

**ТИМИРЯЗЕВСКИЙ**  
**БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**  
**TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL**

**Том 2. № 1 / 2024**

Учредитель и издатель:  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Основан в 2023 году  
4 номера в год

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
Эл № ФС77-85810 от 22 августа 2023 года

Деятельность Тимирязевского биологического журнала осуществляется с целью  
научного и профессионального сотрудничества в области биологических наук,  
в том числе для развития сельского хозяйства.

Целевая аудитория журнала – исследователи, специалисты, представители академического и профессионального сообществ,  
работающие по теоретическим и прикладным направлениям биологической и сельскохозяйственной наук, и на их стыке.

В журнале публикуются оригинальные статьи, описывающие результаты научных исследований,  
обзорные статьи и краткие сообщения

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

##### ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

**Савинов И.А.**, д.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия)  
**Трухачев В.И.**, д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Валентини Р.**, доктор наук, PhD, профессор  
(1 – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;  
2 – Университет Туусси, Витербо, Италия);  
**Абдуллаева А.М.**, д.б.н., доцент (РОСБИОТЕХ, Москва, Россия);  
**Белопухов С.Л.**, д.с.-х.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Блохин Г.И.**, д.с.-х.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Бондорина И.А.**, д.б.н., в.н.с.  
(ГБС РАН им. Н.В. Цицина, Москва, Россия);  
**Васенев И.И.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Васильева О.Ю.**, д.б.н., доцент  
(ЦБС СО РАН, Новосибирск, Россия);  
**Вертипрахов В.Г.**, д.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Денисова Т.В.**, д.б.н., доцент (ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия);  
**Джалилов Ф.С.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Дивашук М.Г.**, к.б.н.,  
(1 – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;  
2 – ВНИИСБ, Москва, Россия);  
**Дубенок Н.Н.**, д.с.-х.н., академик РАН, профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Думачева Е.В.**, д.б.н., доцент  
(ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», Лобня, Россия);  
**Загарин А.Ю.**,  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Калашникова Е.А.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Калугина С.В.**, к.б.н., доцент (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия);  
**Каменский П.А.**, д.б.н., профессор  
(МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия);  
**Карлов Г.И.**, д.б.н., академик РАН, профессор  
(ВНИИСБ, Москва, Россия);  
**Квочко А.Н.**, д.б.н., профессор  
(ФГБОУ ВО СтГАУ, Ставрополь, Россия);  
**Кидов А.А.**, к.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Ким А.И.**, д.б.н., профессор  
(МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия);  
**Козлов А.В.**, д.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Кособрохов А.А.**, д.б.н., в.н.с.  
(ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушино, Россия);

**Костомахин Н.М.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Котова И.Б.**, д.б.н., профессор  
(МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия);  
**Ксенофонтов Д.А.**, д.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Латынина Е.С.**, к.в.н.  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Мазиров М.А.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Маловичко Л.В.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Малородов В.В.**, к.с.-х.н.  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Маннапов А.Г.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Маннапова Р.Т.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Новиков Н.Н.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Остренко К.С.**, д.б.н., в.н.с.  
(ФГБНУ ФИЦ ВИЖ имени Л.К. Эрнста, Подольск, Россия);  
**Поливанова О.Б.**, к.б.н.,  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Пыльнев В.В.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Рожнов В.В.**, д.б.н., академик РАН, г.н.с.  
(ИПЭЭ РАН имени А.Н. Северцова);  
**Русанов А.М.**, д.б.н., профессор (ОГУ, Оренбург, Россия);  
**Селионова М.И.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Селицкая О.В.**, к.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Соловьев А.А.**, д.б.н., профессор  
(ФГБУ «ВНИИКР», Быково, Россия);  
**Соломонова Е.В.**, к.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Тараканов И.Г.**, д.б.н., профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Тихонова М.В.**, к.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Ткачев А.В.**, д.с.-х.н., с.н.с.  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Халилуев М.Р.**, к.б.н., доцент (ВНИИСБ, Москва, Россия);  
**Чердниченко М.Ю.**, к.б.н., доцент  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);  
**Щербаков А.В.**, д.б.н., в.н.с.  
(МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия);  
**Юлдашбаев Ю.А.**, д.с.-х.н., академик РАН, профессор  
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия)

##### РЕДАКЦИЯ

Научный редактор – **М.А. Польшина**  
Редактор – **В.И. Марковская**  
Перевод на английский язык – **Н.А. Сергеева**  
Компьютерная верстка – **А.С. Лаврова**

Адрес редакции: 127550, г. Москва, ул.  
Тимирязевская, д. 58 (корпус 27), каб. 221.  
тел.: +7 (499) 976-07-48 добавочный 2  
e-mail: [izvestiya\\_bio@rgau-msha.ru](mailto:izvestiya_bio@rgau-msha.ru)  
<https://www.bioscience-journal.com/>

**TIMIRYAZEV**  
**BIOLOGICAL JOURNAL**  
ТИМИРЯЗЕВСКИЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**Vol. 2(1)/2024**

Founder and publisher:  
Federal State Budget Establishment of Higher Education –  
Russian Timiryazev State Agrarian University

Founded in 2023  
Four issues per year

The mass media registration certificate  
Эл № ФЦ77-85810 of August 22, 2023

The Timiryazev Biological Journal aims at scientific and professional cooperation in the field of biological sciences, including for the development of agriculture.

The main target audience of the journal are researchers, specialists, representatives of academic institutions and professional associations working in the theoretical and applied fields of the biological and agricultural sciences and at their interface.

The journal publishes original articles describing research findings, as well as review articles and research briefs.

#### EDITORIAL BOARD:

##### EDITOR-IN-CHIEF:

Assoc. Prof. **Ivan A. Savinov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia)  
Prof. **Vladimir I. Trukhachev**, DSc (Ag), DSc (Econ), Member of RAS, (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy), (1 – RSAU-MTAA, Moscow, Russia; 2 – University of Tuscia, Viterbo, Italy);  
Assoc. Prof. **Asiyat M. Abdullaeva**, DSc (Bio), (ROSBIOTECH, Moscow, Russia);  
Prof. **Sergei L. Belopukhov**, DSc (Ag), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Gennadiy I. Blokhin**, DSc (Ag), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
LRA **Irina A. Bondorina**, DSc (Bio), (The Main Botanical Garden, Moscow, Russia);  
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Olga Yu. Vasilyeva**, DSc (Bio), (Research Library of TSU, Novosibirsk, Russia);  
Assoc. Prof. **Vladimir G. Vertiprakhov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Tatyana V. Denisova**, DSc (Bio), (SFedU, Rostov-on-Don, Russia);  
Prof. **Fevzi S. Dzhalilov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
**Mikhail G. Divashuk**, CSc (Bio), (1 – RSAU-MTAA, Moscow, Russia; 2 – All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia);  
Prof. **Nikolay N. Dubenok**, DSc (Ag), Member of RAS, (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Elena V. Dumacheva**, DSc (Bio), (Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Russia);  
**Artem Yu. Zagarin**, (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Elena A. Kalashnikova**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Svetlana V. Kalugina**, CSc (Bio), (NRU, BelSU, Belgorod, Russia);  
LRA **Piotr A. Kamenski**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);  
Prof. **Gennady I. Karlov**, DSc (Bio), Member of RAS, (All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia);  
Prof. **Andrey N. Kvochko**, DSc (Bio), (StGAU, Stavropol, Russia);  
Assoc. Prof. **Artem A. Kidov**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Alexander I. Kim**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Andrey V. Kozlov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

LRA **Anatoliy A. Kosobryukhov**, DSc (Bio), (Pushchinsky Scientific Center for Biological Research, Pushchino, Russia);  
Prof. **Nikolay M. Kostomakhin**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Irina B. Kotova**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Dmitriy A. Ksenofontov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
**Evgeniya S. Latynina**, CSc (Vet), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Mikhail A. Mazirov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Lyubov V. Malovichko**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
**Viktor V. Malorodov**, CSc (Ag), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Ramziya T. Mannapova**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Nicolai N. Novikov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
LRA **Konstantin S. Ostrenko**, (L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Russia);  
**Oksana B. Polivanova**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Vladimir V. Pylnev**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
ChRA **Viatcheslav V. Rozhnov**, DSc (Bio), Member of RAS, (Institute of ecology and evolution A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia);  
Prof. **Aleksandr M. Rusanov**, DSc (Bio), (Orel State University, Orel, Russia);  
Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Alexander A. Soloviev**, DSc (Bio), (All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Russia);  
Assoc. Prof. **Ekaterina V. Solomonova**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Prof. **Ivan G. Tarakanov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Marya V. Tikhonova**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
SRA **Aleksandr V. Tkachev**, DSc (Ag), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Marat R. Khaliluev**, CSc (Bio), (All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia);  
Assoc. Prof. **Mikhail Yu. Cherednichenko**, CSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);  
LRA **Andrey V. Shcherbakov**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);  
Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbaev**, DSc (Ag), Member of RAS (RSAU-MTAA, Moscow, Russia)

##### EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Marina A. Polshina**  
Editor – **Vera I. Markovskaya**  
Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**  
Computer design and making-up – **Anneta S. Lavrova**

Editors' office address: 58, Timiryazevskaya str., Moscow, 127550  
Tel.: +7 (499) 976-07-48\*2  
E-mail: [izvestiya\\_bio@rgau-msha.ru](mailto:izvestiya_bio@rgau-msha.ru)  
<https://www.bioscience-journal.com/>

## СОДЕРЖАНИЕ

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ

- Оригинальная научная статья  
**Н.Н. Дубенок, А.В. Лебедев, С.А. Чистяков**  
Возрастные изменения березовых древостоев на постоянных пробных площадях заповедника «Кологривский лес» ..... 6
- Оригинальная научная статья  
**Д.М. Годлин, Г.Э. Тер-Петросянц, С.В. Акимова**  
Применение биоконплекса Revitalize liquid для повышения адаптивности винограда при высадке в условия открытого грунта ..... 22
- Оригинальная научная статья  
**А.В. Антипина, С.Ю. Ермаков**  
Экологическая специфика состава твердых коммунальных отходов Бийского городского округа ..... 35
- Оригинальная научная статья  
**В.К. Гвоздь, Д.И. Шаламов, Т.М. Джанчаров**  
Оценка влияния торфяного грунта на содержание подвижных форм тяжелых металлов и аллелотоксичности в урбанизированных почвах под влаголюбивыми растениями в условиях Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева ..... 47
- Оригинальная научная статья  
**И.Г. Криницын, Е.Ю. Ембатурова, А.В. Гемонов, Е.С. Калмыкова**  
Особенности структуры травянистого покрова и естественного возобновления в ельниках заповедника «Кологривский лес» ..... 57

## ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ

- Оригинальная научная статья  
**С.И. Полина, В.Г. Вертипрахов**  
Физиолого-биохимический статус кур-несушек с идеальной фистулой при замене в рационе кормовых дрожжей добавками животного происхождения ..... 88
- Краткое сообщение  
**В.К. Каменский, А.М. Абдуллаева**  
Перспективы применения водных растений в кормах для сельскохозяйственной птицы ..... 94

## ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Оригинальная научная статья  
**А.В. Ткачев, О.Л. Ткачева, А.В. Петряева**  
Физиологические особенности резистентности спермы жеребцов к охлаждению с разным антигенным профилем эритроцитов ..... 98
- Оригинальная научная статья  
**О.Н. Никифорова, Э.В. Маркин**  
Изучение показателей липидного обмена у спортсменов-гребцов при разной интенсивности физической нагрузки ..... 106

## МИКРОБИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

- Оригинальная научная статья  
**Д.В. Свистунов, Р.Т. Маннапова, А.Г. Маннапов**  
Реактивность костного мозга и микробиоценоз кишечника здоровых и больных кандидамикозом перепелов под влиянием продуктов пчеловодства ..... 113

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

- Оригинальная научная статья  
**А.М. Болховецкая, И.А. Заверткин, Н.С. Матюк, В.А. Николаев, О.А. Савоскина**  
Севооборот как биологический фактор регулирования засоренности посевов ярового ячменя в условиях Сонковского района Тверской области ..... 124

## CONTENTS

## BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

- Original article  
**Nikolay N. Dubenok, Aleksandr V. Lebedev, Sergey A. Chistyakov**  
Age changes of birch stands on the permanent sample plots of the Kologrivsky Forest Nature Reserve ..... 6
- Original article  
**Dmitriy M. Godlin, Georg E. Ter-Petrosyants, Svetlana V. Akimova**  
Application of revitalize liquid biocomplex to increase adaptability of grapes at planting in open ground conditions ..... 22
- Original article  
**Alesia V. Antipina, Sergey Yu. Ermakov**  
Ecological specificity of the composition of municipal solid waste of the Biysk urban district ..... 35
- Original article  
**Varvara K. Gvozd, Dmitry I. Shalamov, Turmushbek M. Dzhancharov**  
Assessment of the effect of peat soil on the content of mobile forms of heavy metals and allelotoxicity in urbanized soils under moisture-loving plants at the Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy ..... 47
- Original article  
**Igor G. Krinitsyn, Elena Yu. Yembaturova, Aleksandr V. Gemonov, Ekaterina S. Kalmykova**  
Features of the structure of the herbaceous cover and natural regeneration in the spruce forests of the Kologrivsky Forest Nature Reserve ..... 57

## GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

- Original article  
**Svetlana I. Polina, Vladimir G. Vertiprakhov**  
Effect of protein additives of animal origin on the body of laying hens with ileal fistula ..... 88
- Short communication  
**Vladislav K. Kamenskiy, Asiyat M. Abdullaeva**  
Prospects for the use of aquatic plants in poultry feed ..... 94

## ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- Original article  
**Aleksandr V. Tkachev, Olga L. Tkacheva, Alina V. Petryaeva**  
Physiological features of semen resistance of stallions to cooling with different antigenic profile of erythrocytes ..... 98
- Original article  
**Olga N. Nikiforova, Eduard V. Markin**  
Study of lipid metabolic indicators in rowers at different exercise intensities ..... 106

## MICROBIOLOGY, MOLECULAR BIOLOGY

- Original article  
**Dmitriy V. Svistunov, Ramziya T. Mannapova, Alfir G. Mannapov**  
Bone marrow reactivity and intestinal microbiocenosis of healthy and CDT-infected quails under the influence of bee products ..... 113

## SOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

- Original article  
**Angelina M. Bolkhovetskaya, Igor A. Zavertkin, Nikolay S. Matyuk, Vladimir A. Nikolaev, Olga A. Savoskina**  
Crop rotation as a biological factor of weed control in spring barley crop in the Sonkovsky district of the Tver region ..... 124

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ /  
BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY**

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ**

Оригинальная научная статья

УДК 633.878.43: 630\*55: 630\*181(470.317)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-6-21>



**Возрастные изменения березовых древостоев  
на постоянных пробных площадях заповедника «Кологривский лес»**

**Николай Николаевич Дубенок<sup>1</sup>, Александр Вячеславович Лебедев<sup>1,2</sup>,  
Сергей Анатольевич Чистяков<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>2</sup> Государственный природный заповедник «Кологривский лес»  
имени М.Г. Синицына, Кологрив, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Александр Вячеславович Лебедев; [alebedev@rgau-msha.ru](mailto:alebedev@rgau-msha.ru)

**Аннотация**

Фактические закономерности динамики древостоев могут быть выявлены только при наличии данных наблюдений на постоянных пробных площадях. Цель исследований – выявление особенностей возрастных изменений таксационных показателей в древостоях постоянных пробных площадей в березовых насаждениях заповедника «Кологривский лес» (Костромская область). Объектом исследований являлись древостои в березовых насаждениях, расположенных в ядре заповедника «Кологривский лес». В настоящее время они представлены спелыми и перестойными березовыми древостоями с преобладанием елового подроста на узколесосечных вырубках 1928 г. шириной 100-150 м. На пробных площадях выполнялся пересчет деревьев по отдельным элементам леса с распределением по ступеням толщины 4 см. Для 20-25 деревьев измерялась высота в диапазоне варьирования диаметров с дальнейшим графическим выравниванием значений. Запас рассчитывался с использованием таблиц объемов стволов, биомасса фракций древостоя – с использованием аллометрических уравнений. Проведен анализ возрастных изменений таксационных показателей (средние высота и диаметр, число деревьев, сумма площадей сечений, запас, биомасса фракций, содержание углерода в биомассе) за период с 1981-1983 по 2018-2022 гг. На рассмотренных пробных площадях преобладающим элементом леса на каждом возрастном промежутке является береза. Но в настоящее время древостои приближаются к этапу начала распада. На месте чистых березовых насаждений в будущем сформируются смешанные елово-липовые насаждения. При сопоставлении изменения таксационных показателей на постоянных пробных площадях с моделью хода роста березовых древостоев в типе леса ельник кисличный выявлено, что для фактических древостоев изменения средних высот синхронны с кривой, полученной по модели, а по остальным показателям имеются значительные расхождения.

**Ключевые слова**

березовые древостои, постоянная пробная площадь, заповедник «Кологривский лес», Костромская область

**Финансирование**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-01016, <https://rscf.ru/project/23-76-01016/>

**Для цитирования**

Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А. Возрастные изменения березовых древостоев на постоянных пробных площадях заповедника «Кологривский лес» // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 6-21. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-6-21>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-6-21>

## Age changes of birch stands on the permanent sample plots of the Kologrivsky Forest Nature Reserve

Nikolay N. Dubenok<sup>1</sup>, Aleksandr V. Lebedev<sup>1,2</sup>, Sergey A. Chistyakov<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia<sup>2</sup> Kologrivsky Forest Nature Reserve, Moscow, RussiaCorresponding author: Aleksandr V. Lebedev; [alebedev@rgau-msha.ru](mailto:alebedev@rgau-msha.ru)

### Abstract

The actual patterns of forest stand dynamics can be revealed only if observational data on permanent sample plots are available. The aim of the study is to identify the characteristics of the age changes of stand indicators in permanent birch sample plots of the Kologrivsky Forest Nature Reserve (Kostroma Region). The object of the study was forest stands in birch stands located in the core of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. At present they are represented by mature and over-mature birch stands with the predominance of spruce undergrowth in narrow clearings of 1928 with a width of 100-150 m. In the permanent sample plots trees were counted according to individual forest elements with the distribution of 4 cm in thickness steps. For 20-25 trees, heights were measured in the range of varying diameters with further graphical alignment of the values. The stock was calculated using stem volume tables, and the biomass of the stand fractions was calculated using allometric equations. An analysis of the age changes of stand indicators (average height and diameter, number of trees, basal area, stock, biomass fractions, carbon content in biomass) for the period from 1981-1983 to 2018-2022 was carried out. In the sample plots considered, the dominant forest element in each age interval is birch. At present, however, the forest stands are approaching the stage of initial decay. Instead of pure birch stands, mixed spruce-linden stands will develop in the future. Comparing the changes of the stand indicators on the plots with a model of the growth of birch stands in the sorrel spruce forest type, it was found that the changes of the average heights of the actual stands are synchronous with the curve obtained from the model, while for other indicators there are significant discrepancies.

