes / A. S. Kupriy, N. I. Dunchenko, E. S. Voloshina // Theory and Practice of Meat Processing. – 2021. – Vol. 6, No. 1. – P. 66-77. – DOI 10.21323/2414-438X-2021-6-1-66-77.

5. Куприй, А. С. Управление качеством при производстве рыбных продуктов с функциональными ингредиентами / А. С. Куприй, Н. И. Дунченко // Безопасность и

качество сельскохозяйственного сырья и продовольствия : Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 16 декабря 2020 года. – Москва: ЭйПиСиПаблишинг, 2020. – С. 295-298.

6. Научное обоснование возможности использования столовой моркови как источника функциональных пищевых ингредиентов для производства рыбного паштета / А. С. Куприй, С. А. Масловский, П. С. Харитонова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 8. – С. 27-30. – DOI 10.52653/PPI.2023.8.8.005.

7. Технический регламент Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции"(ТР ЕАЭС 040/2016).

УДК 664:004

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВНЕШНЕГО ВИДА 3D-ПЕЧАТНЫХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

***Мартеха Александр Николаевич**, к.т.н., доцент кафедры процессы и аппараты перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,*
e-mail: man6630@rgau-msha.ru
***Копытин Роман Игоревич**, аспирант кафедры процессы и аппараты перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,*
e-mail: romyxki@gmail.com

***Аннотация:** Статья посвящена актуальной проблеме отсутствия нормативно-технической документации для органолептической оценки пищевых продуктов, полученных методом 3D-печати. Существующие стандарты ориентированы на изделия традиционного формования (штампование, экструзия, отсадка) и не учитывают специфику аддитивных технологий.*

***Ключевые слова:** пищевая3D-печать, внешний вид, органолептическая оценка.*

В настоящее время система нормативно-технической документации в области органолептической оценки пищевых продуктов ориентирована на изделия, полученные традиционными способами формования (штампование, экструзия, отсадка). Стандарты, регламентирующие органолептические показатели полуфабрикатов, содержат требования к внешнему виду, цвету, запаху, консистенции, но не учитывают специфические особенности изделий, сформированных методом 3D-печати [1].

Для продукции, полученной методом 3D-печати, в настоящее время не разработаны нормативные документы, определяющие номенклатуру органолептических показателей и методы их оценки. Это обусловливает необходимость создания специализированной методики, учитывающей как традиционные подходы к органолептической оценке пищевых продуктов, так и специфические, относящиеся к 3D-печати [2].

На основании системного анализа литературных источников, изучения методик органолептической оценки изделий, сформованных традиционными методами, а также с учетом собственного опыта пищевой 3D-печати[3], были определены четыре ключевых критерия, определяющих их внешний вид.

Геометрическое подобие – визуальное сходство напечатанного изделия с заданной 3D-моделью, при котором форма объекта легко узнается и соответствует ожидаемому образу. Данный критерий является базовым для пищевой 3D-печати, поскольку основное преимущество технологии заключается в возможности воспроизведения сложных и

эстетически значимых форм. Отклонения, не нарушающие общее восприятие и идентификацию объекта (например, незначительное изменение размеров или легкое оплывание контуров), допустимы и не считаются браком. Нарушение подобия (сильное искажение, потеря узнаваемости) свидетельствуют о нарушении режимов печати (недостаточное или избыточное количество материала, неверная траектория и др.)[4].

Формоустойчивость – способность изделия сохранять заданную геометрию после завершения печати и в процессе кратковременной выдержки до термической обработки. Для вязкопластичного материала этот показатель критически важен, поскольку недостаточная структурная прочность может привести к «расплыванию» изделия под собственным весом.

Детализация исполнения – разрешение нитей и структурных элементов, сформированных в процессе 3D-печати. Данный критерий специфичен именно для аддитивных технологий и отражает качество межслойной адгезии и стабильность экструзии. Оптимальный рельеф свидетельствует о правильно подобранном соотношении параметров печати. При повышении этого показателя становятся возможно выполнять более сложные модели с мелкими деталями.

Состояние поверхности – наличие или отсутствие видимых дефектов: наплывов (избыточная подача материала), разрывов нити (недостаточная подача), порозности, неоднородностей. Состояние поверхности является интегральным показателем стабильности процесса экструзии.

Оценка каждого критерия проводится методом экспертной оценки с использованием десятибалльной шкалы. Выбор десятибалльной системы обусловлен необходимостью более тонкой дифференциации показателя, что особенно важно при оптимизации технологических параметров [5].

Поскольку рассматриваемые критерии неравнозначно влияют на общее восприятие внешнего вида изделия, для расчета комплексного показателя внешнего вида сформованных изделий использовались коэффициенты весомости.Коэффициенты весомости были определены экспертным путем.

Геометрическое подобие (коэффициент 0,35) – является основополагающим показателем, поскольку именно возможность точного воспроизведения заданной формы составляет главное преимущество 3D-печати перед традиционными методами формования. Нарушение геометрии делает изделие непригодным для персонализированного питания, где важна точность дозирования и форма.

Состояние поверхности (коэффициент 0,2) – определяет товарный вид изделия и в значительной степени влияет на потребительское восприятие. Дефекты поверхности (наплывы, разрывы) наиболее заметны при визуальном осмотре и могут вызывать негативную реакцию потребителя.

Детальность исполнения (коэффициент 0,15) – является специфическим признаком аддитивного производства. Наличие четкого рельефа и хорошо различимых деталей модели свидетельствует о технологичности процесса, однако для некоторых категорий потребителей (геронтологическое питание, лица с нарушениями жевательной функции) излишне выраженный рельеф может не иметь значения [6].

Формоустойчивость (коэффициент 0,3) – важный технологический показатель, обеспечивающий возможность последующей термической обработки. Однако при оценке непосредственно после печати (до термообработки) его влияние на итоговый внешний вид изделия несколько ниже, чем геометрическое подобие.

В таблице 1 представлена разработанная шкала оценки с описанием уровней для каждого критерия.

Таблица 1

Критерии оценки внешнего вида изделий, сформованных методом 3D-печати

Баллы	Геометрическое подобие	Формоустойчивость	Детализация исполнения	Состояние поверхности
10	Полное соответствие заданной форме, отклонения отсутствуют	Изделие сохраняет форму, деформации отсутствуют	Четкий, равномерный рельеф по всей поверхности, хорошо различимы мелкие детали модели	Гладкая, однородная поверхность, дефекты отсутствуют
9–8	Незначительные отклонения (менее 5%), не нарушающие общее восприятие формы	Минимальная деформация основания (менее 3%)	Рельеф четкий, единичные детали модели плохо различимы	Единичные микронеровности, не снижающие товарный вид
7–6	Заметные отклонения (5–10%), форма узнаваема, но искажена	Заметная деформация (3–7%), изделие сохраняет целостность	Рельеф прослеживается, имеются участки с нечетко заметными мелкими деталями модели	Наличие мелких дефектов (наплывы/разрывы на отдельных участках)
5–4	Значительные отклонения (10–20%), форма трудно узнаваема	Существенная деформация (7–15%), изделие частично теряет форму	Рельеф слабо выражен, детали модели неразличимы на большей части поверхности	Множественные дефекты, ухудшающие товарный вид
3–1	Критические отклонения (>20%), форма не соответствует заданной	Критическая деформация (>15%), изделие расплылось	Рельеф отсутствует, детали модели не идентифицируются	Грубые дефекты по всей поверхности

Комплексный показатель оценки внешнего вида (О) с учетом коэффициента весомости каждого критерия рассчитывался по формуле:

$$О=0,35\cdot Б_{гп}+0,3\cdot Б_{фу}+0,15\cdot Б_{ди}+0,2\cdot Б_{сп} \quad (1)$$

где $Б_{гп}$ – оценка геометрического подобия, баллы;
$Б_{фу}$ – оценка формоустойчивости, баллы;
$Б_{рп}$ – оценка детальности исполнения, баллы;
$Б_{сп}$ – оценка состояния поверхности, баллы.

Максимальное значение комплексного показателя составляет 10 баллов, что соответствует изделию, полностью отвечающему требованиям по всем критериям. Напечатанное изделие с оценкой внешнего вида свыше 7 баллов считается приемлемым. Разработанная методика позволяет количественно оценивать внешнюю структуру изделий,

полученных методом 3D-печати, и использовалась при обосновании выбора пределов изменения параметров и их оптимизации при проведении процесса трехмерной печати [7].

Библиографический список

1. Определение рациональных параметров процесса 3D-печати изделий из куриного мяса / А. Н. Мартеха, Р. И. Копытин, В. В. Торопцев, Ю. Е. Каверина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2025. – № 5(94). – С. 3-8.

2. Мартеха, А. Н. Оценка экструдируемости куриного фарша при 3D-печати на основе численного моделирования / А. Н. Мартеха, Р. И. Копытин, Ю. Е. Каверина // Все о мясе. – 2026. – № 1. – С. 40-45.

3. Каверина, Ю. Е. Оценка пригодности пшеничного теста к экструзионной 3D-печати / Ю.Е. Каверина, В.В. Торопцев, А. Н Мартеха // Известия высших учебных заведений. Пищеваятехнология. – 2024. – № 5-6. – С. 112-117.

4. Rheological properties of mayonnaise with non-traditional ingredients / S.A. Bredikhin, A.N. Martekha, V.N. Andreev [et al.] // Food Processing: Techniques and Technology. – 2022. – Vol. 52, No. 4. – P. 739-749.

5. Оптимизация процесса прессования семян сафлора в ультразвуковом поле / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, А.Н. Мартеха, А.А. Берестовой // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 1(71). – С. 40-45.

6. Мартеха, А. Н. Моделирование процесса формования изделий из теста на основе пшеничной муки методом экструзионной 3D-печати / А. Н. Мартеха, В. В. Торопцев, Ю. Е. Каверина // Индустрия питания. – 2025. – Т. 10, № 3. – С. 79-87. – DOI 10.29141/2500-1922-2025-10-3-9.

7. Мартеха, А. Н. Оптимизация процесса экструзионной 3D-печати изделий из куриного фарша / А. Н. Мартеха, Р. И. Копытин, В. В. Торопцев // Все о мясе. – 2025. – № 3. – С. 53-58.

УДК 664.29

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БЕТА-ГЛЮКАНОВ ИЗ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Моисеев Степан Александрович, *аспирант кафедры "Технологии продуктов питания" ФГБОУ ВО "Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова;*
преподаватель кафедры пищевых технологий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», mioseevs@mail.ru
Неповинных Наталия Владимировна, *профессор кафедры "Технологии продуктов питания" ФГБОУ ВО "Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, nnepovinnykh@yandex.ru*

Аннотация: *В статье обоснованы перспективы использования бета-глюканов ярового ячменя в пищевойпромышленности. Представлены современные методы интенсификации экстракции, включая фракционирование, физико-химические воздействия и ферментативную очистку. Разработана технология получения бета-глюкана из ярового ячменя методом распылительной сушки.*

Ключевые слова: *яровой ячмень, бета-глюканы, экстракция, очистка, пищевые ингредиенты.*

Перспективы внедрения интенсифицированных технологий получения бета-

глюканов обусловлены растущим спросом на функциональные ингредиенты. Сухой экстракт бета-глюканов может применяться в производстве обогащённых пищевых продуктов для снижения уровня холестерина и гликемического индекса, в косметических средствах для увлажнения и замедления процессов старения кожи, а также в фармацевтических композициях для ускорения заживления ран.

Яровой ячмень является классической зерновой культурой для многих природно-климатических зон России, пригодных для земледелия. Зерно ячменя богато рядом нутриентов и биологически активных веществ, среди которых можно отметить витамины, минералы, крахмальные фракции, белки и пищевые волокна [1].

Бета-глюканы характеризуются как растворимые пищевые волокна, представляющие собой неоднородную по химическому строению группу некрахмальныхгомополисахаридов, мономерами которых являются молекулы D-глюкозы. Молекула состоит из остова, основанного на β-гликозидных связях; у бета-глюканов злаковых культур остов состоит из смешанных β-1,3 и β-1,4 связей. Локализуются бета-глюканы в клеточных стенках зерновых культур, входя в состав целлюлозной матрицы[2].

Перспективным данный компонент делают прежде всего его свойства. Способность бета-глюканов образовывать вязкие гели открывает перспективы использования бета-глюканов для влияния на структурно-механические свойства. Способность снижать гликемическую активность продуктов питания, а также обладать пробиотической активностью в совокупности с иммуномодулирующим потенциалом делает бета-глюканы ценными как для пищевой промышленности, так и для фармацевтики, медицины, косметологии и ряда смежных областей промышленности [3].

Цель работы – анализ современных способов интенсификациипроцессов экстрагирования бета-глюканов из ярового ячменя.

Материалы и методы исследования – поиск и анализ научно-технической литературы по выбранной теме с последующим обобщением информации. Поиск проводился по иностранным журналам издательства Elsevier, входящим в библиографическую базу Scopus и издательства MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), а также по материалам, доступным в ResearchGate.

Сырьём для получения бета-глюканов злаковых культур является основная продукция зерновых культур – зерновки. В строении зерновки ярового ячменя наиболее богатыми бета-глюканами частями являются алейроновый, субалейроновый слои и эндосперм. В отличие от овса, где бета-глюканы в основном находятся только в алейроновом и субалейроновом слое. В технологии получения бета-глюканов используется мука ярового ячменя, а также отруби и различные фракции измельчённого зерна. При этом измельчение и фракционирование позволяет как повысить интенсивность процессов экстракции за счёт снижения размера частиц, так и выделить наиболее богатые бета-глюканами фракции [4, 5].

Извлечь злаковые бета-глюканы из целлюлозной матрицы можно за счёт их способности растворяться в воде и водных растворах. Однако получить изолят бета-глюканов является сложной задачей ввиду большого количества схожих по свойствам компонентов: в экстракт выходят вещества, относящиеся к крахмальной фракции, свободные сахара, гидрофильные белки и прочие растворимые компоненты. При этом целлюлозная матрица даже в измельчённом сырье во многом сохраняет свою внутреннюю структуру, что может затруднять процесс перехода бета-глюканов в экстрагент. Воздействия, способные влиять на целостность целлюлозной матрицы в процессе экстракции, способны повысить интенсивность её протекания. Тут можно отметить температуру и давление, при которых протекает экстракция, pH экстрагента и его химический состав, действие ферментных систем, физическое и механическое воздействие. Подбор наиболее эффективных параметров данных воздействий и их комбинация способны обеспечить синергетическое воздействие, направленное на повышение интенсивности протекания экстракции бета-глюканов [4].

Отделить экстракт бета-глюканов от измельчённого зерна ярового ячменя и очистить от балластных фракций растворимых компонентов, снижающих чистоту экстракта, – это важнейший этап получения бета-глюканов. Первичный этап – это очистка от механических примесей фильтрацией или центрифугированием, что позволяет отделить основную массу измельчённого зерна, нерастворимые остатки и крупные взвешенные частицы и подготовить экстракт к дальнейшей более тонкой обработке [6, 7].

Удаление каждой из балластных фракций, находящихся в экстракте, требует применения способов, основанных на свойствах каждой из балластных фракций. Среди основных методов можно выделить ферментативную очистку, когда в экстракт добавляют ферментные системы: амилазы и протеазы, катализирующие ферментный гидролиз соответствующих компонентов, с последующей инактивацией ферментных систем термической обработкой. Также могут применяться химические методы очистки с использованием реактивов, способствующих выделению в осадок балластных фракций. Применяется термическое воздействие для инактивации внутренних ферментных систем, в частности β-глюканаз, которые при сохранении активности могут разрушать целевой полисахарид и снижать его молекулярную массу, что негативно сказывается на функциональных свойствах [8].

Процесс получения из водного экстракта сухого экстракта может включать в себя этап выделения бета-глюканов в виде осадка с последующей его сушкой, что достигается за счёт осаждения спиртом, или применение технологии сушки жидкого экстракта. Каждая методика имеет свои плюсы и минусы: осаждение спиртом, кроме отделения осадка, работает ещё как дополнительный этап очистки, оставляя в надосадочной жидкости компоненты, которые не осаждаются спиртом, тем самым повышая концентрацию бета-глюканов в сухом экстракте. Использование технологии сушки жидкого экстракта является менее трудоёмкой задачей, однако требует значительно более серьёзного этапа очистки водного экстракта. Наиболее перспективными являются методы сушки, позволяющие быстро получать сухой экстракт в мелкодисперсной порошкообразной форме. Она обеспечивает удобство дозирования, стабильность при хранении и совместимость с различными рецептурами пищевых продуктов, косметических средств и фармацевтических композиций [7].

Нами разработана технология получения бета-глюкана из ярового ячменя,включающаяизмельчение зерна, водную экстракцию, инактивацию ферментных систем и высушивание водного экстракта распылительной сушкой.Нами применялись следующие приёмы интенсификации: фракционирование измельчённого зерна, физическое и механическое воздействие на экстракционную смесь в процессе экстрагирования, а также применение нескольких циклов экстракции. Результатом разработанной технологии являлсяоднородный сухой экстракт в виде мелкодисперсного порошка кремового цвета (рисунок 1).

Рис. 1 Внешний вид сухого экстракта бета-глюкана

Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию режимов очистки и сушки для обеспечения высокого выхода целевого продукта и сохранения высокой молекулярной массы полисахарида.

Библиографический список

1. Пономарев А. С., Пастушкова Е. В. Способ получения β-глюкана из ячменя // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 24 апр. 2024 г. – Екатеринбург: Уральский гос. экон. ун-т, 2024. – С. 32–38.

2. Beta-glucan: An overview in biological activities, derivatives, properties, modifications and current advancements in food, health and industrial applications / G. I. Edo, W. Ndudi, R. S. Makia [et al.] // Process Biochemistry. – 2024. – V. 147. – P. 347–370. – DOI: 10.1016/j.procbio.2024.09.011.

3. Beta-Glucan as a Soluble Dietary Fiber Source: Origins, Biosynthesis, Extraction, Purification, Structural Characteristics, Bioavailability, Biofunctional Attributes, Industrial Utilization, and Global Trade / A. Singla, O. P. Gupta, V. Sagwal [et al.] // Nutrients. – 2024. – V. 16, № 6. – Art. 900. – DOI: 10.3390/nu16060900.

4. Справочникпогидроколлоидам / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс (ред.) ; пер. сангл. подред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с. – ISBN 5-98879-033-X.

5. Гематдинова В. М., Канарская З. А., Канарский А. В. Потенциальные возможности промышленного производства и перспективы расширения ассортимента продуктов питания, обогащённых β-глюканом // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2021. – № 2(50). – С. 82–100. – DOI: 10.25686/2306-2827.2021.2.82.

6. Du, B. β-Glucan extraction from bran of hull-less barley by accelerated solvent extraction combined with response surface methodology / B. Du, F. Zhu, B. Xu // Journal of Cereal Science. – 2014. – V. 59(1). – P. 95–100. – DOI: 10.1016/j.jcs.2013.11.004.

7. Benito-Román, Ó. Ultrasound-assisted extraction of β-glucans from barley / Ó. Benito-Román, E. Alonso, M. J. Cocero // LWT - Food Science and Technology. – 2013. – V. 50(1). – P. 57–63. – DOI: 10.1016/j.lwt.2012.07.006.

8. Limberger-Bayer, V. M. Barley β-glucans extraction and partial characterization / V. M. Limberger-Bayer, A. de Francisco, A. Chan [et al.] // Food Chemistry. – 2014. – V. 154. – P. 84–89. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.12.104.

УДК 637.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИМИТАЦИОННОГО ШПИКА

Муханбетова Ильмира Руслановна *- аспирант кафедры технологические машины и оборудование, ФГБОУ ВО Астраханский государственный технический университет, mukhanbetova.ir@gmail.com*

Научный руководитель: Нугманов Альберт Хамед-Харисович *- профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nugmanov@rgau-msha.ru*

Аннотация:*В работе рассматриваетсявозможность использования говяжьего рубца в качестве сырья для производства имитационного шпика. На основе анализа*

информационных источников показано, что субпродукты содержат 15 – 25 % животного белка, при этом они обладают положительным физиологическим эффектом.

Ключевые слова: *говяжий рубец, имитационный шпик, субпродукты, животный белок, вторичные ресурсы, коллаген*

В современных экономических условиях рационализация производства является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса. Ключевое значение в ее решении принадлежит глубокой переработке продукции животноводства, что позволяет повысить эффективность использования сырья, а также увеличить добавленную стоимость готовых изделий и снизить экологическую нагрузку за счет минимизации отходов. Вместе с тем, несмотря на очевидный экономический потенциал, внедрение технологий более полной и глубокой переработкисубпродуктов на пищевые целисдерживается рядом факторов:существующим мнением об их низкой нутрициологическойценности, недостаточной эффективностью применяемых в отрасли технологий переработки данного вида сырья[1, 2].

Исследования химического состава субпродуктов свидетельствуют оналичии в них значительных ресурсов животного белка. Так, в селезенке, легких, рубце и сычуге его содержание составляет 15 –19 %, в ушах и губах – 21 – 25 %. Доля полноценного белка при этом вырьируется, причем в селезенке она составляет 13,2 %, а в легких достигает 10 %.

Наиболее высокое содержание коллагена характерно для рубца, где доля соединительнотканных (неполноценных) белковдостигает 50% от общего содержания белка [3].

Уточнение роли соединительнотканных белков, в частности коллагена, в питании обусловливает актуальность расширенного использования вторичных ресурсов мясоперерабатывающей промышленности для пищевых целей. Распространенное представление о том, что наибольшую пользу представляют мясные продукты с минимальным содержанием соединительнотканных белков, в настоящее время признано несостоятельным. Однако,этот вид белков характеризуется несбалансированным аминокислотным профилем и полным отсутствием триптофана и цистина. Низкая активность пищеварительных ферментов по отношению к коллагену, эластину и ретикулину снижает степень их усвояемости в организме. Вместе с тем, установлен ряд положительных эффектов, свойственных мясным изделиям с высоким содержанием соединительных ткани. Продукты деградации коллагена (глютин, желатин и др.) проявляют свойства пищевых волокон, стимулируя сокоотделение и перистальтику кишечника, а также благоприятно воздействуют на состояние и функцию полезной микрофлоры. В этой связи, все более востребованным становится создание продуктов на коллагеновой основе, особенно, в комбинации с мышечными белками, что способствует повышению показателя чистой утилизации белков [4, 5].