### Key words

birch stands, permanent sample plots, Kologrivsky Forest Nature Reserve, Kostroma Region

### Funding

The study was funded by the Russian Science Foundation grant No. 23-76-01016, <https://rscf.ru/en/project/23-76-01016/>

### For citation

Dubenok N.N., Lebedev A.V., Chistyakov S.A. Age changes of birch stands on the permanent sample plots of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):6-21. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-6-21>

### Введение Introduction

Фактические закономерности динамики древостоев могут быть выявлены только при наличии данных наблюдений на постоянных пробных площадях [8, 9, 13]. В Костромской области одним из объектов проведения стационарных лесохозяйственных исследований является государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына. Комплексные исследования в современных границах заповедника стали проводиться в начале 1980 гг., когда по распоряжению Совета Министров СССР от 8 апреля 1980 г. № 460-р был выделен одноименный памятник природы. Первые пробные площади были заложены в конце 1970 – начале 1980-х гг., результатом работ на которых стало подробное лесоводственное описание лесного массива памятника природы – практически единственного

сохранившегося в европейской южной тайге участка коренных темнохвойных лесов [6, 7].

В 1990-е гг. научные исследования в памятнике природы «Кологривский лес» практически не проводились. Интерес к этому объекту возродился в начале 2000-х гг. при проектировании государственного природного заповедника. В этот период впервые были проведены комплексные геоботанические исследования территории будущего заповедника, выявлены факторы дифференциации единиц растительного покрова различного масштаба [12], выявлена роль экотопических и антропогенных факторов в формировании видового и структурного разнообразия южнотаежных лесов [10]. Результаты дальнейших исследований, направленных на изучение многолетней динамики насаждений заповедника, нашли отражение в работах А.Н. Иванова с соавт. [5], А.В. Лебедева и С.А. Чистякова [10], Н.Н. Дубенка с соавт. [2].

Проведенные ранее исследования по динамике компонентов лесных фитоценозов заповедника «Кологривский лес» носят фрагментарный характер. При этом накопленные с конца 1970-х гг. по настоящее время данные с постоянных пробных площадей заповедника не подвергались комплексному анализу и требуют проведения всестороннего изучения для выявления основных направлений происходящих изменений в лесных насаждениях.

**Цель исследований:** выявление особенностей возрастных изменений таксационных показателей в древостоях постоянных пробных площадей в березовых насаждениях заповедника «Кологривский лес» (Костромская область).

### Методика исследований

#### Research method

Объектом исследований являлись древостои в березовых насаждениях, расположенных в ядре заповедника «Кологривский лес» (58.797990N, 43.979755E, EPSG: 43226). В настоящее время они представлены спелыми и перестойными березовыми древостоями с преобладанием елового подроста на узколесосечных вырубках 1928 г. шириной 100-150 м. После рубки участки быстро возобновились мелколиственными породами и елью, разрушение стен леса не произошло, а заготовка древесины практически не повлияла на состояние и жизнь всего массива соседних девственных лесов. В 1981-1983 гг. сотрудниками Костромской лесной опытной станции были заложены 5 постоянных пробных площадей (0,25-0,5 га). С 2014 по 2019 гг. сотрудниками научного отдела государственного природного заповедника «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына проведены работы по восстановлению этих площадей с осуществлением комплекса лесоводственно-таксационных работ.

В настоящее время в древостоях пробных площадей первый ярус сформирован преимущественно березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), а второй ярус елью (*Picea* sp.). В подлеске преобладающими являются рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.), смородина колосистая (*Ribes spicatum* E. Robson), малина (*Rubus idaeus* L.). Подрост представлен несколькими поколениями ели (*Picea* sp.), липой сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), пихтой сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), кленом остролистным (*Acer platanoides* L.). В травяно-кустарничковом ярусе наибольшую встречаемость имеют такие виды, как щитовник широколистный (*Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray), звездчатка ланцетолистная (*Rabelera holostea* (L.) M.T. Sharples & E.A. Tripp), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), вороний глаз обыкновенный (*Paris quadrifolia* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.), майник двулистный (*Maianthemum*

*bifolium* (L.) F.W. Schmidt), звездчатка дубравная (*Stellaria nemorum* L.).

Таксационная характеристика древостоев за 1981-1983 гг. приводится по архивным материалам. На пробных площадях выполнялся переучет всех деревьев по отдельным элементам леса с распределением по ступеням толщины 4 см. Для 20-25 деревьев измерялась высота в диапазоне варьирования диаметров с дальнейшим графическим выравниванием значений (кривая высот). Возраст определялся путем отбора кернов возрастным буром для 3-5 деревьев из центральных ступеней толщины. Средний диаметр рассчитывался как среднее квадратическое значение, соответствующее средней площади поперечного сечения, а средняя высота определялась по графику высот. Запас древесины рассчитан с использованием объемных таблиц [4]. Биомасса фракций древостоя находилась по аллометрическим уравнениям зависимости от высоты и диаметра среднего дерева для соответствующих пород [1]. Содержание углерода оценивалось по рекомендациям МГЭИК, согласно которым допускается принять его долю в сухой биомассе 50% [14]. Изменение таксационных показателей на постоянных пробных площадях сопоставлялось с данными моделей хода роста древостоев в еловых типах леса заповедника «Кологривский лес» при фактической средней полноте, полученных по данным двух циклов лесоустройства (1998 и 2009 годы) [3].

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

Пробная площадь 2/81 (табл. 1) заложена в июле 1981 г. (А.В. Письмеров, П.М. Воробей, А.В. Тяк) на узколесосечной вырубке 1928 г. с сохранившимся еловым подростом. Пробная площадь на момент закладки находилась в одновозрастном еловом насаждении с примесью березы предварительного и последующего возобновления. В 1981 г. по числу деревьев (1892 шт. на 1 га) и запасу древесины (147 м<sup>3</sup> на 1 га) преобладающей породой была ель. Число деревьев березы составляло 1139 шт. на 1 га, а запас – 82 м<sup>3</sup> на 1 га. Остальные древесные породы (осина, ива, пихта) были представлены единичными деревьями. В последующие годы в древостое в результате конкурентных отношений происходили процессы интенсивной дифференциации деревьев, результатом чего стало большое количество сухостойных деревьев и валежа ели. К 2019 г. количество растущих деревьев ели сократилось до 368 шт. на 1 га с запасом 105 м<sup>3</sup> на 1 га, березы – до 418 шт. на 1 га с запасом 122 м<sup>3</sup> на 1 га. В целом для древостоя с 1981 по 2019 гг. произошло повышение запаса древесины с 251 до 272 м<sup>3</sup> на 1 га при снижении суммы площадей сечений с 32,8 до 26,4 м<sup>2</sup> на 1 га. По содержанию углерода в древесной биомассе наблюдается увеличение с 78 до 86 т на 1 га.



**Параметры растущей части древостоя пробной площади 2/81**

Параметр древостоя	1981 г.						2019 г.			
	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Ива козья ( <i>Salix caprea</i> L.)	Пихта сибирская ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Итого	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Итого
Возраст, лет	68	52	52	52	68	-	106	91	91	-
Густота, экз/га	1892	1139	38	20	10	3099	368	418	14	800
Средний диаметр стволов, см	11,5	11,1	21,9	19,1	12,1	11,6	18,9	20,0	51,7	20,5
Средняя высота деревьев, м	12,6	14,9	22,5	14,8	13,1	13,8	20,5	21,0	32,0	22,0
Площадь сечения стволов, м <sup>2</sup> /га	19,7	11,0	1,4	0,6	0,1	32,8	10,3	13,1	2,9	26,4
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	147	82	17	4	1	251	105	122	45	272
Доля в общем запасе, %	58,6	32,7	6,8	1,6	0,4	100,0	38,6	44,9	16,5	100,0
Масса стволовой древесины, т/га	50	35	6	1	0	92	40	55	16	111
Масса коры, т/га	5	5	1	0	0	12	3	7	2	13
Масса ветвей, т/га	9	6	1	0	0	15	5	8	2	16
Масса хвои/листвы, т/га	7	1	0	0	0	9	4	2	0	6
Масса корней, т/га	15	10	2	1	0	28	10	13	5	27
Общая масса, т/га	86	57	9	3	0	156	62	85	25	172
Содержание С, т/га	43	29	5	1	0	78	31	42	13	86

Table 1

## Parameters of the growing part of the stand of sample area 2/81

Parameter of the stand	1981						2019			
	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Sallow ( <i>Salix caprea</i> L.)	Siberian fir ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Total	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Total
Age, years	68	52	52	52	68	-	106	91	91	-
Density, ex/ha	1892	1139	38	20	10	3099	368	418	14	800
Average trunk diameter, cm	11.5	11.1	21.9	19.1	12.1	11.6	18.9	20.0	51.7	20.5
Average tree height, m	12.6	14.9	22.5	14.8	13.1	13.8	20.5	21.0	32.0	22.0
Basal area, m <sup>2</sup> /ha	19.7	11.0	1.4	0.6	0.1	32.8	10.3	13.1	2.9	26.4
Stem wood stock, m <sup>3</sup> /ha	147	82	17	4	1	251	105	122	45	272
Share in total stock, %	58.6	32.7	6.8	1.6	0.4	100.0	38.6	44.9	16.5	100.0
Weight of stem wood, t/ha	50	35	6	1	0	92	40	55	16	111
Weight of bark, t/ha	5	5	1	0	0	12	3	7	2	13
Weight of branches, t/ha	9	6	1	0	0	15	5	8	2	16
Mass of needles/leaves, t/ha	7	1	0	0	0	9	4	2	0	6
Weight of roots, t/ha	15	10	2	1	0	28	10	13	5	27
Total weight, t/ha	86	57	9	3	0	156	62	85	25	172
C content, t/ha	43	29	5	1	0	78	31	42	13	86

Пробная площадь 3/81 (табл. 2) заложена в июле 1981 г. (А.В. Письмеров, П.М. Воробей, А.В. Тяк) на сплошной узколесосечной вырубке 1929-1930 гг. в производном березняке. На момент закладки пробной площади древостой был одновозрастным с участием березы и ели предварительного возобновления. Под пологом березы наблюдалось последующее возобновление ели. В 1981 г. преобладающей по числу деревьев (998 шт. на 1 га) и запасу (246 м<sup>3</sup> на 1 га) являлась береза. Число деревьев ели первого и второго поколений составляло 675 шт. на 1 га, а запас – 85 м<sup>3</sup> на 1 га. В качестве единичных деревьев,

входящих во второй ярус древостоя, на пробной площади присутствовали липа и рябина. К 2018 г. количество деревьев березы сократилось до 525 шт. на 1 га со значительным повышением запаса до 423 м<sup>3</sup> на 1 га. Количество деревьев ели составило 558 шт. на 1 га с запасом 115 м<sup>3</sup> на 1 га. Для всего древостоя за период с 1981 по 2018 гг. наблюдается увеличение суммы площадей сечений с 40,2 до 42,3 м<sup>2</sup> на 1 га со значительным повышением запаса древесины с 347 до 555 м<sup>3</sup> на 1 га. Содержание углерода в биомассе древостоя за рассматриваемый временной промежуток увеличилось с 117 до 162 т на 1 га.

Таблица 2

Параметры растущей части древостоя пробной площади 3/81

Параметр древостоя	1981 г.						2018 г.					
	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Ель I ( <i>Picea</i> sp.)	Ель II ( <i>Picea</i> sp.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Рябина обыкновенная ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Итого	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Клен остролистный ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Итого
Возраст, лет	50	89	54	50	50	-	87	105	60	50	20	-
Густота, экз/га	998	188	487	72	173	1918	525	558	42	8	50	1183
Средний диаметр стволов, см	18,9	21,3	9,0	16,0	8,4	16,3	27,4	15,3	13,3	24,6	4,8	21,3
Средняя высота деревьев, м	18,8	21,6	9,3	16,1	10,0	18,2	30,1	16,2	12,6	30,4	6,5	26,4
Площадь сечения стволов, м <sup>2</sup> /га	28,0	6,7	3,1	1,4	1,0	40,2	31,0	10,3	0,6	0,4	0,1	42,3
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	246	68	17	11	5	347	423	115	12	5	0	555
Доля в общем запасе, %	70,9	19,6	4,9	3,2	1,4	100,0	76,2	20,7	2,2	0,9	0,0	100,0
Масса стволовой древесины, т/га	105	27	6	5	2	145	182	32	2	2	0	218
Масса коры, т/га	14	2	1	1	0	19	21	3	0	0	0	24
Масса ветвей, т/га	16	4	1	1	1	22	26	5	0	0	0	32
Масса хвои/листвы, т/га	4	2	1	0	0	8	4	4	0	0	0	8
Масса корней, т/га	27	7	2	2	2	39	31	9	1	0	0	41
Общая масса, т/га	166	42	11	9	5	233	264	52	3	3	0	323
Содержание С, т/га	83	21	6	4	3	117	132	26	2	2	0	162

Table 2

## Parameters of the growing part of the stand of sample area 3/81

Parameter of the stand	1981						2018					
	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Spruce I ( <i>Picea</i> sp.)	Spruce II ( <i>Picea</i> sp.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Mountain ash ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Total	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Norway maple ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Total
Age, years	50	89	54	50	50	-	87	105	60	50	20	-
Density, ex/ha	998	188	487	72	173	1918	525	558	42	8	50	1183
Average trunk diameter, cm	18.9	21.3	9.0	16.0	8.4	16.3	27.4	15.3	13.3	24.6	4.8	21.3
Average tree height, m	18.8	21.6	9.3	16.1	10.0	18.2	30.1	16.2	12.6	30.4	6.5	26.4
Basal area, m <sup>2</sup> /ha	28.0	6.7	3.1	1.4	1.0	40.2	31.0	10.3	0.6	0.4	0.1	42.3
Stem wood stock, m <sup>3</sup> /ha	246	68	17	11	5	347	423	115	12	5	0	555
Share in total stock, %	70.9	19.6	4.9	3.2	1.4	100.0	76.2	20.7	2.2	0.9	0.0	100.0
Weight of stem wood, t/ha	105	27	6	5	2	145	182	32	2	2	0	218
Weight of bark, t/ha	14	2	1	1	0	19	21	3	0	0	0	24
Weight of branches, t/ha	16	4	1	1	1	22	26	5	0	0	0	32
Mass of needles/leaves, t/ha	4	2	1	0	0	8	4	4	0	0	0	8
Weight of roots, t/ha	27	7	2	2	2	39	31	9	1	0	0	41
Total weight, t/ha	166	42	11	9	5	233	264	52	3	3	0	323
C content, t/ha	83	21	6	4	3	117	132	26	2	2	0	162

Пробная площадь 5/81 (табл. 3) заложена в августе 1981 г. (А.В. Письмеров, П.М. Воробей, А.В. Тяк) на узкой лесосеке 1928 г. Заготовка древесины производилась зимой, вывозка – конная в сортиментах. Порубочные остатки на лесосеке сжигались в кучах. Древостой на лесосеке возобновился березой с примесью осины и ели. В 1981 г. в верхний полог входила ель с куртинным размещением из подроста предварительной генерации. Древостой был одновозрастным. Преобладающей породой являлась береза с количеством растущих деревьев 1005 шт. на 1 га с запасом древесины 203 м<sup>3</sup> на 1 га. Количество растущих деревьев ели составляло 570 шт. на 1 га с запасом

97 м<sup>3</sup> на 1 га. Единичными деревьями на пробной площади были представлены липа, осина и рябина. К 2019 г. количество деревьев березы сократилось в 4 раза (до 260 шт. на 1 га), а запас практически не изменился (193 м<sup>3</sup> на 1 га). Число растущих деревьев ели уменьшилось практически в 2 раза (210 шт. на 1 га), а запас древесины составил 62 м<sup>3</sup> на 1 га. За рассматриваемый период для древостоя наблюдалось снижение суммы площадей сечений с 35,6 до 28,3 м<sup>2</sup> на 1 га, а величина запаса древесины не изменилась: в 1981 г. – 330 м<sup>3</sup> на 1 га; в 2019 г. – 335 м<sup>3</sup> на 1 га. Количество депонированного древостоем углерода в 1981 г. составило 113 т на 1 га, в 2019 г. – 102 т на 1 га.

Параметры растущей части древостоя пробной площади 5/81

Parameter of the stand	1981 г.						2019 г.				
	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Рябина обыкновенная ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Итого	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Итого
Возраст, лет	53	54	53	53	53	-	90	90	90	90	-
Густота, экз/га	1005	570	80	50	15	1720	210	260	40	25	535
Средний диаметр стволов, см	16,3	16,0	15,8	6,4	34,9	16,2	18,5	28,7	15,8	50,8	26,0
Средняя высота деревьев, м	20,9	17,3	16	8,1	26,0	19,7	21,0	24,5	18,5	32,0	25,0
Площадь сечения стволов, м <sup>2</sup> /га	21,0	11,5	1,6	0,2	1,4	35,6	5,6	16,8	0,8	5,1	28,3
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	203	97	12	1	17	330	62	193	6	74	335
Доля в общем запасе, %	61,5	29,4	3,6	0,3	5,2	100,0	18,5	57,6	1,8	22,1	100,0
Масса стволовой древесины, т/га	89	38	5	4	6	143	22	80	3	27	133
Масса коры, т/га	12	3	1	1	1	18	2	10	1	4	16
Масса ветвей, т/га	13	6	1	1	1	22	3	12	1	3	19
Масса хвои/листвы, т/га	3	4	0	0	0	7	2	2	0	0	5
Масса корней, т/га	20	10	2	2	2	36	5	17	1	8	32
Общая масса, т/га	137	61	10	8	10	226	34	121	5	43	204
Содержание С, т/га	68	31	5	4	5	113	17	60	3	22	102

Table 3

## Parameters of the growing part of the stand of sample area 5/81

Параметр древостоя	1981						2019				
	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Mountain ash ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Total	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Total
Age, years	53	54	53	53	53	-	90	90	90	90	-
Density, ex/ha	1005	570	80	50	15	1720	210	260	40	25	535
Average trunk diameter, cm	16.3	16.0	15.8	6.4	34.9	16.2	18.5	28.7	15.8	50.8	26.0
Average tree height, m	20.9	17.3	16	8.1	26.0	19.7	21.0	24.5	18.5	32.0	25.0
Basal area, m <sup>2</sup> /ha	21.0	11.5	1.6	0.2	1.4	35.6	5.6	16.8	0.8	5.1	28.3
Stem wood stock, m <sup>3</sup> /ha	203	97	12	1	17	330	62	193	6	74	335
Share in total stock, %	61.5	29.4	3.6	0.3	5.2	100.0	18.5	57.6	1.8	22.1	100.0
Weight of stem wood, t/ha	89	38	5	4	6	143	22	80	3	27	133
Weight of bark, t/ha	12	3	1	1	1	18	2	10	1	4	16
Weight of branches, t/ha	13	6	1	1	1	22	3	12	1	3	19
Mass of needles/leaves, t/ha	3	4	0	0	0	7	2	2	0	0	5
Weight of roots, t/ha	20	10	2	2	2	36	5	17	1	8	32
Total weight, t/ha	137	61	10	8	10	226	34	121	5	43	204
C content, t/ha	68	31	5	4	5	113	17	60	3	22	102

Пробная площадь 9/83 (табл. 4) заложена в 1983 г. под руководством А.В. Письмерова в березовом насаждении, сформировавшемся на месте узколесосечной вырубki 1928 г. со сжиганием порубочных остатков. Сжигание порубочных остатков часто приводило к возникновению сплошных палов, в результате чего уничтожались оставшиеся после рубки еловый подрост и тонкомер. В 1983 г. преобладающей по числу деревьев (1342 шт. на 1 га) и запасу древесины (287 м<sup>3</sup> на 1 га) на пробной площади была береза. Ель, представленная двумя поколениями, имела запас 17 м<sup>3</sup> на 1 га. Единичными деревьями были представлены пихта, липа и осина. К 2022 г.

произошло естественное изреживание березового элемента леса с сокращением количества растущих деревьев в 3 раза (до 400 шт. на 1 га), при этом запас древесины повысился до 324 м<sup>3</sup> на 1 га. Количество растущих деревьев ели практически не изменилось (450 шт. на 1 га), а их запас составил 43 м<sup>3</sup> на 1 га. Кроме единичных деревьев осины, липы и пихты, во втором ярусе отмечены единичные деревья клена остролистного. За рассматриваемый временной промежуток на пробной площади произошло увеличение запаса древостоя с 332 до 470 м<sup>3</sup> на 1 га. Также наблюдается повышение депонированного биомассой древостоя углерода со 109 до 151 т на 1 га.

Таблица 4

### Параметры растущей части древостоя пробной площади 9/83

Параметр древостоя	1983 г.							2022 г.						
	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Ель I ( <i>Picea</i> sp.)	Ель II ( <i>Picea</i> sp.)	Пихта сибирская ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Итого	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Пихта сибирская ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Клен остролистный ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Итого
Возраст, лет	55	60	50	50	60	55	-	95	95	95	90	100	20	-
Густота, экз/га	1342	12	470	10	26	30	1890	400	34	450	10	18	2	914
Средний диаметр стволов, см	16,6	16,7	8,7	8,0	9,1	29,9	15,2	28,9	51,1	13,6	14,6	16,2	8,0	23,7
Средняя высота деревьев, м	21,8	18,0	0,4	7,9	15,1	27,6	20,3	28,5	31,0	12,5	12,0	17,5	9,5	26,2
Площадь сечения стволов, м <sup>2</sup> /га	29,0	0,3	2,8	0,1	0,2	2,1	34,4	26,2	7,0	6,5	0,2	0,4	0,0	40,3
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	287	3	14	1	1	26	332	324	99	43	1	3	0	470
Доля в общем запасе, %	86,4	0,9	4,2	0,3	0,3	7,8	100,0	68,9	21,1	9,1	0,2	0,6	0,0	100,0
Масса стволовой древесины, т/га	129	1	0	0	1	10	140	145	36	16	0	1	0	199
Масса коры, т/га	17	0	0	0	0	2	19	17	6	2	0	0	0	25
Масса ветвей, т/га	19	0	0	0	0	1	21	21	4	3	0	0	0	28
Масса хвои/листвы, т/га	4	0	1	0	0	0	5	4	0	2	0	0	0	7
Масса корней, т/га	27	0	2	0	0	3	33	27	11	5	0	1	0	44
Общая масса, т/га	196	1	4	0	1	16	218	214	58	28	1	2	0	303
Содержание С, т/га	98	1	2	0	1	8	109	107	29	14	0	1	0	151

Table 4

## Parameters of the growing part of the stand of sample area 9/83

Parameter of the stand	1983							2022						
	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Spruce I ( <i>Picea</i> sp.)	Spruce II ( <i>Picea</i> sp.)	Siberian fir ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Total	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	Siberian fir ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Norway maple ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Total
Age, years	55	60	50	50	60	55	-	95	95	95	90	100	20	-
Density, ex/ha	1342	12	470	10	26	30	1890	400	34	450	10	18	2	914
Average trunk diameter, cm	16.6	16.7	8.7	8.0	9.1	29.9	15.2	28.9	51.1	13.6	14.6	16.2	8.0	23.7
Average tree height, m	21.8	18.0	0.4	7.9	15.1	27.6	20.3	28.5	31.0	12.5	12.0	17.5	9.5	26.2
Basal area, m <sup>2</sup> /ha	29.0	0.3	2.8	0.1	0.2	2.1	34.4	26.2	7.0	6.5	0.2	0.4	0.0	40.3
Stem wood stock, m <sup>3</sup> /ha	287	3	14	1	1	26	332	324	99	43	1	3	0	470
Share in total stock, %	86.4	0.9	4.2	0.3	0.3	7.8	100.0	68.9	21.1	9.1	0.2	0.6	0.0	100.0
Weight of stem wood, t/ha	129	1	0	0	1	10	140	145	36	16	0	1	0	199
Weight of bark, t/ha	17	0	0	0	0	2	19	17	6	2	0	0	0	25
Weight of branches, t/ha	19	0	0	0	0	1	21	21	4	3	0	0	0	28
Mass of needles/leaves, t/ha	4	0	1	0	0	0	5	4	0	2	0	0	0	7
Weight of roots, t/ha	27	0	2	0	0	3	33	27	11	5	0	1	0	44
Total weight, t/ha	196	1	4	0	1	16	218	214	58	28	1	2	0	303
C content, t/ha	98	1	2	0	1	8	109	107	29	14	0	1	0	151

Пробная площадь 10/83 (табл. 5) заложена в 1983 г. под руководством А.В. Письмерова в березовом насаждении, сформировавшемся на месте узколесосечной вырубке 1928 г. со сжиганием порубочных остатков. Сжигание порубочных остатков часто приводило к возникновению сплошных палов, в результате чего уничтожались оставшиеся после рубки еловый подрост и тонкомер. В 1989 г. преобладающей по числу деревьев (910 шт. на 1 га) и запасу древесины (338 м<sup>3</sup> на 1 га) на пробной площади являлась береза. Ель, представленная двумя поколениями, имела запас 30 м<sup>3</sup> на 1 га (684 шт. на 1 га). Единичными деревьями на пробной площади были представлены такие породы, как осина

и липа. К 2022 г. произошло естественное изреживание березового элемента леса с сокращением количества деревьев в 3 раза (306 шт. на 1 га). По числу стволов стала преобладать на пробной площади ель, представленная тремя поколениями (584 шт. на 1 га). Запас древесины деревьев ели составил 64 м<sup>3</sup> на 1 га. Единичными деревьями в настоящее время представлены пихта, осина, липа и клен. В целом для древостоя сумма площадей сечений (1989 г. – 34,5 м<sup>2</sup> на 1 га, 2022 г. – 33,3 м<sup>2</sup> на 1 га), запас (1989 г. – 399 м<sup>3</sup> на 1 га, 2022 г. – 400 м<sup>3</sup> на 1 га) и количество депонированного углерода (1989 г. – 134 т на 1 га, 2022 г. – 129 т на 1 га) за рассматриваемый период практически не изменились.



**Параметры растущей части древостоя пробной площади 10/83**

Параметр древостоя	1989 г.						2022 г.						
	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Ель I ( <i>Picea</i> sp.)	Ель II ( <i>Picea</i> sp.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Итого	Береза пушистая ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Ель ( <i>Picea</i> sp.)	Пихта сибирская ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Осина ( <i>Populus tremula</i> L.)	Липа сердцевидная ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Клен остролистный ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Итого
Возраст, лет	60	65	55	65	60	-	95	100	90	100	95	25	-
Густота, экз/га	910	14	14	670	48	1656	306	584	14	14	34	72	1024
Средний диаметр стволов, см	19,8	39,4	21,8	9,0	12,8	16,3	28,4	13,5	17,6	55,8	21,6	9,8	20,3
Средняя высота деревьев, м	27,9	32,2	22,3	9,8	19,8	26,1	31,5	15,0	16,0	36,5	20,5	10,5	27,0
Площадь сечения стволов, м <sup>2</sup> /га	28,0	1,7	0,5	4,3	0,6	34,5	19,4	8,4	0,3	3,4	1,2	0,5	33,3
Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га	338	25	6	24	6	399	263	64	3	56	12	3	400
Доля в общем запасе, %	84,7	6,3	1,5	6,0	1,5	100,0	65,8	16,0	0,8	14,0	3,0	0,8	100,0
Масса стволовой древесины, т/га	157	9	2	9	2	179	119	25	2	21	5	1	173
Масса коры, т/га	19	1	0	1	1	22	13	2	0	3	1	0	20
Масса ветвей, т/га	23	1	0	2	0	26	17	4	0	2	1	0	25
Масса хвои/листвы, т/га	4	0	0	2	0	6	3	3	0	0	0	0	6
Масса корней, т/га	27	3	1	3	1	34	20	7	0	6	2	1	35
Общая масса, т/га	229	15	3	16	5	267	172	41	3	32	9	3	259
Содержание С, т/га	114	7	2	8	2	134	86	20	1	16	4	1	129

Table 5

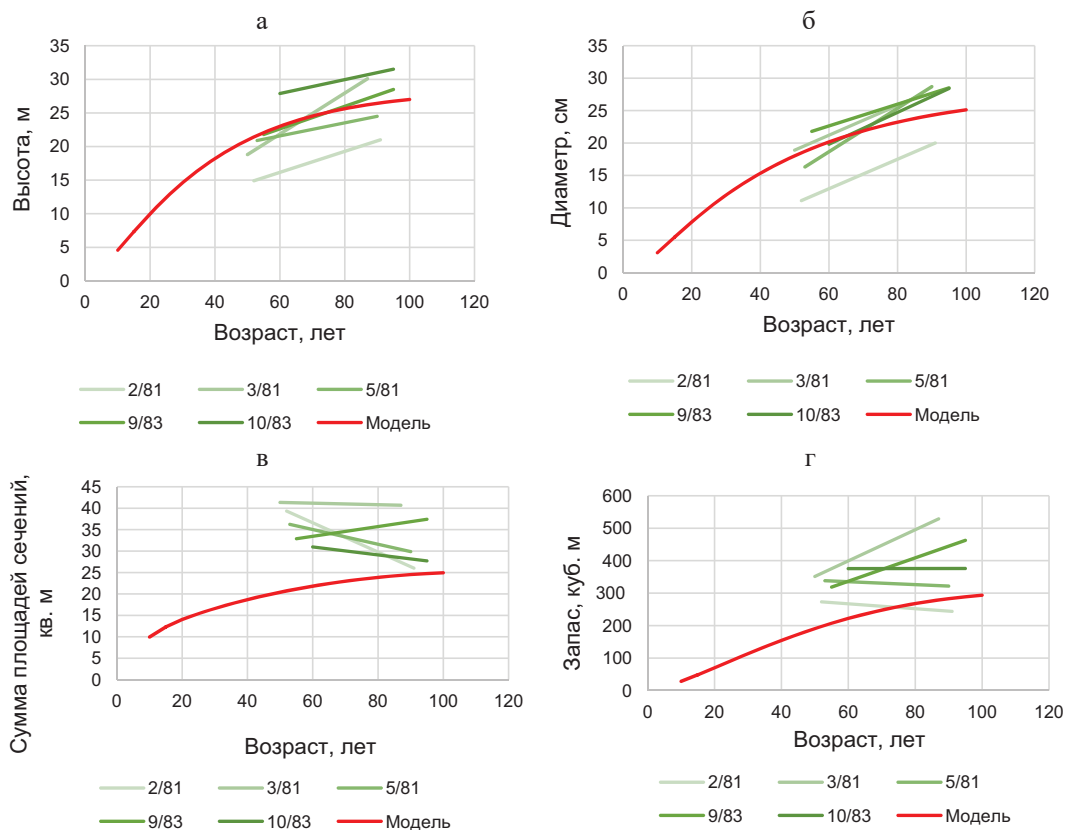
## Parameters of the growing part of the stand of sample area 10/83

Parameter of the stand	1989						2022						
	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Spruce I ( <i>Picea</i> sp.)	Spruce II ( <i>Picea</i> sp.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Total	White birch ( <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	Spruce ( <i>Picea</i> sp.)	Siberian fir ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.)	Aspen ( <i>Populus tremula</i> L.)	Winter linden tree ( <i>Tilia cordata</i> Mill.)	Norway maple ( <i>Acer platanoides</i> L.)	Total
Age, years	60	65	55	65	60	-	95	100	90	100	95	25	-
Density, ex/ha	910	14	14	670	48	1656	306	584	14	14	34	72	1024
Average trunk diameter, cm	19.8	39.4	21.8	9.0	12.8	16.3	28.4	13.5	17.6	55.8	21.6	9.8	20.3
Average tree height, m	27.9	32.2	22.3	9.8	19.8	26.1	31.5	15.0	16.0	36.5	20.5	10.5	27.0
Basal area, m <sup>2</sup> /ha	28.0	1.7	0.5	4.3	0.6	34.5	19.4	8.4	0.3	3.4	1.2	0.5	33.3
Stem wood stock, m <sup>3</sup> /ha	338	25	6	24	6	399	263	64	3	56	12	3	400
Share in total stock, %	84.7	6.3	1.5	6.0	1.5	100.0	65.8	16.0	0.8	14.0	3.0	0.8	100.0
Weight of stem wood, t/ha	157	9	2	9	2	179	119	25	2	21	5	1	173
Weight of bark, t/ha	19	1	0	1	1	22	13	2	0	3	1	0	20
Weight of branches, t/ha	23	1	0	2	0	26	17	4	0	2	1	0	25
Mass of needles/leaves, t/ha	4	0	0	2	0	6	3	3	0	0	0	0	6
Weight of roots, t/ha	27	3	1	3	1	34	20	7	0	6	2	1	35
Total weight, t/ha	229	15	3	16	5	267	172	41	3	32	9	3	259
C content, t/ha	114	7	2	8	2	134	86	20	1	16	4	1	129

На примере постоянных пробных площадей, заложенных в березовых насаждениях на узколесосечных вырубках, проводилось сопоставление возрастного изменения таксационных показателей фактических древостоев с данными моделей хода роста для березовых древостоев в типе леса ельник кисличный заповедника «Кологривский лес» (рис.).

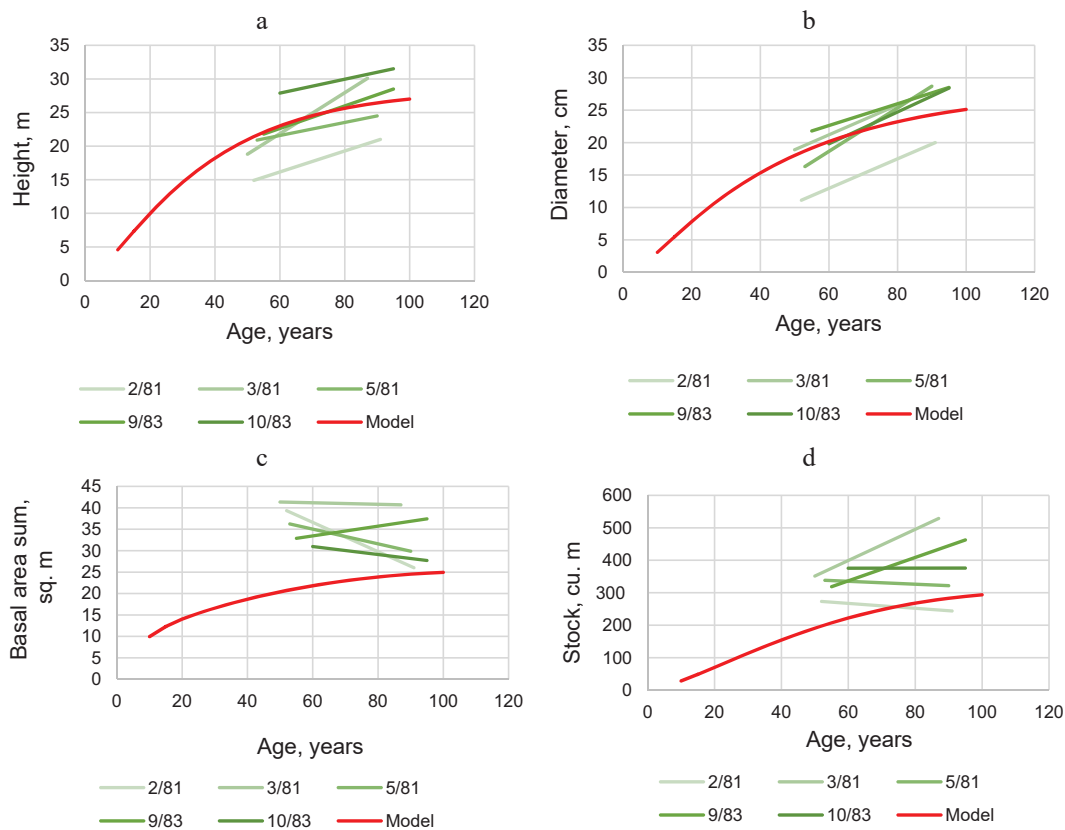
Ростовые линии по средней высоте синхронны с моделью для всех пробных площадей, кроме 3/81, где за рассматриваемый временной промежуток средняя высота увеличилась на 60%. Для совокупности древостоев пробных площадей в возрасте 50-55 лет средняя высота составила 20,8 м, в возрасте 90-95 лет – 27,1 м, а отклонения от смоделированной кривой составили  $\pm 1\%$ . По среднему

диаметру после 70 лет на пробных площадях наблюдается более интенсивный прирост, чем в модели хода роста по среднему диаметру. Для совокупности древостоев отклонения от смоделированной кривой составляют  $\pm 8\%$ . Наиболее значительными являются отклонения модели хода роста от фактических данных для суммы площадей сечений и запаса древесины. Для совокупности древостоев в 50-55 лет запасы на пробных площадях в среднем превышают смоделированные на 74%, а в 90-95 лет – на 34%. Таким образом, на отдельно взятых пробных площадях на старых узколесосечных вырубках запасы и площади сечений выше, чем усредненные данные по совокупности березовых древостоев.



**Рис.** Сопоставление возрастного изменения березовых древостоев на пробных площадях с моделью хода роста для типа леса ельник кисличный (запасы и суммы площадей сечений в пересчете на чистые древостои):

а) средняя высота; б) средний диаметр; в) сумма площадей сечений, г) запас



**Fig.** Comparison of age changes of birch stands on sample plots with the growth model for the sagebrush spruce forest type (stock and basal area in terms of pure stands):  
 a) average height; б) average diameter; в) basal area, д) stock

## Выводы Conclusions

Для 5 постоянных пробных площадей в спелых и перестойных березовых древостоях на узколесосечных вырубках заповедника «Кологривский лес» проведен анализ возрастных изменений таксационных показателей (средние высота и диаметр, число деревьев, сумма площадей сечений, запас, биомасса фракций, содержание углерода в биомассе) за период с 1981-1983 по 2018-2022 гг. На рассмотренных пробных площадях преобладающим

элементом леса на каждом возрастном промежутке является береза, но в настоящее время древостои приближаются к этапу начала распада. На месте чистых березовых насаждений в будущем сформируются смешанные елово-липовые насаждения. При сопоставлении изменения таксационных показателей на постоянных пробных площадях с моделью хода роста березовых древостоев в типе леса ельник кисличный выявлено, что для фактических древостоев изменения средних высот синхронны с кривой, полученной по модели, а по остальным показателям имеются значительные расхождения.