В настоящее время, в мясоперерабатывающей отрасли наблюдается дефицит шпика, что обусловливает необходимость применения имитационного шпика и частичной замены мясного сырья функциональными эмульсиями. Дефицит жирового сырья стимулирует производителей к созданию технологических препаратов, имитирующих натуральный шпик и улучшающих качество готовых изделий. Основными требованиями являются более низкая себестоимость, повышениефункционально–технологических показателей (термостабильность, усилие среза, водо– и жироудерживающая способность, адгезия к фаршу), а также снижение содержания насыщенных животных жиров за счет растительных масел [6].

Для выбора сырьевой основы в технологии имитационного шпика целесообразно использование субпродуктов, обладающих высоким выходом при убое и низкой стоимостью.

В таблице представлены нормы выхода продукции при первичной переработке скота, позволяющие оценить ресурсную базу различных видов субпродуктов.

Таблица

Нормы выходов продукции при первичной переработке скота [7]

Наименование продукции	Выход в % к живой массе скота		
	Крупный рогатый скот	Свиньи	
		в шкуре	без шкуры
Туша	48,00	69,00	62,00
Голова (без ушей, калтыка, языка и рогов)	3,02	4,96	4,45
Уши	0,12	0,44	0,39
Язык (с калтыком)	0,40	0,46	0,41
Вымя (межсосковая часть)	0,33	-	0,40
Ливер (сердце, легкие, трахея, печень, диафрагма)	2,50	2,70	2,46
Рубец (без содержимого)	1,70	-	-
Сычуг	0,37	-	-
Желудок (без содержимого)	-	0,84	0,77
Мясная обрезь, диафрагма, срезки мяса с языков	1,03	0,97	0,87
Ноги с копытами	2,12	1,76	1,63
Мясокостный хвост	0,15	0,07	0,06
Мясо пищевода	0,11	0,09	0,08
ИТОГО	12,12	12,55	11,76

Как следует из данных таблицы, выход рубца у крупного рогатого скота составляет 1,70 % к живой массе, что является одним из наиболее высоких показателей среди субпродуктов II категории (уступая только ливеру). Учитывая,что содержание белка в рубце составляет 15 – 19 % и на долю коллагена приходится до 50 % от общего содержания белка, а также его невысокую стоимость, можно сделать вывод, что говяжий рубец представляет собой перспективное сырье для мясной промышленности.

Таким образом, использование вторичных ресурсов от первичной переработки скота (например, говяжьего рубца) в качестве сырьевого ингредиента при производстве имитационного шпика является экономически целесообразным, поскольку позволяет снизить себестоимость конечного продукта без существенной потери функциональных свойств, а также способствует более полной и рациональной переработке животного сырья, то есть минимизации отходов и повышению общей эффективности производства.

Библиографический список

1. Лебедева, Л. И. Субпродуктовые смеси как ингредиенты для колбасного производства / Л. И. Лебедева, В. В. Насонова, М. И. Веревкина // Все о мясе. – 2015. – № 3. – С. 8-11.

2. Будаева, А. Е. Модификация коллагенсодержащего сырья для применения его в производстве мясопродуктов / А. Е. Будаева, Б. А. Баженова, А. М. Данилов // Все о мясе. – 2015. – № 1. – С. 31-35.

3. Лебедева, Л. И. Применение субпродуктов в колбасном производстве / Л. И. Лебедева, В. В. Насонова, М. И. Веревкина // Мясная индустрия. – 2013. – № 12. – С. 20-24.

4. Рахимова, С. М. Обоснование применения малоценных продуктов переработки мяса в производстве пищевых продуктов / С. М. Рахимова, Г. Т. Туменова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 11(73). – С. 63-65.

5. Сметанина, Л. Б. Научное обоснование рационального использования ферментированного коллагенсодержащего сырья для производства мясных консервов / Л. Б. Сметанина, Н. А. Косырев // Все о мясе. – 2008. – № 6. – С. 20-26.

6. Прянишников, В. В. Эмульсии и термостабильный иммитационный шпик в инновационных технологиях мясных продуктов / В. В. Прянишников // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 11-2(30). – С. 61-63.
7. Системы приемки убойных животных [Электронный ресурс]: материалы Studfile. — URL: https://studfile.net/preview/10776157/page:12/ (дата обращения: 16.04.2026)

УДК664:543.92.

ФЕНОМЕН ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОСТИ: ПОЧЕМУ КОФЕ И ЧАЙ МОНОПОЛИЗИРОВАЛИ ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНОГО АНАЛИЗА СРЕДИ СЫПУЧИХ СРЕД

Алексей Алексеевич Покопцев *- аспирант кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexey.pokoptsev@yandex.ru*
Научный руководитель: Нугманов Альберт Хамед-Харисович *- профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nugmanov@rgau-msha.ru*

Аннотация: *В статье рассматривается феномен исключительного положения кофе и чая среди сыпучих пищевых продуктов с точки зрения развитости технологий органолептического анализа.*

Ключевые слова:*органолептический анализ, сенсорные технологии, сыпучие пищевые продукты, кофе, чай, каппинг, Q-грейдер, дегустационные протоколы, терруар.*

Органолептический анализ традиционно является одним из наиболее доступных и информативных методов оценки качества пищевых продуктов (рис. 1). Однако степень разработанности его технологий существенно варьируется в зависимости от категории продукта. Среди сыпучих пищевых продуктов (мука, крупы, соль, сахар, крахмал, сухие смеси и др.) методы сенсорного анализа зачастую ограничиваются базовыми показателями: цвет, запах, вкус, консистенция – без глубокой дифференциации оттенков и дефектов. В то же время кофе и чай демонстрируют исключительный уровень развития органолептических технологий, включающий стандартизированные протоколы дегустации (каппинг, Q-грейдинг), количественные шкалы дескрипторов, атласы ароматов и сертифицированные сенсорные панели [1, 2, 3, 4, 5].

Данный феномен до сих пор не получил системного объяснения в научной литературе. В настоящей статье авторы ставят целью выявить причины, по которым кофе и чай монополизировали высокие технологии сенсорного анализа среди сыпучих сред, а также оценить возможность адаптации этих подходов для других продуктов. В работе проводится сравнительный анализ зрелости методик, рассматриваются экономические, культурные и технологические факторы, сформировавшие сложившуюся ситуацию.

Для начала необходимо уточнить, что понимается под «высокими технологиями» органолептического анализа. В случае кофе и чая речь идёт не просто о дегустации, а о формализованных, стандартизированных и воспроизводимых методиках, включающих [4, 6, 7]:

- подготовку проб (строгие параметры экстракции или заваривания);
- использование унифицированных дегустационных форм (протоколы SCA, TeaTaster’sFlavourWheel);
- количественную оценку интенсивности дескрипторов;
- выявление и классификацию дефектов;
- сертификацию экспертов (Q-грейдеры, чайные титестеры).

Ни один другой сыпучий пищевой продукт не имеет аналогичного по глубине инструментария. Ниже, на рисунке 2, представлено несколько фотографий из открытых источников, показывающих проведение органолептического анализа по отношению к кофе и чаю.

Рис. 1 – Органолептические методы и анализируемые показатели (информация из открытых источников)

Рис. 1 – Проведение органолептической оценки чая и кофе профессиональными дегустаторами (информация из открытых источников)

Первый блок причин – экономический. Кофе и чай являются высокомаржинальными биржевыми товарами, цена которых напрямую зависит от сенсорных характеристик. Аукционы SpecialtyCoffeeAssociation (SCA) и чайные аукционы в Кении, Индии или Шри-Ланке формируют цену на основе дегустационных оценок. Ошибка в органолептике может стоить миллионы долларов. Для муки, сахара или соли подобная зависимость отсутствует: их стоимость определяется в первую очередь массовой долей основного вещества, влажностью, зольностью, а не вкусовыми нюансами. Следовательно, экономическая мотивация для создания сложных сенсорных протоколов для большинства сыпучих продуктов минимальна.

Второй блок – наличие терруарной дифференциации. Кофе и чай, как продукты растительного происхождения, аккумулируют специфические соединения (терпены, алкалоиды, полифенолы, летучие ароматические вещества), состав которых сильно зависит от сорта, почвы, высоты произрастания и обработки. Это создаёт бесконечное разнообразие сенсорных профилей. Напротив, поваренная соль (NaCl), сахароза, очищенная мука – химически однородные вещества. Даже если они содержат примеси, их органолептика описывается 2…3 параметрами. Сложная сенсорная панель для таких продуктов избыточна.

Третий блок – культурно-исторический. Тысячелетние традиции чайных церемоний в Китае и Японии, а затем европейская культура кофеен сформировали запрос на тонкую дифференциацию вкуса. Дегустация кофе и чая стала ритуалом, искусством, профессией. Для сравнения, оценка качества крупы или муки никогда не имела подобного культурного ореола.

Четвёртый блок – технологические особенности экстракции. Кофе и чай употребляются в виде водных экстрактов, причём разные соединения переходят в раствор при разных температурах и времени заваривания. Это позволяет создавать многомерные дескрипторные профили (кислотность, тело, послевкусие). Большинство других сыпучих продуктов (мука, соль, сахар) употребляются либо как ингредиенты, либо в твёрдом виде, либо после термической обработки, что нивелирует тонкие различия. Крупы и макароны оцениваются по вкусу готового блюда, где сенсорный вклад самого продукта часто перебивается соусами и добавками.

Далее необходимо рассмотреть исключения. Например, для какао-порошка существуют элементы продвинутой органолептики, но они всё ещё уступают кофейным стандартам. Для специй (корица, ваниль, шафран) применяют оценку аромата, но без столь детализированных протоколов. В то же время для муки разработаны методы оценки «силы» клейковины и газоудерживающей способности – это физико-химические, а не сенсорные технологии.

Сравнительный анализ зрелости методик представлен в таблице 1, из которой видно, что кофе и чай лидируют по всем параметрам: наличие стандартизированных дескрипторных шкал, сертифицированных экспертов, количественных методов оценки дефектов, межлабораторной воспроизводимости. Для муки, круп, соли, сахара органолептический анализ в лучшем случае включает балльную оценку по 3…5 показателям без детализации оттенков.

Таблица 1

Сравнительный анализ зрелости методик органолептического анализа сыпучих продуктов

Критерий	Кофе / Чай	Другие сыпучие продукты (мука, крупы, соль, сахар)
Стандартизированный протокол подготовки пробы	Да (каппинг, ISO 3103)	Да (по ГОСТ, без сложной экстракции)
Развитая дескрипторная шкала (десятки терминов)	Да (FlavourWheel)	Нет (3–5 базовых показателей)
Количественная оценка дефектов	Да (баллы, шкалы SCA)	Частично (балльная оценка, но без градации оттенков)

Сертификация экспертов (Q-грейдеры)	Да	Нет
Атласы ароматов / эталоны	Да	Нет
Влияние на цену (аукционы)	Да	Нет

Таким образом, основная гипотеза статьи подтверждается: монополизация высоких сенсорных технологий кофе и чаем обусловлена уникальным сочетанием экономических, терруарных, культурных и технологических факторов. Адаптация этих подходов к другим сыпучим продуктам возможна лишь для отдельных позиций, обладающих достаточной сенсорной сложностью (например, некоторые сорта риса, оливки, какао), но потребует значительных инвестиций в стандартизацию и обучение экспертов. Для массовых сыпучих продуктов с низкой маржинальностью такие инвестиции экономически нецелесообразны.