## Список источников

1. Демаков Ю.П., Пуряев А.С., Черных В.Л., Черных Л.В. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование»*. 2015. № 2 (26). С. 19-36. EDN: UBKTFJ
2. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А. Динамика рядов распределения деревьев по толщине на постоянных пробных площадях заповедника «Кологривский лес» // *Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес»: Сборник научных трудов*. Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2023. Вып. 2. С. 27-38. EDN: ZUWMXS
3. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А. Ход роста древостоев в еловых типах леса заповедника «Кологривский лес» // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2023. Т. 1, № 70. С. 81-90. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.03>
4. Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н. и др. *Общесоюзные нормативы для таксации лесов*: Справочник. М.: Колос, 1990. 495 с.
5. Иванов А.Н., Буторина Е.А., Балдина Е.А. Многолетняя динамика коренных южнотаежных ельников в заповеднике Кологривский лес // *Вестник Московского университета. Серия 5 «География»*. 2012. № 3. С. 74-79. EDN: PGCTSJ
6. *Кологривский лес: экологические исследования*: Сборник статей АН СССР / Институт эволюции, морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова; Отв. ред. В.Е. Соколов. М.: Наука, 1986. 125 с.
7. Абатуров Ю.Д., Письмеров А.В., Орлов А.Я., Зворыкина К.В. и др. *Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват «Кологривский лес»)*: Сборник. М.: Наука, 1988. 220 с.
8. Коротков С.А. *Смена состава древостоев и устойчивость защитных лесов центральной части Русской равнины*: Монография. Москва: АНО «Доблесть эпох», 2023. 168 с. EDN: ТТНРРА
9. Кузьмичев В.В. *Закономерности динамики древостоев: принципы и модели*. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
10. Лебедев А.В., Чистяков С.А. Долговременные наблюдения на пробных площадях в древостоях ядра заповедника «Кологривский лес» // *Вклад особо*

## References

1. Demakov Yu.P., Puryaev A.S., Chernykh V.L., Chernykh L.V. Allometric dependences application to assess phytomass of various fractions of trees and simulation of their dynamics. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2015;2(26):19-36. (In Russ.)
2. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Chistyakov S.A. Dynamics of tree diameter distribution in the permanent sample plots of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. In: *Scientific Papers of the Kologrivsky Forest Nature Reserve*. Ed. by Lebedev A.V. Kologriv: Kologrivsky Forest Nature Reserve, 2023;2:27-38. (In Russ.)
3. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Chistyakov S.A. Forest stand development in the spruce forest types of "The Kologrivsky Les" nature reserve. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2023;1:81-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.03>
4. Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvedenko A.Z., Gusev N.N. et al. *All-Union standards for forest inventory: reference book*. Moscow, Russia: Kolos, 1990:495. (In Russ.)
5. Ivanov A.N., Butorina E.A., Baldina E.A. Long-term dynamics of primary spruce forests (southern taiga) in the Kologriv Forest Natural Reserve. *Lomonosov Geography Journal*. 2012;3:74-79. (In Russ.)
6. *Kologrivsky forest: Ecological research: proceedings*. Moscow, Russia: Nauka, 1986:125. (In Russ.)
7. Abaturov Yu.D., Pismerov A.V., Orlov A.Ya. et al. *Indigenous dark coniferous forests of the southern taiga (Kologrivsky Forest reserve): proceedings*. Ed. by Utkin A.I., Orlov A.Ya. Moscow, Russia: Nauka, 1988:220. (In Russ.)
8. Korotkov S.A. *Changes in the composition of forest stands and the stability of protective forests in the central part of the Russian Plain: monograph*. Moscow, Russia: ANO "Doblest' epokh", 2023:168. (In Russ.)
9. Kuzmichev V.V. *Patterns of forest stand dynamics: principles and models: monograph*. Novosibirsk, Russia: Nauka, 2013:208. (In Russ.)
10. Lebedev A.V., Chistyakov S.A. Long-term observations on permanent sample plots in stands of the Kologrivsky Forest Nature Reserve.

охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы: Материалы II Всероссийской (с международным участием) конференции, приуроченной к 15-летию создания заповедника «Кологривский лес», г. Кологрив, 28-29 октября 2021 г. Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2021. С. 31-43. EDN: TSNVUN

11. Луговая Д.Л. Роль экотопических и антропогенных факторов в формировании видового и структурного разнообразия южнотаежных лесов (восток Костромской области): Дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2008. 163 с.

12. Немчинова А.В. Дифференциация лесных фитохор бассейна р. Понга на примере ландшафтов «Кологривского леса»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2005. 23 с.

13. Рогозин М.В., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы: Монография. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. 277 с. EDN: UOKKIR

14. Рожков Л.Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. 2011. № 1. С. 62-70. EDN: VDHDZZ

#### Сведения об авторах

**Николай Николаевич Дубенок**, академик РАН, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственный мелиораций, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: ndubenok@mail.ru

**Александр Вячеславович Лебедев**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына; 157440, Костромская область, Кологривский район, г. Кологрив, Центральная ул., 15; e-mail: alebedev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8939-942X>

**Сергей Анатольевич Чистяков**, аспирант кафедры землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; заместитель директора по науке, Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына; 157440, Костромская область, Кологривский район, г. Кологрив, Центральная ул., 15; e-mail: bober.vet@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.03.2024  
Одобрена после рецензирования 22.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

II Vserossiyskaya (s mezhdunarodnym uchastiyem) konferentsiya, priurochennaya k 15-letiyu sozdaniya zapovednika “Kologrivskiy les” “Vklad osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy v ekologicheskuyu ustoychivost’ regionov: sovremennoe sostoyanie i perspektivy”, Kologriv, October 28-29, 2021. Kologriv: Kologrivsky Forest Nature Reserve, 2021:31-43. (In Russ.)

11. Lugovaya D.L. The role of ecotopic and anthropogenic factors in the formation of species and structural diversity of southern taiga forests (eastern Kostroma region): CSc (Bio) thesis. Moscow, Russia, 2008:163. (In Russ.)

12. Nemchinova A.V. Differentiation of forest phytocochores in the river basin Ponga on the example of landscapes of “the Kologrivsky Forest”: CSc (Bio) thesis. Syktyvkar, Russia, 2005:23. (In Russ.)

13. Rogozin M.V., Razin G.S. *Development of forest stands. Models, laws, hypotheses*: monograph. Perm: Perm State University, 2015:277. (In Russ.)

14. Rozhkov L.N. Approaches calculation of carbon pools in the forests of Belarus. *Proceedings of BSTU. № 1. Forestry*. 2011;1:62-70. (In Russ.)

#### Information about the authors

**Nikolay N. Dubenok**, Academician of the RAS, DSc (Agr), Professor, Head of the Department of Agricultural Land Reclamation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: ndubenok@mail.ru

**Aleksandr V. Lebedev**, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Research Associate, Kologrivsky Forest Nature Reserve (15 Tsentral’naya St., Kologriv, Kostroma Region, 157440, Russian Federation); e-mail: alebedev@rgau-msha.ru

**Sergey A. Chistyakov**, postgraduate student at the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Deputy Director for Science, Kologrivsky Forest Nature Reserve (15 Tsentral’naya St., Kologriv, Kostroma Region, 157440, Russian Federation); e-mail: bober.vet@mail.ru

The article was submitted to the editorial office March 04, 2024  
Approved after reviewing March 22, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья

УДК 634.8.042

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-22-34>**Применение биокомплекса Revitalize liquid для повышения адаптивности винограда при высадке в условия открытого грунта****Дмитрий Михайлович Годлин, Георг Эдвардович Тер-Петросянц,  
Светлана Владимировна Акимова**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Годлин Дмитрий Михайлович, [dimaorhidflowers@mail.ru](mailto:dimaorhidflowers@mail.ru)**Аннотация**

В настоящее время сортимент современных сортов винограда, пригодных для возделывания в условиях Нечерноземной полосы РФ, представляет собой гибриды различного видового происхождения, полученные на основе *Vitis berlandieri* Planch., *Vitis Amurensis* Rupr., *Vitis riparia* Michx., *Vitis Labrusca* L., которые отличаются низкой способностью к вегетативному размножению. Поэтому в настоящее время актуальной является разработка приемов в совершенствовании технологии ускоренного размножения данных сортов, в том числе технологии клонального микроразмножения. Однако большинство исследований в области размножения винограда *in vitro* посвящено лабораторным экспериментам, но о влиянии способа размножения на показатели развития и вегетативную продуктивность маточных насаждений винограда в условиях защищенного и открытого грунта сведений мало. Поэтому целью исследований была разработка приемов применения препарата Revitalize liquid для повышения адаптивности и стрессоустойчивости *ex vitro* растений винограда при летней пересадке в условия открытого грунта для создания маточных насаждений. Задачи исследований: при летней пересадке в открытый грунт *ex vitro* растений винограда сорта Кишмиш № 342, Московский белый и подвоя Кобер 5ББ выявить эффективность проведения подкормок (корневых, некорневых, комбинированных) препаратом Revitalize liquid. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для доращивания в условиях открытого грунта маточных *ex vitro* растений сорта Кишмиш № 342 и подвоя Кобер 5ББ эффективным является проведение двукратных комбинированных обработок (корневая 500 мл:500 мл H<sub>2</sub>O + внекорневая 25 мл:1000 мл H<sub>2</sub>O), сорта Московский белый – проведение двукратных корневых подкормок (в концентрации 25 мл:1000 мл H<sub>2</sub>O) препаратом Revitalize liquid.

**Ключевые слова**повышение адаптивности винограда, высадка винограда в открытый грунт, биокомплекс Revitalize liquid, виноград различного видового происхождения, посадочный материал, *ex vitro*, возделывание, подкормки**Для цитирования**

Годлин Д.М., Тер-Петросянц Г.Э., Акимова С.В. Применение биокомплекса Revitalize liquid для повышения адаптивности винограда при высадке в условия открытого грунта // Тимирязевский биологический журнал. 2024. Т. 2, № 1. С. 22-34. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-22-34>

## BIOLOGICAL RESOURCES

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-22-34>**Application of revitalize liquid biocomplex to increase adaptability of grapes at planting in open ground conditions****Dmitriy M. Godlin, Georg E. Ter-Petrosyants, Svetlana V. Akimova**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Dmitriy M. Godlin; [dimaorhidflowers@mail.ru](mailto:dimaorhidflowers@mail.ru)**Abstract**

At present, the range of modern grape varieties suitable for cultivation in the conditions of the Non-Black Earth zone of the Russian Federation is represented by hybrids of different species origin derived from *Vitis berlandieri* Planch., *Vitis Amurensis* Rupr., *Vitis riparia* Michx., *Vitis Labrusca* L., which are characterized by low ability to vegetative propagation.

Therefore, the development of techniques to improve the technology of accelerated propagation of these varieties, including the technology of clonal micropropagation is currently urgent. However, most studies in the field of *in vitro* propagation of grapes are devoted to laboratory experiments, but there is little information on the influence of the propagation method on the development indicators and vegetative productivity of grape mother plantations in protected and open ground conditions. Therefore, the purpose of this study was to develop methods of application of Revitalize liquid to increase the adaptability and stress resistance of *ex vitro* grape plants during summer transplanting into the open ground to create mother plantations. The research objectives are to reveal the effectiveness of feeding (root, foliar, combined) with Revitalize liquid during summer transplanting *ex vitro* grape plants of grape varieties Kishmish No.342, Moscow White and Kober 5BB rootstock into the open ground. The obtained results indicate that double combined treatments (root 500 ml: 500 ml H<sub>2</sub>O + foliar 25 ml:1000 ml H<sub>2</sub>O) are effective for pre-growing of *ex vitro* mother plants of Kishmish No. 342 and Kober 5BB rootstock in open ground conditions, and double root feeding (at a concentration of 25 ml:1000 ml H<sub>2</sub>O) with Revitalize liquid is promising for Moscow White variety.

### Key words

Increase of grape adaptability, planting grapes in the open ground, biocomplex Revitalize liquid, grapes of different species origin, planting material, *ex vitro*, cultivation, fertilizers

**For citation.** Godlin D.M., Ter-Petrosyants G.E., Akimova S.V. Application of revitalize liquid biocomplex to increase adaptability of grapes at planting in open ground conditions. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):22-34. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-22-34>

## Введение Introduction

В настоящее время стремительно развивается северное любительское виноградарство. В течение долгих лет эта теплолюбивая культура считалась неперспективной для Центрального Нечерноземья, однако достижения селекции и изменения в климате способствовали продвижению виноградарства в более северные районы России [1-8].

Значительный вклад в создание сортов с коротким периодом вегетации, устойчивых к низким температурам, внесли ученые МСХА имени К.А. Тимирязева и ВНИИВиВ имени Я.И. Потапенко [8].

Сортимент современных сортов винограда для Нечерноземной полосы в основном представляет собой гибриды межвидового происхождения, полученные на основе *Vitis berlandieri* Planch., *Vitis Amurensis* Rupr., *Vitis riparia* Michx., *Vitis Labrusca* L. [4, 6].

Традиционно растения винограда различного видового происхождения размножают одревесневшими и зелеными черенками [3, 10-15], вертикальными и горизонтальными отводками [16, 17].

В последнее время нарастает популярность размножения винограда при помощи технологии клонального микроразмножения, так как при этом появляется возможность получать высококачественный посадочный материал, обеспечивающий продление эксплуатации виноградников и повышение их продуктивности [2, 3, 17-22].

Следует отметить, что большинство исследований в области совершенствования технологии размножения винограда *in vitro* посвящено лабораторным экспериментам [2, 17, 20, 22-26]. В источниках литературы очень мало сведений о влиянии способа вегетативного размножения на показатели

развития и вегетативную продуктивность *ex vitro* и *in vivo* маточных насаждений винограда, возделываемых в условиях защищенного и открытого грунта.

Растения винограда, размноженные зелеными черенками и при помощи технологии клонального микроразмножения, как правило, в первый год доращивают в контейнерах в условиях защищенного грунта, так как зачастую наблюдается гибель таких растений при перезимовке в условиях открытого грунта даже при обеспечении укрытия [27-32].

Наиболее целесообразные сроки посадки контейнерных растений винограда в условия открытого грунта определяются отсутствием риска возвратных заморозков. Для Центрального Нечерноземья даты высадки приходятся на вторую половину июня. Однако высаженные растения подвергаются ряду неблагоприятных абиотических факторов. Избыточная инсоляция, пониженная влажность почвы и воздуха наряду с повышенной температурой являются стресс-фактором для растений винограда, высаженных из условий защищенного грунта. Несмотря на биологически заложенную засухоустойчивость, у малоадаптированных растений винограда морфометрические показатели развития снижаются.

**Цель исследований:** разработать приемы применения препарата Revitalize liquid для повышения адаптивности и стрессоустойчивости *ex vitro* растений винограда при летней пересадке в условия открытого грунта для создания маточных насаждений.

**Задачи исследований:** при летней пересадке в открытый грунт *ex vitro* растений винограда сорта Кишмиш № 342, Московский белый и подвоя Кобер 5ББ выявить эффективность проведения подкормок (корневых, некорневых, комбинированных) препаратом Revitalize liquid.

**Методика исследований**  
**Research method**

Опыты проводили в 2023 г. в отделах биотехнологии и виноградарства, декоративных и редких культур учебно-научно-производственного центра садоводства и овощеводства имени

В.И. Эдельштейна ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (рис. 1, 2).

Объектом исследований служили сорта винограда различного видового происхождения: Кишмиш № 342 (*Willard Blanc* × *Perlet*); Московский белый (*Vitis amurensis* Rupr. × *Vitis vinifera* L.); подвой Кобер 5ББ (*Vitis riparia* Michx × *Vitis berlandieri* Planch.) (рис. 3-6).



**Рис. 1.** Отдел биотехнологии  
**Fig. 1.** Department of Biotechnology



**Рис. 2.** Отдел виноградарства, декоративных и редких культур  
**Fig. 2.** Department of Viticulture, Ornamental and Rare Crops



**Рис. 3.** *V. riparia* Michx.  
**Fig. 3.** *V. riparia* Michx.



**Рис. 4.** *V. labrusca* L.  
**Fig. 4.** *V. labrusca* L.



**Рис. 5.** *V. berlandieri* Planch.  
**Fig. 5.** *V. berlandieri* Planch.



**Рис. 6.** *V. amurensis* Rupr.  
**Fig. 6.** *V. amurensis* Rupr.



При размножении опытных растений методом клонального микроразмножения на этапе мультипликации производили пассажи на питательную среду с минеральными  $\frac{1}{2}$  макро- и микросолями по прописи Murashige & Skoog<sup>1</sup>, обогащенную следующими веществами, мг/л: тиамин (В1), пиридоксин (В6), никотиновая кислота (РР) – по 0,5; 6-БАП – 0,1, инозитол – 100; сахароза – 30000, агар-агар – 7000. В ламинарном боксе в каждый сосуд помещали по 5 микрочеренков длиной в 2-3 узла [33].

На этапе ризогенеза осуществляли пассаж на этап ризогенеза на питательную среду с минеральными  $\frac{1}{2}$  макро- и микросолями по прописи Murashige & Skoog<sup>2</sup>, обогащенную следующими органическими веществами (мг/л): витамины тиамин (В1), пиридоксин (В6), никотиновая кислота (РР) – 0,5; ИМК – 0,5; ГК – 0,5; сахароза – 15000; агар-агар – 7000. В ламинарном боксе в каждый сосуд помещали по 10 микрочеренков длиной в 2-3 узла. Длительность субкультивирования на обоих этапах составляла 40 суток. На всех

этапах микрорастения инкубировали в световой комнате при интенсивности освещения 2500 люкс, фотопериоде 16/8 и температуре +20...+22°C.

На этапе адаптации субстратом служила смесь переходного обогащенного торфа «Питэр Пит» и перлита в соотношении 3:1, посадку осуществляли в пластиковые кассеты (49 ячеек 4 × 4 см размером 40 × 40 × 7 см, 6,25 кассет на 1 м<sup>2</sup>). Перед высадкой микрорастений субстрат обрабатывали фунгицидом «Максим» в концентрации 20 мл на 10 л.

После 40 суток адаптации *ex vitro* растения были пересажены на доращивание в контейнеры С2 (объемом 2 л), на 1 м<sup>2</sup> площади защищенного грунта размещали 49 горшков.

После года доращивания в условиях защищенного грунта *ex vitro* растения винограда в качестве маточных насаждений по вариантам во второй половине июня высаживали в открытый грунт по схеме 3 × 2 м. Сразу после посадки и через 14 суток производили подкормки бикомплексом Revitalize liquid (табл. 1).

Таблица 1

## Схема опыта

Вариант подкормки Revitalize liquid	Норма внесения на растение
Контроль H <sub>2</sub> O	-
Внекорневая подкормка 500 мл:500 мл H <sub>2</sub> O (1:1)	10 мл
Корневая подкормка 25 мл:1000 мл H <sub>2</sub> O (1:40)	1000 мл
Комбинированная: Корневая 500 мл:500 мл H <sub>2</sub> O (1:1) + Внекорневая 25 мл:1000 мл H <sub>2</sub> O (1:40)	1000 мл + 10 мл

Table 1

## Scheme of the experiment

Revitalize liquid feed option	Application rate per plant
Control H <sub>2</sub> O	-
Foliar feeding 500 ml:500 ml H <sub>2</sub> O (1:1)	10 ml
Root feeding 25 ml: 1000 ml H <sub>2</sub> O (1:40)	1000 ml
Combined feeding: (root feeding 500 ml:500 ml H <sub>2</sub> O (1:1) + foliar feeding 25 ml:1000 ml H <sub>2</sub> O (1:40))	1000 ml + 10 ml

<sup>1</sup> Амелография СССР / Отв. ред. проф. А.М. Фролов-Багреев; Министерство вкусовой промышленности СССР. Главное управление винодельческой промышленности, Всесоюзный научно-исследовательский институт виноделия и виноградарства «Магарач». Москва: Пищепромиздат, 1946-1956. 6 т.

<sup>2</sup> Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plantarum*. 1962;15(3):473-497.

Revitalize liquid – многокомпонентный концентрат для приготовления органического удобрения с фунгицидным и бактерицидным действием для садовых растений. В его составе содержатся макро- и микроэлементы (мг/л): азот общий (N) – 5150; азот нитратный (NO<sub>3</sub>) – 1050; фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 130; калий (K<sub>2</sub>O) – 1600; кальций (Ca) – 270; магний (Mg) – 100; сера (S) – 4,5; железо (Fe) – 14; молибден (Mo) – 2,7; марганец (Mn) – 0,7; медь (Cu) – 1,3; цинк (Zn) – 3,1; полисахариды, фитогормоны, витамины, аминокислоты, фульвовые и гуминовые кислоты, полезная почвенная микрофлора природного происхождения.

Уход осуществляли согласно календарному плану и проводили подвязку, обрезку, подкормку, обработку препаратами от болезней и вредителей. В целях профилактики с милдью проводили обработку кустов медьсодержащими препаратами Кумир (4 мл/л), Абига-Пик (5 г/л), Ордан (2,5 г/л), а после цветения – препаратом Строби (0,2 г/л).

Учеты и наблюдения проводили на 30 и 60 сутки доращивания. При этом учитывали следующие показатели: суммарная площадь листьев, см<sup>2</sup>; среднее число побегов, шт.; средняя длина побегов, см; средняя суммарная длина побегов, см.

Повторность опытов – трехкратная, по 10 растений в повторности. Анализ экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову [34] и А.В. Исачкину [35] методом двухфакторного дисперсионного анализа с использованием программ Microsoft Office Excel 2010 и PAST 4.03.

## Результаты и их обсуждение

### Results and discussion

Наиболее целесообразные сроки посадки контейнерных растений винограда в условия открытого грунта определяются отсутствием риска возвратных заморозков. Для Нечерноземной зоны РФ даты высадки приходятся на вторую половину июня. Однако высаженные растения сталкиваются с рядом неблагоприятных абиотических факторов. Избыточная инсоляция, пониженная влажность почвы и воздуха наряду с повышенной температурой являются стресс-фактором для винограда. Несмотря на биологически заложенную засухоустойчивость, у малоадаптированных растений винограда снижаются показатели морфометрического развития. Мы предположили, что применение биокомплекса Revitalize liquid положительно скажется на адаптивности высаживаемых растений.

Спустя год доращивания в условиях защищенного грунта, во второй половине июня, ex vitro растения для закладки маточных насаждений были высажены в условия открытого грунта, подкормки биокомплексом Revitalize liquid проводили сразу после высадки и через 14 дней – в соответствии со способом обработки.

Результаты исследований, полученные при первом учете после 30 суток доращивания, у сорта Кишмиш № 342 показали достоверное влияние комбинированных обработок на суммарную площадь листьев, которая составила 724,2 см<sup>2</sup> против 389,3 см<sup>2</sup> в контроле.

У *in vivo* растений сорта Московский белый в вариантах с внекорневой и корневой подкормками выявлены достоверные различия с контролем по суммарной площади листьев (657,1-657,8 см<sup>2</sup> против 362,2 см<sup>2</sup> в контроле) и средней длине побегов (25,2-28,9 см против 11,9 см в контроле).

У *in vivo* растений подвоя Кобер 5ББ в варианте с комбинированными подкормками выявлены достоверные различия с контролем по среднему числу побегов (2,8 шт. против 2,1 шт. в контроле) и суммарной длине побегов (166,8 см против 108,1 см в контроле). В вариантах внекорневой и корневой обработок были выявлены достоверные различия по средней длине побегов (68,1-74,3 см против 54,1 см в контроле) (табл. 2).

При втором учете, после 60 суток доращивания, выявлено, что сорт Кишмиш № 342 оказался более отзывчивым на комбинированные обработки, при проведении которых получены достоверные различия с контролем по суммарной площади листьев (1278,8 см<sup>2</sup> против 708,0 см<sup>2</sup> в контроле), средней длине побегов (74,1 см против 46,1 см в контроле) и суммарной длине побегов (94,8 см против 44,8 см в контроле).

Сорт Московский белый оказался более отзывчивым на внекорневые обработки и корневые подкормки, при проведении которых получены достоверные различия по суммарной площади листьев (1361,8-1455,1 см<sup>2</sup> против 793,1 см<sup>2</sup> в контроле) и средней длине побегов (48,4-48,8 см против 25,8 см в контроле). Следует отметить, что лучшим развитием отличались растения в варианте с корневыми подкормками, так как в этом случае дополнительно выявлено достоверное преимущество и по суммарной длине побегов (144,6 см против 58,0 см в контроле).

У подвоя Кобер 5ББ было выявлено достоверное влияние комбинированных обработок только на суммарную длину побегов (204,1 см против 125,0 см в контроле) (табл. 3).

**Влияние обработок бикомплексом Revitalize liquid на показатели развития *in vivo* растений винограда в условиях открытого грунта (30 суток доращивания)**

Вариант подкормки Revitalize liquid (фактор В)	Суммарная площадь листьев, см <sup>2</sup>	Среднее число побегов, шт.	Средняя длина побегов, см	Средняя суммарная длина побегов, см
<b>Сорт Кишмиш № 342 (фактор А)</b>				
Контроль б/о	389,3	2,2	28,9	32,1
Некорневая	399,2	1,8	19,8	33,1
Корневая	534,8	2,1	27,1	35,8
Комбинированная	724,2 <sup>a, b*</sup>	1,8	35,1 <sup>a</sup>	51,1
<b>Московский белый (фактор А)</b>				
Контроль б/о	362,2	1,2	11,9	27,6
Некорневая	657,8 <sup>b</sup>	1,8	28,9 <sup>b</sup>	49,1
Корневая	657,1 <sup>b</sup>	1,2	25,2 <sup>b</sup>	50,8
Комбинированная	345,9	1,8	16,6	23,6
<b>Подвой Кобер 5ББ (фактор А)</b>				
Контроль б/о	1786,3	2,1	54,1	108,1
Некорневая	1586,2 <sup>a</sup>	1,8	74,3 <sup>a, b</sup>	119,1 <sup>a</sup>
Корневая	1552,8 <sup>a</sup>	2,1	68,1 <sup>a, b</sup>	136,4 <sup>a</sup>
Комбинированная	1616,9 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a, b</sup>	60,1 <sup>a</sup>	166,8 <sup>a, b</sup>
НСР <sub>05</sub> a	292,17	0,73	10,78	31,29
НСР <sub>05</sub> b	333,75	0,69	13,56	36,26
НСР <sub>05</sub> ab	617,54	1,34	22,84	69,27

**Примечание.** НСР<sub>05</sub> рассчитана при помощи двухфакторного дисперсионного анализа

\*«a, b, ab» – разница между средними с контролем достоверна на основе сравнения разниц между средними с НСР на 5%-ном уровне значимости: «a» – по фактору a (сорт); «b» – по фактору b (концентрация Revitalize liquid); «ab» – при взаимодействии факторов.

Table 2

**Effect of treatment with Revitalize liquid bi-complex on *in vivo* development indicators of grape plants in open ground conditions (30 days of pre-growing)**

Revitalize liquid feed variant (factor B)	Total leaf area, cm <sup>2</sup>	Average number of shoots, pcs.	Average length of shoots, cm	Average total length of shoots, cm
	<b>Kishmis No. 342 (factor A)</b>			
Control	389.3	2.2	28.9	32.1
Foliar feeding	399.2	1.8	19.8	33.1
Root feeding	534.8	2.1	27.1	35.8
Combined feeding	724.2 <sup>a,b*</sup>	1.8	35.1 <sup>a</sup>	51.1
	<b>Moscow White (factor A)</b>			
Control	362.2	1.2	11.9	27.6
Foliar feeding	657.8 <sup>b</sup>	1.8	28.9 <sup>b</sup>	49.1
Root feeding	657.1 <sup>b</sup>	1.2	25.2 <sup>b</sup>	50.8
Combined feeding	345.9	1.8	16.6	23.6
	<b>Kober 5BB scion (factor A)</b>			
Control	1786.3	2.1	54.1	108.1
Foliar feeding	1586.2 <sup>a</sup>	1.8	74.3 <sup>a,b</sup>	119.1 <sup>a</sup>
Root feeding	1552.8 <sup>a</sup>	2.1	68.1 <sup>a,b</sup>	136.4 <sup>a</sup>
Combined feeding	1616.9 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a,b</sup>	60.1 <sup>a</sup>	166.8 <sup>a,b</sup>
LSD <sub>0.5</sub> a	292.17	0.73	10.78	31.29
LSD <sub>0.5</sub> b	333.75	0.69	13.56	36.26
LSD <sub>0.5</sub> ab	617.54	1.34	22.84	69.27

**Note:** The least significant difference (LDG)  $p < 0.05$  was calculated by two-way variance analysis

“a, b, ab” – the difference between the average and the control is significant, based on the comparison of the differences between the average with LSD at a 5% significance level: “a” – by factor “a” (variety), “b” – by factor “b” (concentration Revitalize liquid), “ab” – in the combination of factors

**Влияние обработок бикомплексом Revitalize liquid на показатели развития *in vivo* растений винограда в условиях открытого грунта (60 суток доращивания)**

Вариант подкормки Revitalize liquid (фактор В)	Суммарная площадь листьев, см <sup>2</sup>	Среднее число побегов, шт.	Средняя длина побегов, см	Средняя суммарная длина побегов, см
<b>Сорт Кишмиш № 342 (фактор А)</b>				
Контроль б/о	708,0	1,1	46,1	44,8
Некорневая	502,2	1,1	58,1	58,1
Корневая	667,1	1,2	54,2	74,1
Комбинированная	1278,8 <sup>a, b*</sup>	1,8	74,1 <sup>a, b</sup>	94,8 <sup>a, b</sup>
<b>Московский белый (фактор А)</b>				
Контроль б/о	793,1	2,2	25,9	58,0
Некорневая	1361,8 <sup>a, b</sup>	2,1 <sup>a</sup>	48,5 <sup>b</sup>	96,9 <sup>a</sup>
Корневая	1455,1 <sup>a, b, ab</sup>	3,1 <sup>a</sup>	48,9 <sup>b</sup>	144,6 <sup>a, b</sup>
Комбинированная	554,2	1,8	30,2	53,8
<b>Подвой Кобер 5ББ (фактор А)</b>				
Контроль б/о	2080,1	1,8	78,8	125,0
Некорневая	1835,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	77,2 <sup>a</sup>	137,8 <sup>a</sup>
Корневая	1706,7 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	74,9 <sup>a</sup>	149,8 <sup>a</sup>
Комбинированная	2033,6 <sup>a</sup>	2,2	85,1 <sup>a</sup>	204,1 <sup>a, b, ab</sup>
НСР <sub>05</sub> a	382,17	0,72	15,63	7,32
НСР <sub>05</sub> b	455,38	0,87	16,29	46,92
НСР <sub>05</sub> ab	566,18	1,16	30,61	74,26

**Примечание.** НСР<sub>05</sub> рассчитана при помощи двухфакторного дисперсионного анализа.

\*«a, b, ab» – разница между средними с контролем достоверна на основе сравнения разниц между средними с НСР на 5 уровне значимости: «a» – по фактору a (сорт); «b» – по фактору b (концентрация Revitalize liquid); «ab» – при взаимодействии факторов.

Table 3

**Effect of treatment with Revitalize liquid bi-complex on *in vivo* development indicators of grape plants in open ground conditions (60 days of pre-growing)**

Revitalize liquid feed variant (factor B)	Total leaf area, cm <sup>2</sup>	Average number of shoots, pcs.	Average length of shoots, cm	Average total length of shoots, cm
	<b>Kishmish No. 342 (factor A)</b>			
Control	708.0	1.1	46.1	44.8
Foliar feeding	502.2	1.1	58.1	58.1
Root feeding	667.1	1.2	54.2	74.1
Combined feeding	1278.8 <sup>a,b*</sup>	1.8	74.1 <sup>a,b</sup>	94.8 <sup>a,b</sup>
	<b>Moscow White (factor A)</b>			
Control	793.1	2.2	25.9	58.0
Foliar feeding	1361.8 <sup>a,b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	48.5 <sup>b</sup>	96.9 <sup>a</sup>
Root feeding	1455.1 <sup>a,b,ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>	48.9 <sup>b</sup>	144.6 <sup>a,b</sup>
Combined feeding	554.2	1.8	30.2	53.8
	<b>Kober 5BB scion (factor A)</b>			
Control	2080.1	1.8	78.8	125.0
Foliar feeding	1835.9 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	77.2 <sup>a</sup>	137.8 <sup>a</sup>
Root feeding	1706.7 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	74.9 <sup>a</sup>	149.8 <sup>a</sup>
Combined feeding	2033.6 <sup>a</sup>	2.2	85.1 <sup>a</sup>	204.1 <sup>a,b,ab</sup>
LSD <sub>0.5</sub> a	382.17	0.72	15.63	7.32
LSD <sub>0.5</sub> b	455.38	0.87	16.29	46.92
LSD <sub>0.5</sub> ab	566.18	1.16	30.61	74.26

**Note:** The least significant difference (LDG)  $p < 0.05$  was calculated by two-way variance analysis

“a, b, ab” – the difference between the average and the control is significant, based on the comparison of the differences between the average with LSD at a 5% significance level: “a” – by factor “a” (variety), “b” – by factor “b” (concentration Revitalize liquid), “ab” – in the combination of factors

## Выводы Conclusions

Таким образом, для высадки в условия открытого грунта маточных насаждений *ex vitro* растений винограда сорта Кишмиш № 342 и подвоя Кобер 5ББ эффективным является проведение двукратных комбинированных обработок (при пересадке и спустя 14 суток) препаратом Revitalize liquid.

## Список источников

1. Абызов В.В. Высокоурожайные сорта винограда в Центральном Черноземье // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XVIII Международной научной конференции, Брянск, 24-25 мая 2021 г. Ч. III*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. С. 9-13. EDN VTFDVA
2. Акимова С.В., Киркач В.В., Раджабов А.К., Панова М.Б. и др. Введение в культуру *in vitro* винограда межвидового происхождения // *Перспективы развития садоводства и садово-паркового строительства*. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2022. С. 48-56. EDN PFJNTS
3. Акимова С.В., Раджабов А.К., Бухтин Д.А., Киркач В.В. *Разработка элементов технологии ускоренного клонального микроразмножения сортов винограда межвидового происхождения для зон рискованного виноградарства*: Учебно-методическое пособие. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. 80 с. EDN HPIXEW
4. Акимова С.В., Раджабов А.К., Бухтин Д.А., Трофимова М.С. Влияние биологически активных веществ кремнийорганической природы на укореняемость и дальнейшее развитие одревесневших и зеленых черенков винограда межвидового происхождения // *Известия ТСХА*. 2015. № 4. С. 36-48. EDN UMGJST
5. Филиппенко Л.И. Наследование признака – раннее вызревание лозы в потомстве европейско-амурских гибридов винограда // *Русский виноград*. 2016. Т. 4. С. 47-51. EDN XHWMFA
6. Филиппенко Л.И. Перспективные сорта винограда, устойчивые к морозам // *Современные сорта и технологии для интенсивных садов: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 275-летию Андрея Тимофеевича Болотова, г. Орёл, 15-18 июля 2013 г.* Орёл: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2013. С. 258-260. EDN UQEXAB
7. Hannah L., Roehrdanz P.R., Ikegami M., Shepard A.V. et al. Climate Change, Wine, and Conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2013;110(17):6907-6912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>
8. Schultz H.R., Jones G.V. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research*. 2010;21(2-3):137-145. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530098>
9. Смирнов К.В., Малтабар Л.М., Раджабов А.К., Матузок В.М. *Виноградарство*: Учебник. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 1998. 510 с. EDN MXYURY

При этом показатели развития растений (суммарная площадь листьев, средняя и суммарная длина побегов) в 1,8-2,1 раза превышают показатели контроля. Для высадки *ex vitro* растений сорта Московский белый перспективным является проведение двукратных корневых подкормок, при применении которых показатели развития растений (суммарная площадь листьев, средняя и суммарная длина побегов) в 1,8-2,5 раза превышают результаты контроля.

## References

1. Abyzov V.V. Grapes productivity in the conditions of the Central Black Soil region. *XVIII mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK"*. May 24-25, 2021. Bryansk, Russia: Bryansk State Agrarian University, 2021:9-13. (In Russ.)
2. Akimova S.V., Kirkach V.V., Radzabov A.K., Panova M.B., Ter-Petrosyants G.E. Introduction of grapes of interspecific origin into *in vitro* culture. In: *Prospects for the development of horticulture and garden construction*. Moscow, Russia: ООО "Megapolis", 2022:48-56. (In Russ.)
3. Akimova S.V., Radzabov A.K., Bukhtin D.A., Kirkach V.V. *Development of elements of technology for accelerated clonal micropropagation of grape varieties of interspecific origin for risky viticulture zones: study guide*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2018:80. (In Russ.)
4. Akimova S.V., Radzabov A.K., Bukhtin D.A., Trofimova M.S. Influence of organosilicon bioactive substances of nature on rooting and further development of lignified and green cuttings of grape varieties of interspecific origin. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2015;4:36-48. (In Russ.)
5. Philippenko L.I. Inheritance of early maturation character in grape vine in offspring of European-Amur hybrids. *Russkiy vinograd*. 2016;4:47-51. (In Russ.)
6. Philippenko L.I. Promising frost-resistant grape varieties. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 275-letiyu Andreyu Timofeyevicha Bolotova "Sovremennye sorta i tekhnologii dlya intensivnykh sadov"*. July 15-18, 2013. Orel, Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2013;258-260. (In Russ.)
7. Hannah L., Roehrdanz P.R., Ikegami M., Shepard A.V. et al. Climate Change, Wine, and Conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2013;110(17):6907-6912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>
8. Schultz H.R., Jones G.V. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research*. 2010;21(2-3):137-145. <https://doi.org/10.1080/09571264.2010.530098>
9. Smirnov K.V., Maltabar L.M., Radzabov A.K., Matuzok N.V. *Viticulture: textbook*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural

10. Гурьянова Ю.В., Насонов К. Исследование способов укоренения одревесневших черенков винограда в период вынужденного покоя // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2020. № 1 (60). С. 11-15. EDN KZOYFL

11. Дутов В.Н., Лобанкова О.Ю., Горяинов Д.О., Марцинкевич В.М. Влияние стимуляторов роста на окореняемость черенков винограда при кильчевании // *Современное состояние и перспективы развития плодощеводства, виноградарства и виноделия в Российской Федерации: Сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Ставропольского ГАУ, г. Ставрополь, 27-28 апреля 2021 г.* Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2021. С. 170-174. EDN LRUSCC

12. Иваненко Е.Н., Полухина Е.В. Укореняемость сортов винограда в аридных условиях при размножении черенками // *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II Международная научно-практическая интернет-конференция, с. Солёное Займище, 28 февраля 2017 г.* ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. С. 730-733. EDN ZANNVH

13. Кострикин И.А., Майстренко Л.А., Майстренко А.Н., Красохина С.И. и др. *Размножение винограда и выращивание посадочного материала: Монография. Ч. 2.* Запорожье; Ростов-на-Дону: Военный вестник Юга России, 2001. 96 с. EDN STEEIL

14. Кумпан В.Н., Сухоцкая С.Г. Влияние сроков черенкования винограда на выход посадочного материала с закрытой корневой системой в условиях искусственного тумана // *Индустриальное садоводство Сибири. Сорта, технологии, практика: Сборник статей.* ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий». Барнаул: ИП Колмогоров И.А., 2019. С. 100-110. EDN ZYKCSI

15. Минин А.Н., Минина И.В. Укореняемость одревесневших черенков винограда в условиях закрытого грунта // *Современное садоводство*. 2013. № 2 (6). С. 105-110. EDN SEIEPZ

16. Торопов Д.И., Лавровская Г.Н., Елисеева Н.В., Попова О.А. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2009 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. 260 с. EDN QQAYZD

17. Абдулалिशоева С.Ф., Бободжанова Х.И., Кухарчик Н.В. Введение в культуру in vitro бессемянных сортов винограда // *Плодоводство: Сборник научных трудов. Том 28.* Самохваловичи: Республиканское научно-производственное дочернее унитарное предприятие «Институт плодощеводства», 2016. С. 307-315. EDN: YRSQZN

18. Дорошенко Н.П. Адаптация оздоровленных пробирочных растений винограда к нестерильным условиям // *Перспективы внедрения современных биотехнологических разработок для повышения*

Academy named after K.A. Timiryazev, 1998:510. (In Russ.)