Проведённое исследование подтвердило, что кофе и чай обладают уникальным для сыпучих пищевых продуктов уровнем развития органолептических технологий (каппинг, Q-грейдинг, дескрипторные шкалы, сертификация экспертов). Выделены четыре ключевых фактора, объясняющих эту монополизацию: экономический (высокая маржинальность, зависимость цены от дегустации), терруарный (биохимическое разнообразие), культурно-исторический (традиции дегустации как искусства) и технологический (экстракционный способ употребления).

Для других сыпучих продуктов (мука, крупы, соль, сахар) эти факторы отсутствуют или слабо выражены, что обусловливает примитивность их сенсорной оценки (3…5 базовых показателей). Адаптация кофейно-чайных подходов возможна лишь для отдельных сенсорно-сложных продуктов (какао, специи, премиальные крупы), но экономически нецелесообразна для массовых низкомаржинальных позиций.

Библиографический список

7. Жилинская Н. В. Органолептический анализ как один из аспектов повышения качества специализированной пищевой продукции // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87. – №. 5 приложение. – С. 182-183.
8. Никитина М. А., Ивашкин Ю. А. Компьютерная система сбора и оценки органолептических показателей качества пищевых продуктов // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ. — Санкт-Петербург. — 2019. — Т. 1. — С. 73.
9. Благовещенский И. Г., Назойкин Е. А., Татаринов А. В. Основы создания экспертных систем контроля качества пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий // Пищевая промышленность. – 2017. – №. 4. – С. 60-62.
10. Oh S. L. et al. Quality evaluation of various green tea by the physico-chemical analysis and organoleptic characteristics // Journal of the Korean Agricultural Chemical Society (Korea R.). – 1988. – Т. 31. – №. 3.
11. Martínez C V. M., Aristizábal T I. D., Moreno C E. L. Evaluation of the composition effect of harvested coffee in the organoleptic properties of coffee drink // Vitae. – 2017. – Т. 24. – №. 1. – С. 47-58.
12. Arisandi D. P. et al. Organoleptic quality analysis of Arabica coffee (Coffeaarabica L.) brews at different roasting levels // International Journal of Agricultural Industry and Food Technology. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 47-51.
13. Perera G. A. A. R. et al. Effects of raw material on the chemical composition, organoleptic properties, antioxidant activity, physical properties and the yield of instant black tea // LWT-Food Science and Technology. – 2015. – Т. 63. – №. 1. – С. 745-750.

УДК 658.8

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ МАРКИРОВКИ В СФЕРЕ АПК

***Резниченко Ирина Юрьевна**, д-р.техн.наук, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания ФГБОУ ВО КузГАУ им. В.Н. Полецкова, e-mail:irina.reznichenko@gmail.com*
***Донченко Татьяна Александровна**, аспирант, ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», e-mail: mta84@list.ru*

***Аннотация:** Инновационные технологии активно внедряются во все сферы агропромышленного комплекса, одной из задач инноваций в АПК является технологическое обновление и технологическое обеспечение продовольственной безопасности. Продовольственная безопасность рассматривается как совокупность свойств сельскохозяйственной продукции, сырья и продуктов питания и отсутствие недопустимого риска их использования.*

***Ключевые слова**:цифровая маркировка, сферы агропромышленного комплекса, «Честный знак», качество продукции, прослеживаемость, развитие, интеграция.*

Государственная система цифровой маркировки является инновационной технологией, направленной на обеспечение качественной и безопасной продукцией конечного потребителя и позволяет проследить продукцию по всей технологической цепи: от производителя до потребителя. Развитие цифровой маркировки направлено на совершенствование процесса прослеживаемости и снижение доли фальсифицированной и некачественной продукции, борьбу с подделками, контролем товарооборота и защитой потребителя. Современные цифровые маркировки становятся частью глобальной экономики, но для потребителя данные системы позволяют получить достоверную информацию о свойствах приобретаемого продукта

Современные тенденции цифровизации затрагивают все отрасли экономики, в том числе предприятия агропромышленного комплекса. Перерабатывающие предприятия и предприятия пищевой промышленности адаптируются к новым правилам и требованиям цифровой трансформации экономики [1]. Тенденции развития направлены на технологическую модернизацию и адаптацию бизнес-процессов предприятий пищевого сектора.

Одним из видов инновационных технологий активно внедряющейся в сферу реализации пищевой продукции является цифровая маркировка. Самой распространенной цифровой маркировкой, которая внедрена в России с 2019 года, является система маркировки и прослеживаемости товаров «Честный знак».Создание системы маркировки было связано с высокой долей фальсифицированной продукции, поступающей на потребительский рынок, следовательно, с защитой потребителя от опасных и некачественных продуктов питания. В 2026 году список товаров, подлежащих маркировке данной системой, расширился и включает такие продукты питания как молочные продукты, кондитерские изделия, спортивное питание, биологически активные добавки, напитки, икра осетровых и лососевых рыб (распоряжение правительства РФ от 1.03.2026, №2192.) [2].

Основные характеристики цифровой маркировки приведены на рис.1. Система маркировки «Честный знак» преследует следующие цели: борьба с некачественной продукцией, защита прав потребителей, повышение прозрачности рынка, оптимизация логистических и складских процессов, улучшение планирования произвоства путем анализа спроса.

Особую роль цифровая маркировка занимает в системе контроля качества. Система государственного мониторинга контроля качества продуктов питания имеет важное значение в плане продовольственной безопасности[3,4].

Рис. 1 – Характеристики цифровой маркировки

Развитие и внедрение цифровых инструментов прослеживаемости продукции не только позволит внести достоверность в продуктовый оборот, но и повысит ответственность производителей и поставщиков данной продукции конечным потребителям[5].

Одним из первых продуктов питания маркированных «Честным знаком» была молочная продукция. Это связано с тем, что молочная продукция входит в ежедневный рацион и также является продукцией с высокими рисками причинения вреда здоровью и включена в перечень продукции, которая подлежит мониторингу качества (государственному надзору).

Совершенствование системы цифровой маркировки и основные направления дальнейшего развития связаны с расширением сферы применения за счет охвата новых товарных групп продукции АПК. Во-вторых, с внедрением новых технологий попроцессов проверки и верификации информационных данных, внедрением биометрической системы участников товарооборота, разработкой новых приложений и сервисов. В-третьих, развитие цифровой системы направлено на международное сотрудничество, усиление системы проверки документов и интеграцию с маркетплейсами. Для потребителей развитие цифровой маркировки связано с расширением перечня показателей качества, выносимых в «Честный знак», что позволит получать достоверную и достаточную информацию о потребительских товарах. Вынесение данных о потребительских свойствах пищевых продуктов, в том числе о содержании таких веществ как соль, сахар (потребление которых в рационе ограничено в здоровом рационе), полезных веществах и компонентах позволят покупателям иметь информацию не только о легальности продукции, но и принимать более информированные решения при покупке.

Таким образом, развитие системы создает более надежную и удобную систему контроля качества товаров, способствующую защите прав потребителя и прозрачности товарооборота.

Библиографическийсписок

1. Цифровизация предприятий пищевой промышленности с использованием «Честного знака»: вызовы, особенности, перспективы/ В.И. Абрамов, О.В. Абрамов, В.В.

Гордеев, А.Д. Столяров //Продовольственная политика и безопасность. – 2025. – Т. 12. – №. 1. – С. 281-301.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2024 г. N 1607 «О проведении на территории Российской Федерации эксперимента по осуществлению мониторинга российских производителей товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, с использованием государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации» Электронный ресурс. Режим доступа: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/410916716/

3. Федотова Г. В., Капустина Ю. А., Ларионова И. С. Цифровые технологии мониторинга качества продуктов питания //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2025. – Т. 15. – №. 3. – С. 87-101.

4. Цифровая маркировка как инструмент обеспечения прослеживаемости пищевой продукции/ Ю.А. Гузкова, Е.А. Давыдова, В.В. Чуешков, А.О. Алексиевич//Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2026. – №. 19. – С. 37-42.

5. Метелева, Е. В. Цифровая трансформация в области промышленной безопасности и охраны труда / Е. В. Метелева, М. В. Просин, И. Ю. Резниченко // Пищевые инновации и биотехнологии : Сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых в рамках III международного симпозиума "Инновации в пищевой биотехнологии", Кемерово, 17–19 мая 2021 года / Под общей редакцией А.Ю. Просекова. Том 2. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 216-217.

УДК664.64: 637.5

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МУЧНЫХ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ СМЕСЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ В ТЕСТЕ

Саенко Ольга Сергеевна, *магистрант, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова»* e-mail:intermir42@mail.ru

Резниченко Ирина Юрьевна*, д-р.техн. наук, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова», e-mail:* irina.reznichenko@gmail.com

Аннотация: *В статье представлен обзор и экспериментальное обоснование использования поликомпонентных безглютеновых мучных смесей при производстве мясных полуфабрикатов в тесте. Актуальность работы обусловлена ростом числа заболеваний, связанных с непереносимостью глютена и необходимостью расширения ассортимента специализированной мясной продукции.*

Ключевые слова*: безглютеновые мучные смеси, мясные полуфабрикаты, целиакия, пищевая ценность, специализированная направленность.*

Современная парадигма пищевой индустрии направлена на создание специализированных продуктов для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Тенденции развития технологий, связанных с профилактикой различных заболеваний, основаны на всестороннем изучении воздействия продукта питания на здоровье человека [1]. Единственным эффективным методом лечения целиакии является пожизненное соблюдение безглютеновой диеты, исключающей белки пшеницы, ржи и ячменя.

Однако традиционные безглютеновые продукты на основе кукурузного и рисового крахмала характеризуются низкой биологической ценностью и нарушенной структурой. При производстве мясных полуфабрикатов в тесте (пельмени, хинкали) или панированных изделий (наггетсы, шницели) отсутствие глютена критически сказывается на эластичности и влагосвязывающей способности тестовой оболочки, приводя к развариванию и потере сока готовых изделий.

Целью работы является анализ эффективности использования сложных безглютеновых мучных композиций для разработки мясных полуфабрикатов в тесте на основе анализа научных публикаций за последние 10 лет.

В качестве основных компонентов безглютеновых смесей исследователями рассматриваются: основные злаки: рисовая и кукурузная мука (основа для структуры); белковые обогатители: нутовая, амарантовая, льняная мука, мука из зеленой гречки (повышают биологическую ценность и аминокислотный скор); гидроколлоиды и загустители: ксантановая камедь, метилцеллюлоза (МЦ), карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), псиллиум (компенсируют отсутствие клейковины, связывают влагу). А также рассматриваются жировые компоненты: гусиный жир или растительные масла для улучшения вкуса и пластичности.

Ключевой задачей является подбор гидромодуля и соотношения муки для имитации клейковинного каркаса. В исследовании [2] было установлено, что использование монокомпонентной муки приводит к резкому снижению упругой деформации теста для пельменей при их моделировании. Путем решения оптимизационной задачи определен следующий состав смеси (% к массе рисовой муки): рисовая мука (основа) – 69,6%; нутовая мука – 11,0% (обеспечивает пластичность); амарантовая мука – 6,8% (повышает биодоступность белка); льняная мука – 1,3% (придает эмульгирующие свойства); кукурузный крахмал – 11,3%. Гидратация: 55±0,5% воды к массе смеси. Данная композиция показала максимальные значения упругой деформации, приближенные к контролю, изготовленному из муки пшеничной.

Для продуктов во фритюре, в частности наггетсов, критична адгезия панировки. Исследования турецких ученых показали [3], что замена кукурузной муки на амарантовую в количестве до 30% является оптимальной. Дальнейшее увеличение амаранта снижает адгезию, но улучшает сочность самого мяса за счет удержания влаги в сердцевине продукта. Ученые делают вывод, что добавление до 30% амарантовой муки в рецептуры кляра и панировки может быть перспективным подходом к производству более полезных безглютеновых наггетсов из индейки в качестве альтернативного продукта для потребителей, заботящихся о своем здоровье и страдающих непереносимостью глютена.

Обоснована возможность использования муки зеленой гречки в составе фарша и теста для пельменей [4]. Установлено, что готовые изделия характеризуются повышенной пищевой ценностью, в частности увеличением доли пищевых волокон.

Особого внимания заслуживает использование камедей. Добавление ксантановой камеди в концентрации 0,075% от массы муки увеличивает вязкость теста для наггетсов с 51 до 165 мПа·с, что критически важно для равномерного покрытия кусочков мяса. Без гидроколлоидов безглютеновое тесто ведет себя как неньютоновская жидкость с низкой пластичностью, что делает невозможной механизированную формовку пельменей [5].

Важное значение уделяется использованию кунжутного и льняного жмыхов в технологии пищевых систем, как ингредиентов с высокой биологической ценностью [6].

Помимо сырьевых ингредиентов изучается влияние различных технологий приготовления мясных полуфабрикатов в тесте на качество теста и готовых изделий, показано, что технологии приготовления оказывают воздействие на качество готовых изделий [7].

Разработка безглютеновых мучных смесей для мясных полуфабрикатов является перспективным направлением импортозамещения и диетологии. Исследования доказывают, что поликомпонентные смеси на основе рисовой муки с добавлением

безглютеновых видов муки и гидроколлоидов (ксантан) позволяют получить тесто с реологическими свойствами, близкими к пшеничному. Продукты характеризуются высокой биологической ценностью, низкой аллергенностью и могут быть рекомендованы для массового производства в системе специализированного питания.

Библиографический список

1. Мирошина, Т. А. Значение нутригеномики и нутригенетики в пищевой науке / Т. А. Мирошина, И. Ю. Резниченко // Индустрия питания. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 105-115. – DOI 10.29141/2500-1922-2023-8-2-11.

2. Разработка и оценка эффективности использования специализированных мясных полуфабрикатов в рационе детей и подростков с целиакиеи/˜Л.В.Антипова, Н.П. Оботурова, Л.Я. Климов, М.В. Стоян, В.В. Масалова// Вопросы питания. - 2018. - №2. - С.48-54

3. Karslıoğlu B, Soncu ED, Meşhur İ, Baştemir AÜ, Aktaş A. Effect of Amaranth and Corn Flour Ratios in Batter and Breader on the Physicochemical and Technological Properties of Gluten-Free Turkey Nuggets. JFoodSci. 2025 Nov;90(11):e70667. doi: 10.1111/1750-3841.70667. PMID: 41273212.

4. Резниченко, И. Ю. Разработка рецептуры мясного полуфабриката специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, Т. А. Мирошина // Мясная индустрия. – 2025. – № 1. – С. 44-48. – DOI 10.37861/2618-8252-2025-01-44-48.

5. Davarcioglu, E.,& kolsarici, N. (2019). Effectsofinnovativegluten-freecoatingsonquality, sensory and microbial properties ofchickennuggets. ItalianJournalofFoodScience, 31(2).

6. Егорова, Е. Ю. Определение технических требований к жмыхам нетрадиционных масличных культур пищевого назначения / Е. Ю. Егорова, М. С. Бочкарев // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 1(32). – С. 131-138.

7. Резниченко, И. Ю. Термическая обработка и качество мясных полуфабрикатов в тесте из безглютеновой муки / И. Ю. Резниченко, Т. А. Мирошина // Мясная индустрия. – 2025. – № 7. – С. 36-40. – DOI 10.37861/2618-8252-2025-07-36-40.

УДК664.959.5:637.04

РЫБНЫЕ ГИДРОЛИЗАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

***Хадаев Андрей Викторович**, аспирант кафедры технологических машин и оборудования ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», e-mail:hadaev@list.ru*

***Нугманов Альберт Хамед-Харисович,**д.т.н., профессор кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,e-mail:nugmanov@rgau-msha.ru*

***Серегин Сергей Александрович**, к.т.н., доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,e-mail: seregin@rgau-msha.ru*

***Аннотация:** В статье рассматривается проблема образования значительных объёмов отходов при переработке рыбы (головы, кости, внутренности, чешуя, плавники) и обосновывается целесообразность и преимущества их переработки путём ферментативного гидролиза.*

***Ключевые слова:** отходы рыбопереработки, ферментативный гидролиз, рыбные гидролизаты, белок, пептиды, безотходная технология*

Рыбоперерабатывающая отрасль традиционно характеризуется значительным объёмом образуемых отходов, которые в зависимости от вида сырья и технологии разделки могут достигать 30…60 % от общей массы выловленной рыбы. К таким отходам относятся головы, кости, внутренности, чешуя, плавники и кожа. В настоящее время большая часть этих отходов либо захоранивается на полигонах, либо перерабатывается в низколиквидную рыбную муку, что не позволяет в полной мере извлечь потенциал биологически активных веществ. При этом отходы содержат полноценный белок, липиды, минеральные вещества и коллаген, которые могут быть использованы для получения гидролизатов – продуктов глубокой деградации белка[1, 2].

Рыбные гидролизаты представляют собой смесь свободных аминокислот и пептидов различной молекулярной массы и обладают высокой усвояемостью, антиоксидантными свойствами и функциональной активностью[3, 4]. В связи с этим разработка и внедрение эффективных способов получения рыбных гидролизатов из отходов является актуальной задачей, решение которой позволит снизить экологическую нагрузку, повысить глубину переработки сырья и создать конкурентоспособные продукты кормового и пищевого назначения. Целью данной работы является анализ перспектив использования рыбных гидролизатов как способа рациональной утилизации отходов рыбопереработки.

На сегодняшний день известно несколько способов получения рыбных гидролизатов: кислотный, щелочной и ферментативный. Кислотный гидролиз, как правило, проводят с использованием соляной или серной кислоты при повышенной температуре. Данный метод обеспечивает высокую степень деградации белка, однако сопровождается разрушением термолабильных аминокислот (триптофана, метионина, цистина), образованием токсичных соединений (хлоргидринов, производных фенола) и требует последующей нейтрализации и очистки, что удорожает процесс. Щелочной гидролиз (с использованием гидроксида натрия или калия) менее агрессивен к отдельным аминокислотам, но часто приводит к рацемизации и снижению биологической ценности продукта. Кроме того, оба химических метода характеризуются высоким солеобразованием и необходимостью утилизации больших объёмов отработанных растворов, что противоречит принципам «зелёной химии».

Наиболее перспективным является ферментативный гидролиз, в котором используются протеолитические ферменты как животного (трипсин, пепсин, химотрипсин), растительного (папаин, бромелаин), так и микробного происхождения (протеазы *Bacillus*spp., *Aspergillus*spp.). Процесс протекает в мягких условиях (температура 40…60°C, pH 5…8), что позволяет максимально сохранить нативные свойства пептидов и свободных аминокислот. Регулируя продолжительность гидролиза, концентрацию фермента и степень измельчения субстрата, можно получать продукты с заданным молекулярно-массовым распределением — от высокомолекулярных полипептидов до коротких ди- и трипептидов. Ферментативные гидролизаты не содержат остаточных количеств кислот или щелочей, а мягкая термическая обработка (инактивация фермента) не приводит к значительным потерям биологически активных компонентов.

Сырьевой базой для получения рыбных гидролизатов могут служить любые виды отходов: головы лососёвых, тресковых, карповых; кости и чешуя как источники коллагена и гидроксиапатита; внутренности, богатые протеазами и липазами; а также целые некондиционные рыбы[3]. Использование смешанных отходов позволяет повысить выход сухого гидролизата до 18…22% от массы сырья. Важно отметить, что гидролизаты из разных частей рыбы различаются по аминокислотному профилю: из мышечной ткани получают полноценные по незаменимым аминокислотам продукты, из соединительной ткани – гидролизаты с высоким содержанием глицина, пролина и оксипролина, которые востребованы в косметологии и производстве желатина[5].

Функциональные свойства рыбных гидролизатов обусловлены их пептидным составом. Установлено, что пептиды с молекулярной массой 1…3 кДа проявляют

антиоксидантную активность, ингибируя перекисное окисление липидов; пептиды 3…10 кДа могут обладать антимикробным, иммуномодулирующим и антигипертензивным действием (ингибирование АПФ). Благодаря этому рыбные гидролизаты рассматриваются как основа для производства функциональных пищевых добавок, спортивного питания и специализированных продуктов для лечебно-профилактического питания. В ветеринарии и аквакультуре гидролизаты используют как высокоусвояемый источник белка в стартовых кормах для молоди осетровых и лососёвых, а также как аттрактант (природный стимулятор кормовой активности).

С экономической и экологической точек зрения внедрение технологии гидролиза позволяет решить ключевую проблему рыбопереработки – утилизацию отходов. Если традиционное производство рыбной муки требует энергозатрат на сушку и обезжиривание, а также сопровождается выбросом пахучих веществ, то ферментативный гидролиз может быть реализован в замкнутом цикле с возвратом технологической воды и выделением липидной фракции для технических целей. Капитальные затраты на организацию участка гидролиза сравнимы с затратами на линию по производству рыбной муки, однако себестоимость гидролизата часто ниже за счёт меньшего расхода энергоносителей и отсутствия стадии высокотемпературной сушки. Кроме того, жидкие и пастообразные формы гидролизатов не требуют полного обезвоживания, что дополнительно снижает себестоимость.

В Российской Федерации, в частности, в Астраханской области, проблема переработки отходов стоит остро в связи с деятельностью несколькихкрупных рыбоперерабатывающих комплексов. На кафедре технологические машины и оборудование Астраханского государственного технического университета уже проводятся исследования по рационализации ферментативного гидролиза отходов рыбы частиковых пород, а также по созданию комбинированных кормовых добавок на основе гидролизатов. Предварительные результаты показывают, что использование протеазы «Протосубтилин» (штамм *Bacillussubtilis*) при гидромодуле 1:1, температуре 50°С и продолжительности 6 часов позволяет достичь степени гидролиза 62…68 % и выхода растворимого белка до 45% от исходного[7].