10. Guryanova Ju., Nasonov K. Research of methods of rooting of cuttings of grapes during the forced rest. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2020;1(60):11-15. (In Russ.)

11. Dutov V.N., Lobankova O.Yu., Goryaynov D.O., Martsinkevich V.M. Effect of growth stimulants on the rooting of grape cuttings during rooting. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya plodoovoshchevodstva, vinogradarstva i vinodeliya v Rossiyskoy Federatsii"*. April 27-28, 2021. Stavropol, Russia: OOO "Stavropol'skoe izdatel'stvo "Paragraf", 2021:170-174. (In Russ.)

12. Ivanenko E.N., Polukhina E.V. Rooting of grape varieties in arid conditions when propagated by cuttings. *II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya internet-konferentsiya "Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya"*. February 28, 2017. Solenoe Zaymishche, Russia: Caspian Research Institute of arid agricultural, 2017:730-733. (In Russ.)

13. Kostrikin I.A., Maystrenko L.A., Maystrenko A.N., Krasokhina S.I. et al. *Propagation of grapes and cultivation of planting material: monograph.* Zaporozhe; Rostov-on-Don, Russia: Voenniy vestnik Yuga Rossii, 2001:96. (In Russ.)

14. Kumpan V.N., Sukhotskaya S.G. The effect of terms of grape drawing on the output of the seeding material with a closed root system under the conditions of artificial fog. In: *Industrial horticulture in Siberia. Varieties, technologies, practice.* Barnaul, Russia: IP Kolmogorov I.A., 2019:100-110. (In Russ.)

15. Minin A.N., Minina I.V. The ability of hardwood grape cuttings to take roots in greenhouse conditions. *Contemporary Horticulture*. 2013;2(6):105-110. (In Russ.)

16. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: Annual report on the results of monitoring 2009.* Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on engineering and technical support of agro-industrial complex. 2010:260. (In Russ.)

17. Abdalishoeva S.F., Bobodzhanova H.I., Kukharchik N.V. Introduction to in vitro culture of seedless grape cultivars. In: *Plodovodstvo*. Samokhvalovichy, Belarus: Institute for Fruit Growing, 2016;28:307-315. (In Russ.)

18. Doroshenko N.P. Adaptation of healthy test-tube grape plants to non-sterile conditions. *Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Perspektivy vnedreniyasovremennykh biotekhnologicheskikh razrabotok*



эффективности сельскохозяйственного производства: Региональная научно-практическая конференция, Краснодар, 6 июня 2000 г. Ставрополь: Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия, 2000. С. 28. EDN WJQPED

19. Тер-Петросянц Г.Э. Влияние технологии производства маточных растений винограда на их способность к вегетативному размножению // *Известия ТСХА*. 2024. № 1. С. 53-67. <http://doi/10.26897/0021-342X-2024-1-53-67>

20. Браткова Л.Г., Цаценко Н.Н., Малыхина А.Н., Машченко М.Н. и др. Ускоренное получение высококачественного посадочного материала винограда при помощи биотехнологии IN VITRO // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018. № 6 (74). С. 70-73. <http://doi/10.25930/62zt-4086>

21. Batukaev A.A. Optimization of nutrient medium composition and adaptation of grapes plants in vitro to conditions in vivo optimization of nutritional medium composition and adaptation of vintages in vitro to in vivo conditions // *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2017. № 1 (15). Pp. 10-16. EDN: YWALDN

22. Akimova S.V., Kirkach V.V., Radjabov A.K., Panova M.B. et al. Introduction of in Vitro Grapes of Interspecific Origin // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021:012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1942/1/012047>

23. Батукаев А.А., Батукаев М.С., Палаева Д.О., Собралиева Э.А. Введение в культуру in vitro и адаптация ex-vitro сортов винограда Августин и Молдова // *Проблемы развития АПК региона*. 2018. № 4 (36). С. 20-26. EDN YRSEPEZ

24. Бободжанова Х.И., Ясаулова Ш.К., Кухарчик Н.В. Оптимизация этапа стерилизации эксплантов винограда при введении в культуру in vitro // *Актуальная биотехнология*. 2018. № 3 (26). С. 524-525. EDN VXJMXQ

25. Бободжанова Х.И., Кухарчик Н.В. Эффективность ризогенеза in vitro и адаптации ex vitro некоторых бессемянных сортов винограда // *Плодоводство: Сборник научных трудов. РУП «Институт плодородства»*. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2021. Т. 33. С. 159-166. <http://doi/10.47612/0134-9759-2021-33-159-166>

26. Дорошенко Н.П., Ребров А.Н. Влияние эмитима и калийного лигногумата на регенерационную способность винограда in vitro // *Виноделие и виноградарство*. 2009. № 6. С. 36-37. EDN KXAMWR

27. Трухачев В.И., Бинатов Ю.Г., Герасимов А.Н., Скрипниченко Ю.С. Конкурентоспособность российского сельского хозяйства: сущность, тенденции и перспективы // *Экономика и предпринимательство*. 2015. № 11-1(64). С. 528-534. EDN VCKZUL

28. Андреева Е.А., Зуева Л.В., Яковлева В.М., Коршунов Е.А. Виноград в северных широтах // *Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции: В 2-х ч. Ч. 1. Г. Пенза, 5 ноября 2022 г.* Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 99-104. EDN SHRSRJ

dlya povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. *Krasnodar, June 6, 2000*. Stavropol, Russia: Stavropol'skaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2000:28. (In Russ.)

19. Ter-Petrosyants G.E., Akimova S.V., Radzhabov A.K., Solovyov A.V., Marchenko L.A. Effect of the production technology of vine mother plants on their ability to vegetative propagation. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2024;1(1):53-67. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-1-53-67>

20. Bratkova L.G., Tsatsenko N.N., Malykhina A.N., Mashchenko M.N., Makarov K.A. Accelerated obtaining of high-quality planting material of grape by using in vitro biotechnology. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;6(74):70-73. (In Russ.) <http://doi/10.25930/62zt-4086>

21. Batukaev A.A., Shishaev M.G., Butakaev M.S. Optimization of nutrient medium composition and adaptation of grapes plants in vitro to conditions in vivo optimization of nutritional medium composition and adaptation of vintages in vitro to in vivo conditions. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2017;1(15):10-16.

22. Akimova S.V., Kirkach V.V., Radjabov A.K., Panova M.B. et al. Introduction of in Vitro Grapes of Interspecific Origin. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021:012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1942/1/012047>

23. Batukaev A.A., Batukaev M.S., Palaeva D.O., Sobralieva E.A. In vitro introduction and ex-vitro adaptation of grape varieties Augustin and Moldova. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2018;4(36):20-26. (In Russ.)

24. Bobodzhanova Kh.I., Yasaulova Sh.K., Kukharchik N.V. Optimization of the stage of sterilization of grape explants when introduced into in vitro culture. *Aktual'naya biotekhnologiya*. 2018;3(26):524-525. (In Russ.)

25. Bobojahnova K.I., Kukharchik N.V. Efficiency of in vitro rhizogenesis and ex vitro adaptation of certain seedless varieties of grapes. In: *Plodovodstvo*: Minsk, Belarus: Republican Unitary Enterprise Publishing House Belarusian Science, 2021;33:159-166. (In Russ.) <http://doi/10.47612/0134-9759-2021-33-159-166>

26. Doroshenko N.P., Rebrov A.N. Effect of emittim and potassium lignohumate on the regeneration capacity of grapes in vitro. *Vinodelie i vinogradarstvo*. 2009;6:36-37. (In Russ.)

27. Trukhachev V.I., Binatov Y.G., Gerasimov A.N., Skripnichenko Y.S. Competitiveness of Russian agriculture: essence, trends and prospects. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2015;11-1(64):528-534 (In Russ.)

28. Andreeva E.A., Zueva L.V., Yakovleva V.M., Korshunov E.A. Grapes in the northern latitudes. In: *XXVII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskay konferentsiy "Sovremennaya nauka: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii"*. November 05, 2022. Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G.Yu.), 2022:99-104. (In Russ.)

29. Батукаев А.А. *Совершенствование технологии ускоренного размножения и оздоровления посадочного материала винограда методом in vitro*: Монография. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 1998. 223 с. EDN SFWTFP

30. Браткова Л.Г., Малыхина А.Н., Цаценко Н.Н. Приемы адаптации мериклонов винограда к условиям in vivo // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2015. № 34 (4). С. 14-29. EDN TZHUJJ

31. Московский белый // Официальный сайт vinograd.info. URL: <https://vinograd.info/sorta/arhiv/moskovskii-belyi.html> (дата обращения: 02.02.2024).

32. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П., Веселова М.В. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20. EDN: SMRFTD

33. Кишмиш 342 – сорт винограда // Энциклопедия сортов винограда vineyard. URL: <https://grape-sort.vineyard.su/seedless/item/kishmish-342> (дата обращения: 02.02.2024).

34. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям*. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985. М.: Альянс, 2011. 350 с. EDN QLCQEP

35. Исачкин А.В., Крючкова В.А., Богданова В.Д. *Основы научных исследований в садоводстве (самоконтроль): Учебно-методическое пособие*. М.: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2021. 62 с. EDN ORJSXP

29. Batukaev A.A. *Improvement of technology of accelerated multiplication and improvement of grape planting material by in vitro method*: monograph. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 1998:223. (In Russ.)

30. Bratkova L., Malyhina A., Zuzenko N. The ways of grapes mery clones adaptation to the conditions in vivo. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. 2015;34(4):14-29. (In Russ.)

31. Moscow White. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://vinograd.info/sorta/arhiv/moskovskii-belyi.html> (accessed: February 02, 2024)

32. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P., Veselova M.V. Technology of milk phyto tea “Stevilakt”. *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)

33. Kishmish 342 – grape variety. Encyclopedia of grape varieties Vineyard. (In Russ.) URL: <https://grape-sort.vineyard.su/seedless/item/kishmish-342> (accessed: February 19, 2024)

34. Dospikhov B.A. *Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*: textbook for students of higher agricultural educational institutions on agronomic specialties. 6th ed., ster, reprinted from the 5th ed., 1985. Moscow, Russia: Al'yans, 2011:350. (In Russ.)

35. Isachkin A.V., Kryuchkova V.A., Bogdanova V.D. Fundamentals of scientific research in horticulture (self-control): study guide. Moscow, Russia: Redaktsiya zhurnala “Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva”, 2021:62. (In Russ.)

### Сведения об авторах

**Дмитрий Михайлович Годлин**, обучающийся бакалавриата по направлению подготовки 35.03.05 – Садоводство, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [dimaorhidflowers@mail.ru](mailto:dimaorhidflowers@mail.ru)

**Георг Эдвардович Тер-Петросянц**, ассистент кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [ter-petrosyanc@rgau-msha.ru](mailto:ter-petrosyanc@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0087-3886>

**Светлана Владимировна Акимова**, доцент кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [akimova@rgau-msha.ru](mailto:akimova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7267-1220>

Статья поступила в редакцию 01.03.2024  
Одобрена после рецензирования 19.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

### Information about the authors

**Dmitriy M. Godlin**, Bachelor's degree student in 35.03.05 “Gardening”, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [dimaorhidflowers@mail.ru](mailto:dimaorhidflowers@mail.ru)

**Georg E. Ter-Petrosyants**, Assistant at the Department of Horticulture, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [ter-petrosyanc@rgau-msha.ru](mailto:ter-petrosyanc@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-0087-3886>

**Svetlana V. Akimova**, Dsc (Agr), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Horticulture, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [akimova@rgau-msha.ru](mailto:akimova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-7267-1220>

The article was submitted to the editorial office March 01, 2024  
Approved after reviewing March 19, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024

## ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 628.4.032 (571.61)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-35-46>



### Экологическая специфика состава твердых коммунальных отходов Бийского городского округа

Алеся Викторовна Антипина, Сергей Юрьевич Ермаков

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Сергей Юрьевич Ермаков; [s.ermakov@rgau-msha.ru](mailto:s.ermakov@rgau-msha.ru)

#### Аннотация

Статья посвящена вопросам уточнения морфологического и фракционного состава твердых коммунальных отходов Бийского городского округа. В настоящее время многие регионы Российской Федерации в процессе разработки территориальных схем обращения с отходами ориентируются на средние данные в части морфологического и фракционного состава, однако специфика состава твердых коммунальных отходов в регионах может отличаться от средних значений, определенных 15-20 лет назад. Исследования проводились в течение трех дней, сортировка отходов осуществлялась на полигоне Бийского городского округа вручную. В итоге на примере Бийского городского округа выявлена необходимость корректировки территориальной схемы обращения с твердыми коммунальными отходами Алтайского края.

#### Ключевые слова

Твердые коммунальные отходы, ТКО, морфологический состав отходов, фракционный состав отходов, актуализация морфологического и фракционного состава ТКО, отдельный сбор отходов, утилизация отходов

#### Благодарности

Авторы выражают благодарность компании ООО «Спецобслуживание» за помощь в организации исследования по заказу публично-правовой компании по формированию комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами «Российский экологический оператор».

#### Для цитирования

Антипина А.В., Ермаков С.Ю. Экологическая специфика состава твердых коммунальных отходов Бийского городского округа // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 35-46. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-35-46>

## ECOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-35-46>



### Ecological specificity of the composition of municipal solid waste of the Biysk urban district

Alesia V. Antipina, Sergey Yu. Ermakov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Sergey Yu. Ermakov; [s.ermakov@rgau-msha.ru](mailto:s.ermakov@rgau-msha.ru)

#### Abstract

The article is devoted to the issues of updating the morphological and fractional composition of municipal solid waste (MSW) of the Biysk urban district. Currently, many regions of the Russian Federation in the process of development of territorial waste management schemes, are guided by average data in terms of morphological and fractional composition, however, the specific composition of MSW in the regions may differ from the average values determined 15-20 years ago. The study was conducted for three days; the sorting was done manually at the landfill of the Biysk urban district. As a result, this example revealed the need to adjust the territorial scheme for municipal solid waste management in Altai Krai.

#### Keywords

Municipal solid waste, MSW, morphological composition of waste, fractional composition of waste, updating the morphological and fractional composition of MSW, separate waste collection, waste disposal

**Acknowledgments**

The authors express their gratitude to the company ООО “Spetsobsluzhivanie” for their assistance in organizing the research commissioned by the public not-for-profit organization “Russian Ecological Operator” for the creation of an integrated municipal solid waste management system.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

**For citation**

Antipina A.V., Ermakov S.Yu. Ecological specificity of the composition of municipal solid waste of the Biysk urban district. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):35-46. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-35-46>

## Введение Introduction

Твердые коммунальные отходы (ТКО) – это отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд<sup>1</sup>. К твердым коммунальным отходам относятся также отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами [1]. К данным отходам относятся пластиковые и стеклянные бутылки, пластиковые пакеты и упаковка, бумага, картон, текстильные изделия, пищевые отходы (не более 15% от общего объема ТКО [1]) и другие предметы, которые обычно выбрасываются в мусорные контейнеры. ТКО являются значительной проблемой для окружающей среды и требуют определенных методов сбора, обработки и утилизации. Поставленная Президентом Российской Федерации цель по созданию устойчивой системы обращения с ТКО, внедрению наилучших доступных технологий обращения с отходами и принятие Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» (2022-2030 гг.) требуют актуализации сведений в части состава отходов в субъектах Российской Федерации.

Согласно данным статистической отчетности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор)<sup>2</sup> за 2022 г. на территории Алтайского края образовано 4866 302 т

<sup>1</sup> Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/) (дата обращения: 09.03.2024).

<sup>2</sup> Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы) за 2022 год, систематизированные по федеральным округам и субъектам Российской Федерации: Приказ Росстата от 9 октября 2020 № 627, с изм. от 13 ноября 2020 г. № 598. URL: <https://altai.rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения: 02.02.2024).

ТКО, размещенных на 14 полигонах, один из которых расположен в Бийском городском округе.

В настоящее время на территории края отсутствует система раздельного сбора ТКО, все образованные отходы выбрасываются в один контейнер без сортировки. Также не производится системное выделение вторичного сырья после вывоза контейнеров от мест сбора, поскольку это требует создания соответствующих предприятий по сортировке мусора с внедрением новых технологий сбора и сортировки.

**Цель исследований:** уточнение сведений о морфологическом и фракционном составе твердых коммунальных отходов Бийского городского округа.

**Задачи исследований:**

1. Определение морфологического состава ТКО.
2. Определение фракционного состава ТКО.
3. Выявление закономерностей (особенностей) в морфологическом и фракционном составе ТКО.
4. Сравнение данных натурного обследования с данными Территориальной схемы обращения с отходами Алтайского края, и в случае необходимости – предложение рекомендаций в части ее корректировки.

Проведение исследований морфологического состава отходов в Алтайском крае является актуальным, поскольку достоверная информация об объеме и составе ТКО послужит основой организации эффективной системы раздельного сбора, транспортировки, размещения, использования и утилизации отходов, определенных Указом Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» («...создание устойчивой системы обращения с твердыми коммунальными отходами, обеспечивающей сортировку отходов в объеме 100% и снижение объема отходов, направляемых на полигоны, в два раза...»<sup>3</sup>) и предусмотренных Федеральной программой «Экономика замкнутого цикла» (2022-2030 гг.).

<sup>3</sup> О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 09.03.2024).

## Методика исследований Research method

Полигоны твердых коммунальных отходов, являясь объектами негативного воздействия на окружающую среду и объектами, требующими установки санитарно-защитных зон (СЗЗ), размещаются за пределами городских и сельских поселений. Нормативная СЗЗ от территорий размещения полигонов ТКО составляет 500 м.<sup>4</sup>

Объектом исследований являются твердые коммунальные отходы, поступающие на полигон Бийского городского округа Алтайского края, расположенного примерно в 5 км к северо-востоку от центральной части г. Бийска и в 1,5 км к югу от п. Заря (рис. 1).

Исследованию подлежали вновь поступающие ТКО, которые анализировали на отдельной площадке, свободной от ранее поступивших отходов (рис. 2).

Морфологическому и фракционному анализу подлежали ТКО, собранные в будние дни и субботу 21, 22 и 23 декабря 2024 г. Состав и объем ТКО, образующихся в выходные (воскресенье) и праздничные дни, может отличаться от отходов, поступающих в течение недели и является темой отдельного исследования.

Выделяют два основных параметра, характеризующих качественный состав ТКО: морфологический и фракционный. Морфологический состав отходов – содержание отдельных компонентов, значительно различающихся между собой по происхождению, химическому составу и свойствам, выраженные в процентах к общему весу или объему<sup>5</sup>.

Фракционный состав ТКО – процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера. Фракционный состав ТКО оказывает влияние на технологию и организацию сбора и транспортировки, а также на параметры оборудования мусороперерабатывающих заводов.



Рис. 1. Схема размещения полигона ТКО Бийского городского округа:

■ – территория полигона ТКО<sup>4</sup>

Fig. 1. Layout drawing of the MSW landfill in the Biysk urban district:

■ – territory of the MSW landfill

<sup>4</sup> СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (новая редакция). URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 09.03.2024).

<sup>5</sup> СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (новая редакция). URL: <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 09.03.2024).