Таким образом, рыбные гидролизаты действительно являются перспективным способом глубокой переработки отходов, а дальнейшие исследования должны быть направлены на масштабирование технологии и оценку экономической эффективности в условиях конкретных предприятий.

В результате выполненного анализа установлено, что рыбные гидролизаты являются высокоэффективным и экологически обоснованным способом переработки отходов рыбоперерабатывающей отрасли. Среди существующих методов (кислотный, щелочной, ферментативный) наиболее перспективным признан ферментативный гидролиз, позволяющий в мягких условиях получать продукты с сохранением биологической активности пептидов и аминокислот, без образования токсичных соединений и с минимальным солевым загрязнением. С экономической точки зрения ферментативный гидролиз характеризуется более низкими энергозатратами по сравнению с производством рыбной муки, возможностью организации замкнутого цикла и снижением себестоимости конечного продукта.

Для Астраханского региона, обладающего развитой рыбопереработкой, внедрение технологии гидролиза позволит решить проблему утилизации отходов, снизить экологическую нагрузку на водные объекты и повысить рентабельность предприятий. Таким образом, рыбные гидролизаты действительно можно считать перспективным направлением глубокой безотходной переработки гидробионтов, требующим дальнейших исследований в области рационализации ферментативных комплексов и масштабирования технологических решений.

Библиографический список

1. Яфасов, А.Я. Ресурсный подход в методологии подготовки специалистов по переработке рыбного сырья/ А.Я.Яфасов,Н.Ю. Бугакова // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота. -2023. - № 3(65). - С. 44-53.
2. Адамова, М.А. К вопросу об утилизации отходов пищевой промышленности. Опыт рыболовецкого колхоза «Восход»/М.А.Адамова, М.Е. Базилевич //Урбанистика. – 2024. – №. 3. – С. 13-27.
3. Югай, А.В. Актуальность использования гидролизатов рыбного белка в технологии пищевых продуктов /Здоровье, питание и биотехнологии.– 2023. – Т. 5. – №. 2. – С. 51-65.
4. Казакова, В.С. Исследования по комплексной переработке коллагенсодержащего рыбного сырья / В.С.Казакова, Е.С. Землякова// Известия КГТУ. – 2024. – №. 72. – С. 81-91.
5. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности/ Мезенова О. Я., Волков В.В., Мерзель Т. и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8. – №. 4 (27). – С. 83-94.
6. Антонова, А.Д. Изучение свойств гидролизатов из вторичного рыбного сырья, полученных с помощью сочетания технологий ферментативного гидролиза и ультразвукового воздействия/А.Д.Антонова, Н.В. Науменко, И.В. Калинина // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2025. – Т. 28. – №. 4/2. – С. 577-587.
7. Олдырев Д.В., Сергазиева О.Д., Ярцева Н.В. и др. Получение коллагенсодержащей ихтиосубстанции из вторичных рыбных ресурсов //Хранение и переработка сельхозсырья. – 2023. – №. 3. – С. 181-197.

УДК 658.56

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ ВНЕДРЕНИЯ ХАССП

Юрьева Анастасия Алексеевна, *магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, anastasya.yureva2015@yandex.ru*

Аннотация:*В статье исследуются актуальные тренды в сфере систем контроля безопасности пищевых продуктов, которые базируются на принципах ХАССП. Особое место в статье занимает концепция «зелёного ХАССП» как ответ на глобальные климатические вызовы.*

Ключевые слова: *ХАССП, безопасность пищевых продуктов, цифровизация.*

В условиях современного мира, где безопасность пищевых продуктов является приоритетом, невозможно рассматривать пищевые технологии и управление качеством без применения системного подхода.Мировые и российские рынки стремятся перейти от формального наличия документации к доказательной эффективности процессов. Система ХАССП остаётся основным инструментом обеспечения безопасности, но её содержание постоянно меняется под влиянием цифровизации, «зелёной» повестки и ужесточения требований регулирующих органов.

Мировой рынок услуг по аудиту и сертификации безопасности пищевых продуктов демонстрирует значительный рост, что обусловлено повышением стандартов качества на всех этапах производства, реализации и в цепочках поставок.

Согласно статистическим данным [1], доля Северной Америки на рынке составляет около 42%, что обусловлено строгими нормативными требованиями и высоким уровнем

осведомлённости потребителей о безопасности пищевых продуктов. Доля Европы, где действует стандартизированная система сертификации, составляет почти 30%. Азиатско-Тихоокеанский регион занимает около 20% благодаря развитию промышленности и государственным программам, направленным на обеспечение безопасности пищевых продуктов. Оставшиеся 8% распределены между Латинской Америкой, Ближним Востоком и Африкой.

На рынке наблюдается тенденция к мультистандартизации: крупные производители стремятся получить сертификацию по нескольким международным стандартам одновременно, чтобы соответствовать требованиям различных рынков.

В настоящее время наблюдается тенденция к цифровизации систем контроля. По данным агентства Research and Markets, к 2025 году объем рынка программного обеспечения для обеспечения пищевой безопасности и соблюдения нормативных требований может составить от 1,0 до 2,0 млрд долларов США. Среднегодовой темп роста рынка до 2030 года оценивается в диапазоне от 8 до 15%.

Особого внимания заслуживает сегмент HACCP-софта. По прогнозам агентства Global Market Monitor [2], объем этого сегмента в 2025 году достигнет 939 млн долларов США, а среднегодовой темп роста с 2026 по 2030 год составит 6,93%. При этом отмечается заметная структурная трансформация, которую представим в таблице 1:

Таблица 1

Показатели данных HACCP-софта в период с 2025 по 2027 гг.

Показатель	Значение 2025 года	Прогноз до 2027 года
Доля облачных решений	**86,38%** рынка (814,5 млн долл.)	Рост до 88,3%
Доля локальных решений	13,62% (127,9 млн долл.)	Сокращение доли
Сегмент крупных предприятий	60,53% рынка (568,6 млн долл.)	Стабильный рост
Сегмент МСП	39,47% (370,8 млн долл.)	**Наиболее быстрорастущий**

Данные таблицы 1 подтверждают, что рынок претерпевает значительные изменения. Основной вектор развития – переход к использованию облачных решений. В ближайшие два года ожидается значительный рост доходов в сегменте малого и среднего бизнеса. Крупные компании, напротив, столкнутся с потребностью перехода от устаревших локальных систем к гибридным или полностью облачным решениям. Рассмотрим ключевые технологические драйверы:

– Интернет вещей (IoT) и автоматизация мониторинга контрольно-кассовых терминалов (ККТ): Интеграция с промышленными контроллерами (PLC), системами сбора данных (SCADA) и системами управления производством (MES) позволяет автоматически отслеживать соблюдение критических параметров. В пищевой промышленности активно используются системы компьютерного зрения с искусственным интеллектом для обнаружения посторонних предметов.

– Предиктивная аналитика на основе искусственного интеллекта: Генеративный искусственный интеллект начинает активно применяться для разработки планов корректирующих и предупреждающих действий (CAPA) и прогнозирования сроков годности.

– Блокчейн для отслеживания происхождения: Технология распределенного реестра активно внедряется для обеспечения «доказательства происхождения»и создания «цифровых паспортов» продукции. Особенно востребована для подтверждения углеродной нейтральности и верификации практик регенеративного сельского хозяйства

В последнее время регуляторы и аудиторы уделяют всё меньше внимания наличию бумажных документов и всё больше – эффективности системы в повседневной работе. Проверки стали более глубокими и тщательными. Инспекторы анализируют, как

фиксируются критические контрольные точки, нет ли учёта задним числом и можно ли восстановить цепочку действий за конкретную дату.

Предприятия, использующие типовые решения без учёта специфики производства, могут оказаться в зоне риска.

Вместе с технологиями возрастает роль культуры пищевой безопасности. Передовые компании переходят от разовых тренингов к постоянным программам развития компетенций. Они создают внутренние школы ХАССП, внедряют наставничество и обучающие аудиты. Цель – не просто выполнение инструкций, а осознанное отношение персонала и личная ответственность за безопасность продукции.

Помимо широко распространённого тренда на цифровизацию также система следует «зеленому» тренду. В ответ на глобальные вызовы, связанные с изменением климата, и растущие требования к устойчивому развитию, была разработана и внедрена концепция «Зеленый ХАССП». Эта концепция расширяет рамки традиционной системы, включая в неё «Практики уважения к окружающей среде» (ERPs), что позволяет сделать производство более ответственным и бережным по отношению к природе. Представим сравнительный анализ в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение традиционного и «зеленого» подхода к ХАССП

Аспект	Традиционный ХАССП	Зеленый ХАССП
Водопользование	Не лимитируется, часто приводит к высокому потреблению	Оптимизация через автоматизированные CIP-системы, датчики потока, рециркуляция воды **(снижение на 20–25%)**
Энергия	Не учитывается	Внедрение энергоэффективных технологий, рекуперация тепла, использование возобновляемой энергии **(экономия 10–15%)**
Химические реагенты	Использование стандартных моющих и дезинфицирующих средств	Переход на биоразлагаемые, нетоксичные средства, использование озонирования и УФ-обработки
Документооборот	Бумажные журналы и записи	Электронный документооборот, облачные платформы, цифровая прослеживаемость
Отходы	Управление отходами как вспомогательный процесс	Минимизация отходов как приоритет, соответствие SDG 12 (Ответственное потребление и производство)

Таким образом, концепция «Зелёный ХАССП» представляет собой интеграцию системы безопасности пищевых продуктов с системой экологического менеджмента. Это позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и повысить репутацию компании в глазах потребителей, которые ценят экологически ответственные решения.

Библиографический список

1. Рынок услуг по аудиту и сертификации безопасности пищевых продуктов. – Текст: электронный // Research and Markets: [сайт]. – 2025. – URL: https://www.globalgrowthinsights.com/de/market-reports/food-safety-audit-and-certification-services-market-102027(дата обращения: 09.02.2026)

2. Глобальный объем рынка программного обеспечения для обеспечения безопасности пищевых продуктов HACCP, рост и тенденции (2025-2030 гг., в разбивке по

типу, применению, региону и участнику) – Текст: электронный // Global Market Monitor: [сайт]. – 2025. – URL: https://www.globalmarketmonitor.com.cn/market_news/2934801.html (дата обращения: 09.02.2026)

УДК 637.146

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НАТУРАЛЬНЫХ ЙОГУРТОВ В ТОРГОВЫХ СЕТЯХ МОСКВЫ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

***Харитонова Полина Сергеевна**, к.т.н., ассистент кафедры управления качеством и товароведения продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, polina.kharitonova@rgau-msha.ru*

Аннотация: в статье представлено исследование качества йогуртов, представленных на полках торговых сетей Москвы и Московской области. Исследование проводили среди трех образцов и полученные данные по органолептическим характеристикам, показателям вязкости, pH и реакции на пероксидазу позволяют говорить о хорошем качестве исследуемых иогуртов.

Ключевые слова: йогурт, сравнительный анализ, вязкость, пероксидаза.

Йогурт – широко потребляемый ферментированный молочный продукт, привлекающий внимание как функциональный продукт питания благодаря богатому содержанию пробиотиков и полезным для здоровья свойствам [1, 2].

Заквасочные культуры *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus, Streptococcus thermophilus* играют важную роль в ферментации йогурта, способствуя формированию его органолептических свойств, стабильности при хранении и многочисленным физиологическим преимуществам [1, 3].

Российский рынок йогуртов демонстрирует восходящую направленность. По результатам маркетингового исследования агентством Роиф Эксперт в 2025 году отмечался рост объема продаж йогурта и составил 4,3 % и, по прогнозам, продолжит расти [4].

Пробиотическими преимуществами йогурта, по многочисленным исследованиям, можно назвать следующее: положительное влияние на здоровье кишечника, модуляция иммунитета, регуляция метаболизма и биоактивных соединений, образующихся в процессе ферментации молочнокислыми бактериями и др [1].

Пробиотический потенциал йогурта подчеркивает его ценность как функционального продукта питания, обеспечивающего пользу для здоровья. Однако из-за широкого ассортимента продукта, представленного на прилавках Москвы и Московской области, исследования качества йогуртов имеют высокий потенциал и спрос среди потребителей. Цель данного исследования: сравнительный анализ показателей качества натуральных йогуртов представленных в торговых сетях Москвы и Московской области.

Были проведены исследования органолептических характеристик, показателей вязкости, pH и реакции на пероксидазу.

Органолептический анализ проводили в соответствии с ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия. Исследование проводили среди йогуртов торговых марок «Viola» (образец 1), «АктиБио» (образец 2), EPICA (образец 3). В таблице 1 представлены полученные данные по исследованию органолептических характеристик.

Таблица 1

Органолептические характеристики йогуртов

Наименование показателей	Образец 1	Образец 2	Образец 3

Внешний вид	Жидкий, однородный	Однородная консистенция, сгусток не нарушен жидкий	Густой, однородный, вязкий, без посторонних включений
Вкус и запах	Кисломолочный, выраженный и чистый	Сладкий кисломолочный	Слабый кисломолочный запах, кислый вкус
Цвет	Белый	Молочно-белый	Белый

По результатам исследования органолептических характеристик все три образца соответствовали требованиям ГОСТ 31981-2013.

Показатели вязкости были установлены с использованием вибрационного вискозиметра SV-100, так же были исследованы показатели pH. В соответствии с ГОСТ 3623-2015 «Молоко и молочные продукты. Методы определения пастеризации» были проведены исследования реакции на пероксидазу, полученные результаты по структурно-механическим и физико-химическому исследованиям трех образцов йогуртов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ структурно-механических и физико-химического показателей

Наименование показателей	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Вязкость, Па*с	0,1482	0,3729	0,4327
pH	4,38	4,27	4,09
Реакция на пероксидазу	нет реакции	нет реакции	нет реакции

По результатам сравнительного анализа были установлены следующие выводы: технология производства всех трех образцов не была нарушена, температурные режимы термообработки сырья при изготовлении йогуртов соответствовали технологическим картам.

Граната Л.А. и Морр С. В. сообщали, что значения pH от 4,0 до 4,4 считаются необходимыми для вкуса и текстуры йогуртов хорошего качества [5]. Все исследуемые образцы йогуртов, показали средние значения pH от 4,0 до 4,4, что может указывать на хорошее качество этих йогуртов.

Наименее вязким, и имеющим жидкую консистенцию, присущую питьевым йогуртам имел образец 1, образцы 2 и 3 имели вязкость присущую йогуртам ложкового типа.

Исследование трех образцов натуральных йогуртов, представленных на полках магазинов Москвы и Московской области, подтвердили хорошее качество и высокие потребительские характеристики, однако образец 1 по показателю «вязкость» соответствовал йогуртам питьевого типа, тогда как образцы 2 и 3 соответствовали заявляемому ложковому типу.

Библиографический список

1. Chakma S. et al. Probiotic potential of yogurt: Exploring lactic acid bacteria for health-enhancing benefits //Applied Food Research. – 2025. – С. 101383.
2. Dunchenko N. I., Yankovskaya V. S. A new approach to developing the quality of yoghurts with functional ingredients. – 2022.
3. Гинзбург М. А. Оценка потребительских свойств и конкурентоспособности ассортимента сметаны //Молочная река. – 2016. – №. 2. – С. 20-23.

4. Оборот рынка йогуртов в России демонстрирует абсолютную максимизацию. Электронный ресурс URL: https://marketing.rbc.ru/articles/15585/(дата обращения 20.04.2026).
5. Granata L. A., Morr C. V. Improved acid, flavor and volatile compound production in a high protein and fiber soymilk yogurt-like product //Journal of Food Science. – 1996. – Т. 61. – №. 2. – С. 331-336.

УДК 663.3

ВЛИЯНИЕ ЯБЛОЧНО-МОЛОЧНОГО БРОЖЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АРОМАТИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПЛОДОВОГО ВИНА ИЗ КИВИ И ЦИКЛОКАРИИ

***Ян Фань**, аспирант ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», tanuoxi108@gmail.com*

***Аннотация:** В статье рассматривается технология производства функционального плодового вина из киви сорта «Сюйсян» с добавлением экстракта листьев циклокарии (Qingqianliu). Основное внимание уделено влиянию яблочно-молочного брожения (ЯМБ) на изменение физико-химических показателей и профиля летучих ароматических соединений.*

***Ключевые слова:** киви, циклокария, яблочно-молочное брожение, ароматические компоненты, HS-SPME/GC-MS, сложные эфиры.*

Введение. Киви (Actinidia chinensis) является ценным источником биологически активных веществ, включая витамин С, комплекс аминокислот и минералов. Однако из-за высокой интенсивности дыхания плоды подвержены быстрой порче, что диктует необходимость развития методов их глубокой переработки. Производство ферментированных напитков позволяет не только сохранить нутриенты, но и создать продукт с высокой добавленной стоимостью. Циклокария (Qingqianliu) известна в традиционной медицине своими гипогликемическими и антиоксидантными свойствами благодаря высокому содержанию флавоноидов и полисахаридов. Сочетание киви и циклокарии открывает перспективы для создания инновационных функциональных вин.

Одной из проблем при производстве плодовых вин является высокая кислотность и недостаточная сложность ароматического букета. Яблочно-молочное брожение (ЯМБ), осуществляемое молочнокислыми бактериями, является эффективным биотехнологическим инструментом для мягкого снижения кислотности и обогащения вина вторичными ароматами. Целью работы является изучение влияния ЯМБ на динамику накопления летучих веществ в вине из киви и циклокарии.

Материалы и методы. В качестве основного сырья использовались плоды киви сорта «Сюйсян» и листья циклокарии . Пюре киви подвергалось ферментативному гидролизу пектиназой (160 мг/л) при 40°С в течение 3,5 часов. Первичное алкогольное брожение проводилось с использованием смеси винных дрожжей LA-MA, L-AU и BV818 в соотношении 1:1:1.

После завершения спиртового брожения (8-е сутки) экспериментальная группа была инокулирована культурой Oenococcus oeni (6,7%) для проведения ЯМБ при контролируемом pH 3,5. Контрольная группа выдерживалась без внесения бактерий. Анализ ароматических компонентов выполнялся методом твердофазной микроэкстракции на газовом хроматографе Agilent 8890N с масс-селективным детектором 5977.

Результаты и обсуждение. Динамика содержания растворимых сухих веществ в процессе первичного брожения представлена в таблице 1. Установлено, что активная фаза

ферментации завершается к 8-м суткам, когда содержание сахаров стабилизируется на уровне 6,00 °Brix.

Таблица 1

Динамика содержания растворимых сухих веществ в процессе первичного брожения

Срок брожения	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Среднее
0 сут	18,00	18,00	18,00	18,00
2 сут	14,00	14,50	14,25	14,25
4 сут	10,50	9,50	9,50	9,83
6 сут	6,50	6,10	6,20	6,27
8 сут	6,00	6,00	6,00	6,00

Физико-химический анализ показал, что ЯМБ существенно влияет на крепость напитка. В контрольной группе конечное содержание алкоголя составило 9,91 % об., в то время как в группе с ЯМБ оно снизилось до 7,01 % об.. Это свидетельствует о частичном потреблении этанола и других метаболитов молочнокислыми бактериями, что делает вкус вина более мягким и менее спиртуозным.

Ароматический профиль вин после 14 дней выдержки включал широкий спектр летучих соединений. В экспериментальной группе идентифицировано 24 компонента, среди которых преобладают спирты (11) и сложные эфиры (6). Ключевым показателем вклада вещества в аромат является значение OVA (запаховая активность). Вещества с OVA > 1 определяют типичность продукта.

Среди спиртов доминирующим одорантом является изоамиловый спирт, придающий вину ноты спелого яблока и бренди. Его концентрация в вине с ЯМБ составила 1323,32 мкг/л (OVA ~5,29), что значительно выше, чем в контроле (327,87 мкг/л). Также отмечено накопление фенилэтилового спирта (613,04 мкг/л), формирующего характерный «розовый» аромат.

Сложные эфиры вносят решающий вклад в фруктовые характеристики вина. Результаты показывают, что ЯМБ активирует синтез эфиров жирных кислот. Этилгексаноат стал наиболее значимым компонентом с OVA ~55,00, обеспечивая выраженные ананасовые и фруктовые оттенки. Данные по основным эфирам представлены в таблице 2.

Таблица 1

Данные по основным эфирам

Компонент	Концентрация (мкг/л)	OVA	Тип аромата
Этилгексаноат	440,01	55,00	Ананас
Этилоктаноат	1614,83	6,46	Фрукты
Этилдеканоат	1272,03	2,54	Груша, цветы
Этилбензоат	193,71	3,65	Сладкий

Влияние ЯМБ на кислоты и алканы также было значительным. Концентрация октановой кислоты в экспериментальной группе достигла 206,25 мкг/л, что способствует балансу вкуса. В то же время процесс ЯМБ привел к снижению содержания резких алканов, таких как 1,1-диэтоксиэтан, до следовых количеств, что положительно сказалось на чистоте аромата.

Заключение. Проведенные исследования подтверждают высокую эффективность применения яблочно-молочного брожения в технологии вина из киви и циклокарии. ЯМБ не только снижает содержание алкоголя до оптимальных значений, но и радикально трансформирует ароматический букет, переводя его из категории простых фруктовых в

категорию сложных, многослойных ароматов за счет синтеза этиловых эфиров. Полученные данные могут быть использованы для промышленного производства функциональных плодово-ягодных вин.