В данных исследованиях для определения фракционного состава ТКО выбраны следующие размеры сит:

- более 50 мм;
- 10-50 мм;
- менее 10 мм.

Определение морфологического и фракционного состава отходов проводилось в течение трех дней: 21, 22, 23 декабря 2023 г. Сортировка отходов осуществлялась из мусоровозов непосредственно на полигоне вручную (рис. 3 а, б).

Основными категориями при определении морфологического состава ТКО являются бумага, пластик, пищевые отходы, стекло, металл, текстиль, средства гигиены и прочие отходы (неклассифицируемые материалы) в пробе массой 100 кг.

Определение массы той или иной морфологической категории осуществляется платформенными весами.

Выбраны 12 категорий для проведения замеров по определению морфологического состава ТКО:

- пластики;
- стекло;
- бумага и картон;
- текстиль;
- пищевые отходы;
- средства гигиены;
- строительные материалы;
- кости;
- металл;
- дерево;
- резина;
- несортируемые отходы.



**Рис. 2.** Площадка для отбора, сортировки и взвешивания проб ТКО (фото А.В. Антипиной)

**Fig. 2.** Site for collecting, sorting and weighing MSW samples (photo by Antipina A.V.)



**Рис. 3.** Отбор и взвешивание пробы ТКО: слева – отбор; справа – взвешивание (фото А.В. Антипиной)

**Fig. 3.** Sorting and weighing of MSW samples: left – sorting; right – weighing (photo by Antipina A.V.)

Пробу ТКО распределяют по металлическому сити с ячейкой 50 × 50 мм, отбирают отходы размером более 50 мм и сортируют по основным категориям (рис. 4). Полученные категории необходимо разложить в полипропиленовые мешки известного объема и взвесить. Результаты измерений массы представляются в килограммах.

Отходы, провалившиеся в ячейку 50 × 50 мм, повторно собирают и распределяют на сите с ячейкой 10 × 10 мм (рис. 5). Фракцию более 10 мм, но менее 50 мм также сортируют по выбранным категориям и взвешивают.

Отходы размером менее 10 мм (отсев) не сортируются, но взвешиваются.

Для каждой категории вычисляются процентные значения массы от суммарного значения массы всех отходов соответственно.

Процентное значение массы отходов каждой категории (N) определяется по формуле [2, 3]:

$$N = (m/M) \cdot 100\%,$$

где m – вычисленная масса отходов каждой категории, кг; M – суммарное значение массы всех отходов, 100 кг.

Процентные соотношения категорий отходов в составе ТКО (фракции и виды) представляются в виде круговых диаграмм.



**Рис. 4.** Определение морфологического состава фракции более 50 мм (фото А.В. Антипиной)  
**Fig. 4.** Determining the morphological composition of the fraction over 50 mm (photo by Antipina A.V.)



**Рис. 5.** Определение морфологического состава фракции 10-50 мм (фото А.В. Антипиной)  
**Fig. 5.** Determining the morphological composition of the 10-50 mm fraction (photo by Antipina A.V.)

**Результаты и их обсуждение**  
**Results and discussion**

Определение фракционного и морфологического состава ТКО осуществлялось авторами на территории полигона ТКО Бийского городского округа с помощью сотрудников полигона и специалистов ООО «Спецобслуживание». Анализ фракционного состава ТКО, поступающих на полигон в течение трех дней, представлен в таблице 1.

В период проведения исследований значительных отклонений обнаружено не было. Результаты определения фракционного состава представлены в форме круговой диаграммы (рис. 6).

Большая часть твердых коммунальных отходов представлена крупной фракцией более 50 мм (76,3%). Средняя фракция (10-50 мм) составляет 16,2%. Фракция менее 10 мм (отсев) составляет 7,5%. Результаты определения морфологического состава ТКО представлены в таблице 2.

Таблица 1

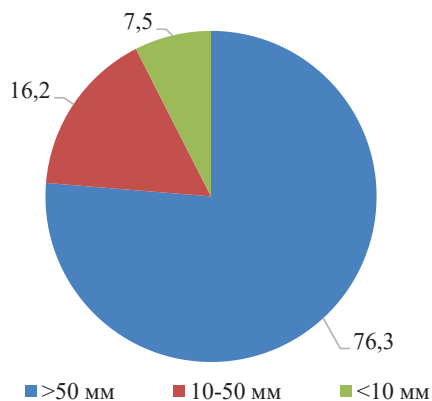
**Фракционный состав ТКО полигона Бийского муниципального района, %**  
(составлено А.В. Антипиной)

Фракция отходов	День 1	День 2	День 3	Среднее значение, %
>50 мм	67,4	81,5	80,1	76,3
10-50 мм	22,2	10,7	15,7	16,2
<10 мм	10,4	7,8	4,2	7,5

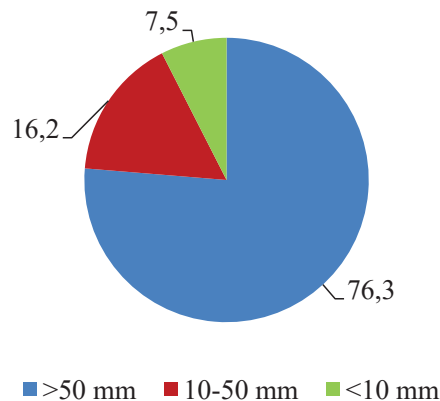
Table 1

**Fractional composition of MSW at the Biysk urban district landfill, %**  
(compiled by A.V. Antipina)

Waste fraction	Day 1	Day 2	Day 3	Average value, %
>50 mm	67.4	81.5	80.1	76.3
10-50 mm	22.2	10.7	15.7	16.2
<10 mm	10.4	7.8	4.2	7.5



**Рис. 6.** Фракционный состав ТКО Бийского городского округа (составлено А.В. Антипиной)



**Fig. 6.** Fractional composition of MSW of the Biysk urban district (compiled by Antipina A.V.)



Таблица 2

**Морфологический состав ТКО полигона  
Бийского городского округа, %  
(составлено А.В. Антипиной)**

Категория	День 1	День 2	День 3	Среднее значение, %
Пластик	24,3	26,8	27,3	26,1
Пищевые отходы	23,5	24,5	26	24,7
Стекло	16,3	15,1	20,5	17,3
Бумага, картон	7,9	15,6	9	10,8
Средства гигиены	2,6	0,1	2	1,6
Металл	4,3	2,2	4,2	3,6
Резина	1,5	1,6	1	1,4
Кости	2,9	4,5	1,4	2,9
Строительные материалы	3,6	1,2	0	1,6
Текстиль	2,2	1,3	4	2,5
Дерево	0,2	0,4	0	0,2
Прочее	10,7	6,7	4,6	7,3
	100	100	100	100,0

Table 2

**Morphological composition of MSW  
at the Bysk urban district landfill, %  
(compiled by A.V. Antipina)**

Category	Day 1	Day 2	Day 3	Average value, %
Plastic	24.3	26.8	27.3	26.1
Food waste	23.5	24.5	26	24.7
Glass	16.3	15.1	20.5	17.3
Paper, cardboard	7.9	15.6	9	10.8
Hygiene products	2.6	0.1	2	1.6
Metal	4.3	2.2	4.2	3.6
Rubber	1.5	1.6	1	1.4
Bones	2.9	4.5	1.4	2.9
Construction materials	3.6	1.2	0	1.6
Textile	2.2	1.3	4	2.5
Wood	0.2	0.4	0	0.2
Other	10.7	6.7	4.6	7.3
	100	100	100	100.0

Большая часть ТКО состоит из пластика (26,1%), пищевых отходов (24,7%), стекла (17,3%), бумаги и картона (10,8%).

Общий вид ТКО, поступающих на полигон Бийского городского округа, и процентное соотношение категорий отходов в составе ТКО отражены на рисунке 7. Морфологический состав ТКО представлен в форме круговых диаграмм на рисунке 8.

Более половины компонентов в составе ТКО (50,8%) представлено пластиком и пищевыми отходами. Прочие компоненты в составе ТКО представлены древесиной (0,2%), резиной (1,4%), строительными материалами (1,6%) и средствами гигиены (1,6%). Общий вид фракции 10-50 мм отражен на рисунке 9.

Процентное соотношение категорий отходов в составе фракций 10-50 мм и более 50 мм представлено на рисунке 10.

Фракция отходов 10-50 мм представлена преимущественно пищевыми отходами (54%), доля пластика является почти вдвое меньшей (23,1%).

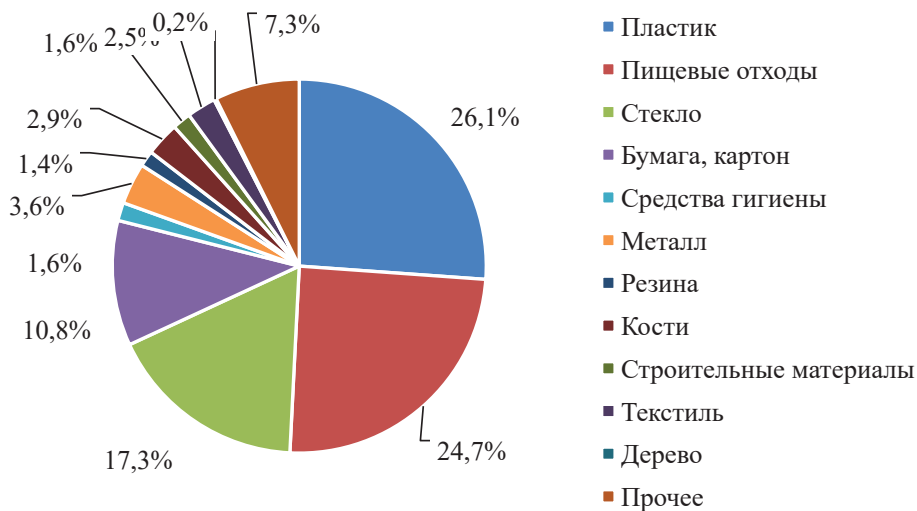
Анализ морфологического состава отсева при проведении исследований не приводится, но учитывается его масса.

Диаграмма фракционного состава показывает, что во фракции ТКО более 50 мм основными составляющими компонентами являются пластик (29%), стекло (21,8%), пищевые отходы (19,9%) и бумага (11,9%).

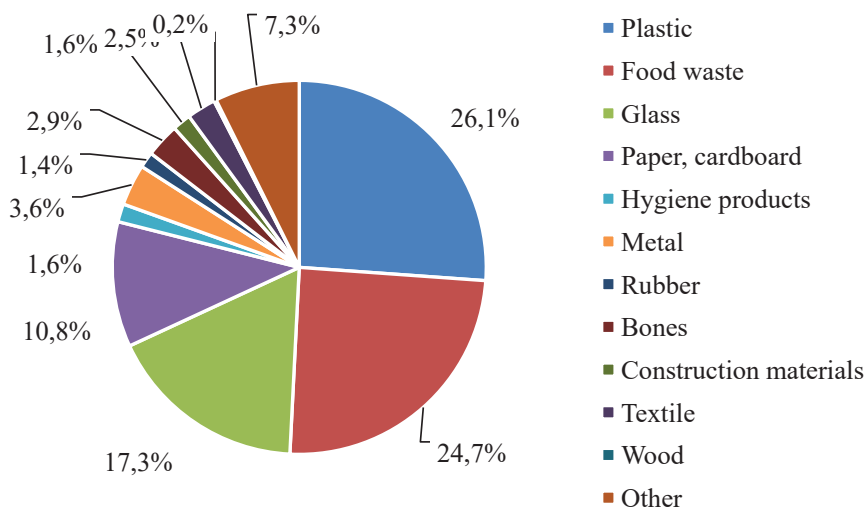
В Территориальной схеме обращения с отходами Алтайского края<sup>6</sup> представлен усредненный состав ТКО для Российской Федерации. В результате проведенных исследований представлены актуальные сведения в части морфологического состава ТКО Бийского городского округа (табл. 3).



**Рис. 7.** Общий вид ТКО (фото А.В. Антипиной)  
**Fig. 7.** General view of MSW (photo by A.V. Antipina)



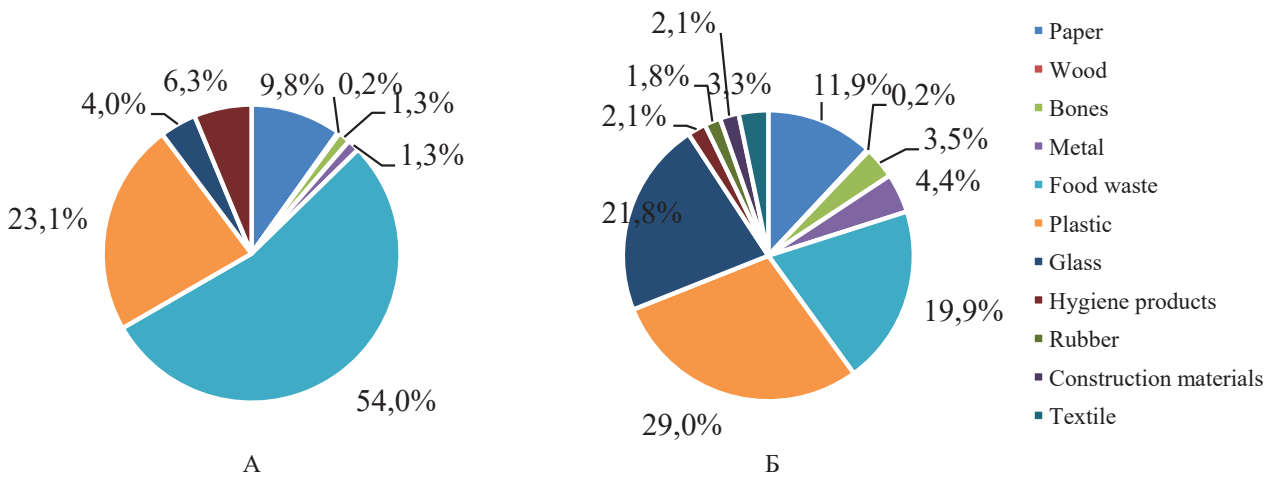
**Рис. 8.** Процентное соотношение компонентов ТКО полигона Бийского городского округа (составлено А.В. Антипиной)



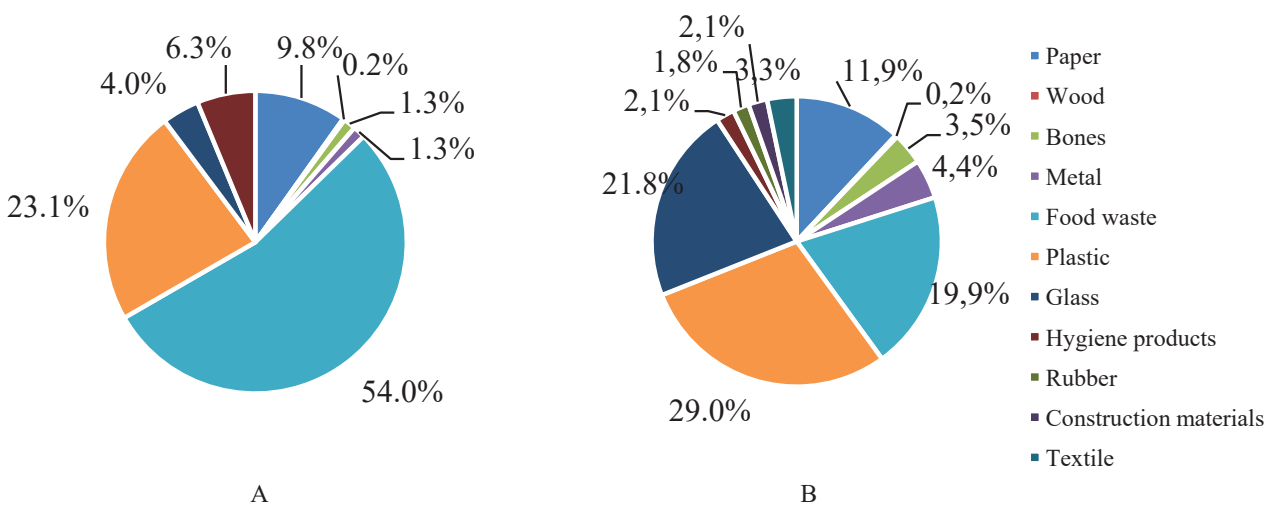
**Fig. 8.** Percentage ratio of MSW components at the Biysk urban district landfill (compiled by A.V. Antipina)



**Рис. 9.** Общий вид фракции 10-50 мм (фото А.В. Антипиной)  
**Fig. 9.** General view of the 10-50 mm fraction (photo by A.V. Antipina)



**Рис. 10.** Процентное соотношение компонентов ТКО во фракциях 10-50 мм (А) и более 50 мм (Б) (составлено А.В. Антипиной)



**Fig. 10.** Percentage of MSW components in fractions 10-50 mm (A) and more than 50 mm (B) (compiled by A.V. Antipina)

<sup>6</sup> Территориальная схема обращения с отходами Алтайского края от 20 сентября 2021 г. № 1193 URL: [https://min-prirody.alregn.ru/directions/prirodnye\\_resursy/proekty\\_aktualizirovannoj\\_tersxemu/](https://min-prirody.alregn.ru/directions/prirodnye_resursy/proekty_aktualizirovannoj_tersxemu/) (дата обращения: 09.03.2024).

Таблица 3

**Морфологический состав ТКО в среднем по Российской Федерации  
и по результатам проведенных исследований**  
(составлено А.В. Антипиной)

№ п/п	Компонент	Процентное содержание, % (в среднем по России, данные Территориальной схемы обращения с отходами Алтайского края)	Процентное содержание, % (данные натурного исследования 21-23 декабря 2023 г.)
1	бумага и картон	33-40	10,8
2	пищевые отходы	27-33	24,7
3	дерево	1,5-5	0,2
4	черные и цветные металлы	2,9-4,2	3,6
5	кости	0,5-0,9	2,9
6	кожа и резина	0,8-1,3	1,4
7	текстиль	4,6-6,5	2,5
8	стекло	2,7-4,3	17,3
9	полимерные материалы	4,6-4,8	26,1

Table 3

**Morphological composition of MSW on average for the Russian Federation  
and according to the results of studies conducted**  
(compiled by Antipina A.V.)

№	Component	Percentage content, % (average for Russia, data from the Territorial Waste Management Scheme of Altai Krai)	Percentage content, % (data from field research, December 21-23, 2023)
1	paper and cardboard	33-40	10.8
2	food waste	27-33	24.7
3	wood	1.5-5	0.2
4	ferrous and non-ferrous metals	2.9-4.2	3.6
5	bones	0.5-0.9	2.9
6	leather and rubber	0.8-1.3	1.4
7	textile	4.6-6.5	2.5
8	glass	2.7-4.3	17.3
9	polymer materials	4.6-4.8	26.1

В результате проведенных исследований выявлены некоторые отличия от справочной информации, представленной в Территориальной схеме обращения с отходами Алтайского края. Исследования показывают, что в составе ТКО Бийского городского округа больше стекла (в 5 раз), пластиков (в 5,5 раза), костей (в 4 раза), меньше дерева (в 15 раз), бумаги (в 3,5 раза) и текстиля (в 2 раза). Содержание пищевых отходов составляет 24,7%, что несколько ниже, чем в среднем по России (28%), и в 1,6 раза ниже, чем по Москве и Московской области (40%) [4, 5]. Содержание пластика достигает 26,1%, что в целом соответствует данным некоторых регионов Европейской части России (30%) [6, 7].