Библиографический список

1. Чжоу Я., Ли Х., Ли К. и др. Прогресс в исследованиях технологии производства ферментированного фруктового вина из киви // Китайское пивоварение. – 2023. – Т. 42. – № 3. – С. 23-27.
2. Ли С., Чжан В., Лю К. и др. Оптимизация технологии производства и анализ компонентов комплексного вина из красного риса и циклокарии // Пищевые исследования и разработки. – 2023. – Т. 44. – № 3. – С. 138-144.
3. Го Ч., Ян Л., Ло Х. и др. Влияние яблочно-молочного брожения на аромат вина из шиповника (Rosa roxburghii) // Пищевая промышленность и машиностроение. – 2022. – Т. 38. – № 3. – С. 197-204.
4. Ху Л., Ху Ц., Чэнь С. и др. Влияние смешанной ферментации на качество комплексного фруктового вина из груши и маракуйи // Китайское пивоварение. – 2023. – Т. 42. – № 3. – С. 122-128.
5. Чжан Л., Сюй Н., Тао Ц. и др. Исследование яблочно-молочного брожения и селекции высокотолерантных штаммов Oenococcus oeni // Микробиология. – 2023. – С. 1-18.
6. Сюй Я. Контролируемое образование летучих компонентов в производстве сидра с использованием комбинации видов дрожжей // Journal of industrial microbiology & biotechnology. – 2018. – Т. 33. – №. 3. – С. 192-198.

УДК 664.7

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ШИПОВНИКА В ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНОВЫХ БАТОНЧИКОВ

Будова Анна Владимировна, *аспирант кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, budova.a@rgau-msha.ru*

Молчанова Анастасия Александровна, *студент кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, molchanova.nastya04@yandex.ru*

Нугманов Альберт Хамед-Харисович, *и.о. заведующего кафедры технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, профессор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nugmanov@rgau-msha.ru*

Аннотация: *Разработана рецептура зерновых батончиков с использованием продуктов переработки шиповника. Использование отходов экстракции шиповника (рафинат, жмых), богатых пищевыми волокнами, позволяет расширить ассортимент обогащенной пищевой продукции.*

Ключевые слова: *шиповник, зерновые батончики, пищевые волокна, обогащенная пищевая продукция, экспандированое зерно*

Пищевые волокна являются неотъемлемой частью здорового рациона, они способствуют поддержанию нормальной работы желудочно-кишечного тракта, профилактике заболеваний, связанных с нарушением обмена веществ, снижении риска хронических воспалений, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [1, 2].

Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» суточное потребление пищевых волокон для всех категорий взрослого населения должно составлять 20-25 г. Однако, согласно данным Росстата, полученным в результате исследования рациона питания населения средний уровень потребления пищевых волокон в сутки в Российской Федерации составляет 6,5 г для женщин и 7,0 г для мужчин [3], что вызвано существенным нарушением структуры питания, в первую очередь – недостаточным потреблением овощей, фруктов, цельных злаков, муки грубого помола и др. продуктов – источников пищевых волокон [1, 2].

Основным способом снижения дефицита пищевых волокон в рационе населения является разработка обогащенной продукции, в первую очередь на зерновой основе, с добавлением овощных и фруктовых порошков. Например, зерновых батончиков, являющихся удобной и здоровой альтернативой снековой продукции, позволяющей организовать дополнительный прием пищи и восполнить дефицит пищевых веществ, в т.ч. пищевых волокон и энергии [1].

Для выработки лабораторных образцов зерновых батончиков применялось следующее сырье: экспандированное зерно амаранта и киноа (ТУ 9196-002-57567531-04); сироп шиповника (ТУ 10.89.19-018-63056800-16); порошок малины сублимированной (ТУ 10.39.25-001-20573301-2021); грецкий орех дробленый обжаренный (СТО 60458573-006-2024); порошок мякоти и семян шиповника после экстрагирования.

Оценка пищевой и энергетической ценности зернового батончика проводилась расчетным способом в программе Excel. Органолептическая оценка зерновых батончиков осуществлялась согласно действующей нормативной документации.

Выбор зернового сырья обуславливался органолептическими характеристиками, пищевой и биологической ценностью рецептурных компонентов. В качестве основного критерия выбора выступало содержание пищевых волокон. Исследование пищевой ценности различных видов экспандированного зерна (амарант, киноа, просо, рис и гречиха) показало, что наибольшее количество пищевых волокон содержится в экспандированном амаранте – 8,1 г/100г, чуть меньше пищевых волокон – 5,9 г/100г содержится в экспандированном зерне киноа и гречихи. Среди данных культур в экспандированной гречихе содержится наибольшее количество белка – 10,1 г/100г, его содержание в киноа составляет 9,1 г/100г, в амаранте – 8,8 г/100г [4]. При этом исследование биологической ценности данного сырья показало, что экспандированное зерно гречихи обладает наибольшей биологической ценностью – 68,2%, что практически в два раза превосходит биологическую ценность экспандированного киноа и амаранта – 36,4% и 30,2% соответственно [5]. Однако органолептический анализ зернового сырья и лабораторных образцов батончиков установил, что экспандированное зерно гречихи обладает ярким выраженным вкусом, плохо сочетающимся с другими компонентами, а таже значительно отличается по своим геометрическим размерам, что негативно влияет на текстуру и пережевываемость зерновых батончиков. На основании вышеизложенного в качестве основного сырья в рецептуру разрабатываемого батончика было включено экспандированное зерно амаранта и киноа, их суммарное количество составило 60% от рецептуры.

В качестве связующего компонента использовался сироп шиповника (производитель ООО Мирролла), заявленное содержание витамина С – 18,2-27,3 мг. Установлено, что внесение 20% сиропа от рецептуры является оптимальным для связывания компонентов, приданию зерновому батончику характерного вкуса шиповника и умеренной сладости.

В качестве обогащающей добавки использовался порошок полученный смешением порошка (рафината) из мякоти и кожицы шиповника, оставшийся после спиртовой экстракции и порошка (жмыха) из семян шиповника, оставшегося после извлечения масла гексаном и последующего удаления растворителя в соотношении 2:1. Известно, что порошки, полученные при переработке шиповника, отличаются значительным

содержанием пищевых волокон. Так порошок из плодов шиповника содержит 49,7 г/100 г пищевых волокон, порошок из мякоти шиповника – 33,4 г/100 г, а из семян – 77,8 г/100 г [6]. Используемый порошок из рафината и жмыха шиповника обладает слабовыраженным травянистым запахом и вкусом, отличающимся от исходного сырья, а также твердой мелкодисперсной, плохо разжевываемой текстурой, что требует маскировки.

Для этой цели был использован сублимированный порошок малины, отличающийся ярким выраженным вкусом, хорошо сочетающимся с шиповником и высоким содержанием биологически активных веществ, в т.ч. витамина С – до 112 мг/100 г, полифенолов и минеральных веществ (К, Mg) [7]. Также для улучшения органолептических характеристик батончика было использовано дробленое жареное ядро грецкого ореха с размером частиц 3-5 мм.

В таблице 1 приведена разработанная рецептура зернового батончика и его пищевая ценность, рассчитанная в программе Excel на основании справочных и литературных данных.

Таблица 1

Рецептура зернового батончика с шиповником и его пищевая ценность

Ингредиент	Содержание, %	Белки, %	Жиры, %	Углеводы, %	Пищевые волокна, %
Киноа	20,00	9,10	4,10	71,60	5,90
Амарант	40,00	8,80	4,30	70,60	8,10
Сироп шиповника	20,00	0,20	0,00	70,50	0,00
Порошок малины	7,00	8,10	6,20	35,40	3,70
Грецкий орех	10,00	16,20	60,80	11,10	6,10
Порошок шиповника	3,00	4,10	1,30	30,40	48,19
Итого	100,00	**7,69**	**9,09**	**61,16**	**6,73**

Энергетическая ценность 100 г зернового батончика составила 345 ккал, энергетическая ценность порции (25 г) – 86 ккал.

На рисунке 1 представлены лабораторные образцы зерновых батончиков, изготовленных по разработанной рецептуре.

Рис. 1 Лабораторные образцы зерновых батончиков с шиповником

Согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» для обогащенных продуктов содержание пищевого или биологически активного вещества, используемого для обогащения, должно составлять не менее

5% от уровня суточного потребления в разовой порции или 100 г готового изделия. Расчетные данные показали, что уже при внесении 1% порошка рафината и жмыха шиповника от рецептуры можно получить обогащенный пищевой продукт с содержанием пищевых волокон в порции 5,9-7,4% или 23,6-29,5% в 100 г зернового батончика, при внесении 5% порошка от рецептуры содержание пищевых волокон составляет 7,6-9,5% в порции или 30,3-37,9% в 100 г батончика. Внесение порошка рафината и жмыха шиповника в указанном соотношении свыше 5% негативно влияет на органолептические характеристики готового изделия. Согласно органолептической оценке, оптимальным количеством порошка рафината и жмыха шиповника является 3% от рецептуры, что позволяет получить зерновой батончик с содержанием пищевых волокон 6,7-8,4% в порции или 26,9-33,7% в 100 г.

В результате проведенной работы была разработана рецептура зерновых батончиков с использованием отходов экстракции шиповника (рафинат, жмых) в качестве источника пищевых волокон, что позволяет позиционировать готовый продукт как обогащенный. Показано, что употребление 100 г разработанного батончика позволяет покрыть до 34% от рекомендуемой суточной потребности в пищевых волокнах для взрослого населения.

Библиографический список

1. Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения / Е. А. Пырьева, А. И. Сафронова // Вопросы питания. 2019. Т. 88, № 6. С. 5-11. DOI 10.24411/0042-8833-2019-10059.

2. The health benefits of dietary fibre / T. M. Barber, S. Kabisch, A. F. H. Pfeiffer, M. O. Weickert // Nutrients. 2020. 12. Pp. 1–17. DOI: 10.3390/nu12103209.

3. Рацион питания населения. 2013: Статистический сборник/Росстат-М.: ИИЦ «Статистика России», 2016. 220 с.

4. Оценка пищевой ценности безглютеновых зерновых батончиков на основе экспандированного зерна для питания детей старше трех лет / С. А. Урубков, А. В. Будова, С. О. Смирнов // Вопросы детской диетологии. 2024. Т. 22, № 4. С. 66-71. DOI 10.20953/1727-5784-2024-4-66-71.

5. Аминокислотный состав экспандированного зерна безглютеновых культур / С. А. Урубков, С. О. Смирнов, А. В. Будова [и др.] // Вопросы детской диетологии. 2024. Т. 22, № 2. С. 96-101. DOI 10.20953/1727-5784-2024-2-96-101.

6. Пищевая ценность продуктов из шиповника / Г. Н. Дубцова, И. У. Кусова, И. К. Куницына // Вопросы питания. 2018. Т. 87, № S5. С. 85-86. DOI 10.24411/0042-8833-2018-10175.

7. Nutritional and Phytochemical Characterization of Freeze-Dried Raspberry (Rubus idaeus): A Comprehensive Analysis / M. Marino, C. Gardana, M. Rendine, et al. // Foods. 2024. V. 13, № 7. P. 1051. DOI 10.3390/foods13071051.

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ, ПОСВЯЩЕННОЙ 155-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЫДАЮЩЕГОСЯ УЧЁНОГО В ОБЛАСТИ ЖИВОТНОВОДСТВА, АКАДЕМИКА ВАСХНИЛ МИХАИЛА ФЁДОРОВИЧА ИВАНОВА, Г. МОСКВА, 27-29 Апреля 2026 Г.

Сборник статей. Том 2

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор В.В. Малородов

Подписано к изданию 17.09.2026.
Объем данных 10,9 Мб.
Тираж 10 экз.

ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева
127434 Москва, ул. Тимирязевская, 49