Таким образом, в результате проведенных исследований:

1. Выявлены основные категории морфологического состава ТКО Бийского муниципального округа. Большая часть отходов представлена пластиком (26,1%), пищевыми отходами (24,7%), стеклом (17,3%) и бумагой (10,8%). Пригодные для переработки компоненты (пластик, стекло, бумага, металл) составляют 57,8%. Повторное использование некоторых составляющих ТКО потребует сортировки не только по морфологическому признаку, но и дополнительной сортировки. Так, пластики следует подразделять на полистирол, пластик ПЭТ, полипропилен, полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен высокого давления (ПВД); стекло необходимо подразделять по цвету, а металлы – на цветные и черные.

2. Установлено, что большая часть отходов в составе ТКО (76,3%) относится к фракции более 50 мм. Основными категориями (82,6%) в данной фракции являются пластик (29%), стекло (21,8%), пищевые отходы (19,9%) и бумага (11,9%). Значительная часть ресурсов – около 60%, за исключением пищевых отходов (62,7%), – может быть пригодна для утилизации (повторного вовлечения в производственный цикл, повторного использования). Однако потребуются внедрение системы сортировки ТБО, как минимум, на уровне придомовых площадок размещения контейнеров. Например, установка двух контейнеров: один – для отходов, потенциально сортируемых (бумага, стекло, пластик, металлы), второй – для несортируемых и загрязненных пищевыми компонентами.

3. Фракция 10-50 мм в составе ТКО представлена пищевыми отходами (54%), которые впоследствии могут быть отправлены на компостирование, однако потребуются дополнительные мероприятия по выделению пищевого компонента (очистка от пластика и т.д.), что представляет

сложность для предприятий, занимающихся сортировкой отходов. Проблема загрязнения потенциально пригодных к утилизации отходов пищевым компонентом является одним из серьезных препятствий к дальнейшей утилизации отходов.

4. Значительную часть в составе ТКО рассматриваемого полигона составляют кости (2,9%), что может являться специфической особенностью для региона.

5. Различия полученных данных за три дня исследований со справочными усредненными данными Российской Федерации, представленными в Территориальной схеме обращения с отходами Алтайского края, связаны отчасти с предновогодним периодом (повышенное содержание полимерных материалов, пищевых компонентов, стекла). Уменьшение количества бумаги в составе ТКО связано с меньшим использованием бумаги в составе упаковки продуктов питания и прочих товаров потребления, уменьшение количества деревянных отходов – с пониженным использованием деревянных предметов в быту. Твердые коммунальные отходы являются динамичным показателем, отражающим текущую ситуацию в части производства товаров и оказания услуг.

6. Данные натурного исследования морфологического и фракционного состава ТКО показывают необходимость корректировки Территориальной схемы обращения с отходами Алтайского края в части пластика, бумаги, стекла, текстиля, древесины. Знание актуального состава ТКО позволит ввести в регионе корректную систему раздельного сбора отходов и дальнейшего обращения с ними.

## Выводы

## Conclusions

В результате уточнения сведений о морфологическом и фракционном составе твердых коммунальных отходов Бийского городского округа Алтайского края выявлено несоответствие некоторых усредненных показателей состава ТКО Российской Федерации<sup>7</sup>, что затрудняет введение системы раздельного сбора ТКО и последующее обращение с отходами на полигоне (сортировка поступивших отходов, рекультивация полигона и др.).

<sup>7</sup> О разработке, общественном обсуждении, утверждении, корректировке территориальных схем в области обращения с отходами производства и потребления, в том числе с твердыми коммунальными отходами, а также о требованиях к составу и содержанию таких схем: Постановление Правительства РФ от 22 сентября 2018 г. № 1130. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551187872> (дата обращения: 09.04.2024).

## Список источников

1. Вахитов Ю.Ф., Шамсутдинова Л.Р., Зверева Т.И. Изучение изменения морфологического состава твердых бытовых отходов в мегаполисе г. Уфе // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»*. 2012. № 4. С. 63-69. EDN PJOKAL
2. Аслонов Н.Р., Мухамедова Н.Б., Сардор М.М. Свойства твердых бытовых отходов и их влияние на технологию переработки // *Academic research in educational sciences*. 2021. Т. 9, № 2. С. 240-245. <https://doi.org/10.24412/2181-1385-2021-9-240-245>
3. Лебедева К.А., Графов К.А. Определение морфологического состава твердых коммунальных отходов на территории Петрозаводского городского округа // *StudArctic Forum*. 2018. Т. 2, № 10. С. 29-46. EDN: ZFOJGB
4. Кирейчиков И.В., Унжаков В.В., Маслов Д.И. Органика в ТКО: с чем имеем дело? // *Твердые бытовые отходы*. 2021. № 3 (177). С. 20-23. EDN KHRST
5. Крицкий И.Н. Нюансы компостирования пищевых отходов на примере КПО в Московской области // *Твердые бытовые отходы*. 2024. № 1 (211). С. 23-27. EDN QZZFXU
6. Торопов Д.И., Лавровская Г.Н., Елисеева Н.В., Попова О.А. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2009 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. 260 с. EDN QQAYZD
7. Мальцева О.Н. Автоматическая сортировка отходов: опыт Костромы // *Твердые бытовые отходы*. 2017. № 10 (136). С. 24-29. EDN ZPFEBJ

## Сведения об авторах

**Алеся Викторовна Антипина**, студент 4 курса кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: al.ant.2015@mail.ru

**Сергей Юрьевич Ермаков**, старший преподаватель кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: s.ermakov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-0326>

Статья поступила в редакцию 08.02.2024  
Одобрена после рецензирования 19.03.2024  
Принята к публикации 20.03.2024

## References

1. Vakhitov Y.F., Shamsutdinova L.R., Zvereva T.I., Akbalina Z.F., Belan L.N. The study of the morphological changes in the composition of solid waste in the city Ufa. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2012;4:63-69. (In Russ.)
2. Aslonov N.R., Mukhamedova N.B., Sardor M.M. Properties of municipal solid waste and its impact on recycling technology. *Academic Research in Educational Sciences*. 2021;9(2):240-245. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2181-1385-2021-9-240-245>
3. Lebedeva K.A., Grafov K.A. Morphological composition of solid communal waste in Petrozavodsk. *StudArctic Forum*. 2018;2(10):29-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.15393/j102.art.2018.3005>
4. Kireychikov I.V., Unzhakov V.V., Maslov D.I. Organics in MSW: what are we dealing with? *Tverdye bytovye otkhody*. 2021;3(177):20-23. (In Russ.)
5. Kritskiy I.N. Nuances of food waste composting on the example of the waste recycling facility in the Moscow region. *Tverdye bytovye otkhody*. 2024;1(211):23-27. (In Russ.)
6. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: Annual report on the results of monitoring 2009*. Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on engineering and technical support of agro-industrial complex. 2010:260.
7. Mal'tseva O.N. Automatic waste sorting: the experience of Kostroma. *Tverdye bytovye otkhody*. 2017;10(136):24-29. (In Russ.)

## Information about the authors

**Alesia V. Antipina**, 4th year student of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: al.ant.2015@mail.ru

**Sergey Yu. Ermakov**, Senior Lecturer at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: s.ermakov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1120-0326>

The article was submitted to the editorial office February 08, 2024  
Approved after reviewing March 19, 2024  
Accepted for publication March 20, 2024

ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 624.131.276:631.42:504.5(470-25)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-47-56>



**Оценка влияния торфяного грунта на содержание подвижных форм тяжелых металлов и аллелотоксичности в урбанизированных почвах под влаголюбивыми растениями в условиях Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева**

**Варвара Константиновна Гвоздь, Дмитрий Игоревич Шаламов, Турмушбек Мурзабекович Джанчаров**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Варвара Константиновна Гвоздь; [gvozd.v@rgau-msha.ru](mailto:gvozd.v@rgau-msha.ru)

**Аннотация**

В статье приведены результаты исследований сорбции тяжелых металлов и показателя аллелотоксичности под влаголюбивыми растениями в условиях разной антропогенной нагрузки в зависимости от применяемого грунта (торфяного грунта и дерново-подзолистой почвы, типичной для данной территории). При сравнительном выращивании влаголюбивых растений на дерново-подзолистой почве, типичной для данной территории, и на торфогрунте выявлена их специфика сорбирования тяжелых металлов: происходило снижение содержания свинца и меди в торфогрунте под влаголюбивыми растениями. В типичной дерново-подзолистой почве под влаголюбивыми растениями замечена обратная динамика. По содержанию цинка заметили, что при выращивании влаголюбивых растений на торфогрунте происходило увеличение содержания цинка в торфогрунте, исключение составляет тростник. Опыт проводили на территории Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева г. Москвы в течение 2019-2022 гг. Таким образом, влаголюбивые культуры, выращиваемые на торфяном грунте в качестве субстрата, можно применять для снижения содержания подвижных форм тяжелых металлов (свинца и меди) на урбанизированных почвах.

**Ключевые слова**

влаголюбивые растения, урбанизированные почвы, тяжелые металлы, торфогрунт, аллелотоксичность, загрязнение почвы, Экологический стационар РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Для цитирования**

Гвоздь В.К., Шаламов Д.И., Джанчаров Т.М. Оценка влияния торфяного грунта на содержание подвижных форм тяжелых металлов и аллелотоксичности в урбанизированных почвах под влаголюбивыми растениями в условиях Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 47-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-47-56>

ECOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-47-56>



**Assessment of the effect of peat soil on the content of mobile forms of heavy metals and allelotoxicity in urbanized soils under moisture-loving plants at the Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy**

**Varvara K. Gvozd, Dmitry I. Shalamov, Turmushbek M. Dzhancharov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Varvara K. Gvozd; [gvozd.v@rgau-msha.ru](mailto:gvozd.v@rgau-msha.ru)

**Abstract**

The article presents the results of studies on the sorption of pollutants by moisture-loving plants when using peat soil under different anthropogenic loads. The comparative cultivation of moisture-loving plants on sod-podzolic soil, typical for this area, and on peat soil revealed their specificity in the sorption of heavy metals: there was a decrease in the content of lead and copper

in peat soil under moisture-loving plants. In typical sod-podzolic soil under moisture-loving plants the opposite dynamics was observed. As for the zinc content, it was found that it increased in peat soil under moisture-loving plants, with the exception of reed. The experiment was conducted on the territory of the Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy in Moscow in 2019-2022. Thus, moisture-loving plants grown on peat soil as a substrate can be used to reduce the content of mobile forms of heavy metals (lead and copper) in urbanized soils.

### Keywords

moisture-loving plants, urbanized soils, heavy metals, peat soil, allelotoxicity, soil pollution, Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

### For citation

Gvozd V.K., Shalamov D.I., Dzhancharov T.M. Assessment of the effect of peat soil on the content of mobile forms of heavy metals and allelotoxicity in urbanized soils under moisture-loving plants at the Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):47-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-47-56>

## Введение Introduction

Проблема сорбции поллютантов является наиболее важной в настоящее время с точки зрения сохранения устойчивости экологических систем и устранения вредного влияния транспорта и различных отраслей промышленности на окружающую среду [1, 2].

Токсические для растений вещества выделяются в почву также другими растениями в ходе конкурентной борьбы между ними за ресурсы. Данный процесс был назван аллелопатией. В связи с этим встает вопрос о том, как можно снизить миграцию загрязняющих веществ из почвы в организм растений. В наше время существует много методов, способствующих биологической сорбции поллютантов из почвы, одни из них – использование сорбционно-активных растений и добавок, улучшающих структуру почвы [3]. Для изучения была выбрана смесь торфа со щепой для эффективного использования метода очистки почвы от ионов свинца, меди, кадмия. Торф, формирующийся в результате специфической биогеотрансформации растительных остатков в условиях повышенной влажности и недостатка кислорода [4], обладает высокой сорбционной способностью с точки зрения как природного барьера на пути миграции вредных и опасных соединений, так и возможности получения промышленных сорбентов. Являясь продуктом природного происхождения, торф сам по себе не оказывает экологическую нагрузку на элементы окружающей среды [4].

**Цель исследований:** анализ сорбирования в торфяном грунте ионов тяжелых металлов под влаголюбивыми растениями в условиях разной антропогенной нагрузки.

## Методика исследований Research method

Опыт был проведен на территории Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в г. Москве в течение 2019-2022 гг.

По климатическому зонированию климат г. Москвы в целом характеризуется как умеренно континентальный с умеренно суровой (средняя температура воздуха составляет  $-7,8^{\circ}\text{C}$ ), умеренно снежной зимой (высота снежного покрова в конце февраля достигает 40 см) и сравнительно теплым летом (средняя температура воздуха –  $17,3^{\circ}\text{C}$ ) [5].

Согласно почвенно-географическому районированию территория г. Москвы относится к Среднерусской провинции дерново-подзолистых среднегумусированных почв подзоны дерново-подзолистых почв (типичные почвы) южной тайги бореального пояса [6].

Основным отличием почвы на опытном участке Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева от почв типичной дерново-подзолистой почвы для данной природной зоны является ее деградированность вследствие антропогенного вмешательства [7].

В качестве тестируемых были выбраны следующие влаголюбивые растения: рогоз узколистный (*Typha angustifolia*) 60 саженцев на  $60\text{ м}^2$ , тростник обыкновенный (*Phragmites australis*) 80 саженцев на  $60\text{ м}^2$ , ирис ложноаировый (*Iris pseudacorus*) 60 саженцев на  $60\text{ м}^2$ , гречиха сахалинская (*Polygonum sachalinense*) 60 саженцев на  $60\text{ м}^2$ , мох гипнум кипарисовый (*Hipnum cupressiforme*) 17 посадочных линий на  $60\text{ м}^2$ , площадь делянки  $60\text{ м}^2$ , опыт проводился в 3-х кратной повторности. Место проведения опыта представляет собой мелиоративный канал. Данный участок характеризуется искусственно созданной влагоемкой поверхностью (выращивание растений на торфяном субстрате, представляющего собой соотношение торфа и щепы 1:4). Место проведения опыта представляет собой мелиоративный канал. Данный участок характеризуется искусственно созданной влагоемкой поверхностью (выращивание растений на торфяном субстрате) (рис. 1), имеющей уклон для поверхностного стока вдоль канала [8, 9].

В качестве добавки, улучшающей структуру почвы, была выбрана торфяная смесь (смесь торфа и щепы).



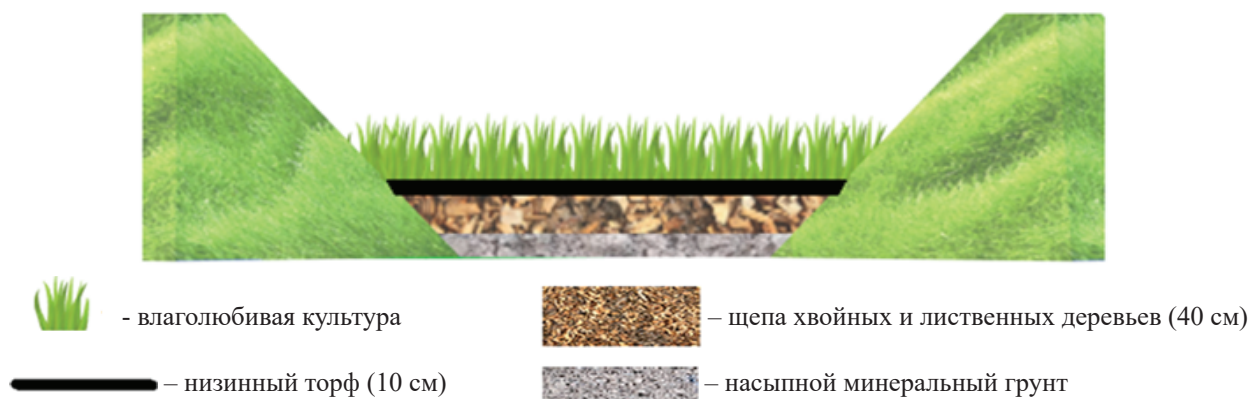


Рис. 1. Профиль канала с субстратом и влаголюбивыми растениями [9]

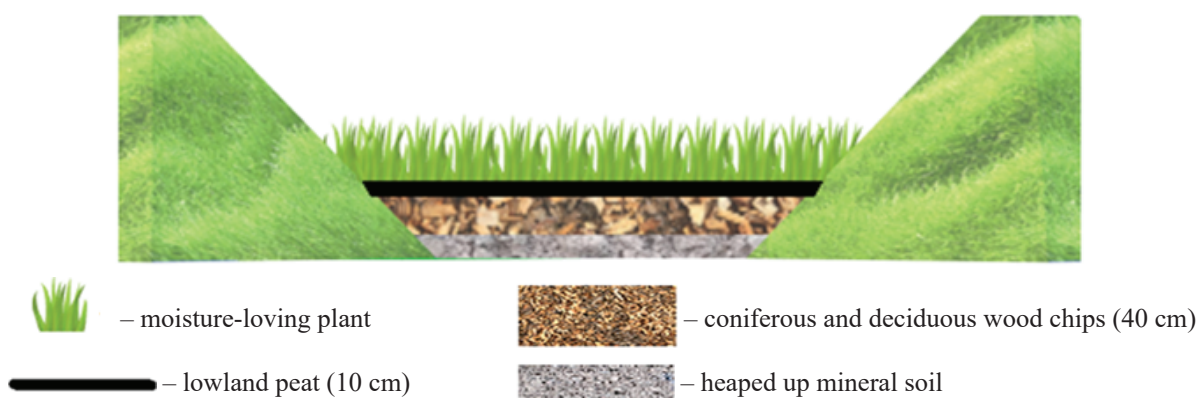


Fig. 1. Channel profile with substrate and moisture-loving plants [9]

Алелотоксичность почв негативно влияет на развитие на них растений, что ярко проявляется в задержке появления всходов в полевых условиях – возникновении временного сдвига в развитии зерновых культур [10]. Оценку алелотоксичности проводили на основе изменения длины проростков 7,5 г семян (~200 шт.) при их прорастании на песке с добавлением вытяжек из субстратов в сравнении с прорастанием семян на песке при добавлении дистиллированной воды. Длину проростков определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыщенным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков [12].

Отбор объединенных проб в поле для проведения анализа производился по ГОСТ 28168-89-2008<sup>1</sup>.

Массовая концентрация тяжелых металлов (Hg, Pb, Zn, Cd, Cu, As), мг/кг, на исследуемых участках определялась в Учебно-научном центре (УН ЦКП) «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» по ГОСТ ISO 22036-2014<sup>2</sup>.

Оценка уровня химического загрязнения торфяного грунта и типичной дерново-подзолистой

почвы как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических исследованиях урбанизированной почвы. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества (Кс), который рассчитывается по формуле (1), и суммарный показатель загрязнения (Zс), рассчитываемый по формуле (2). Оценка степени опасности загрязнения почв и грунтов по показателю (Zс) проводилась в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03<sup>3</sup>.

Коэффициент концентрирования (извлечения) (Кс) рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\text{ф}}}, \quad (1)$$

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента;  $C_{\text{ф}}$  – геохимический фон.

Показатель суммарного загрязнения (Zс) рассчитывается по формуле:

$$ZC = (\sum K_c) - (n - 1), \quad (2)$$

где  $K_c$  – Коэффициент концентрирования (извлечения)  $i$ -го химического элемента;  $n$  – число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию.

<sup>1</sup> ГОСТ 28168-89-2008. Почвы. Отбор проб.

<sup>2</sup> ГОСТ ISO 22036-2014. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектроскопии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС).

<sup>3</sup> СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

**Результаты и их обсуждение**  
**Results and discussion**

В результате исследований были проанализированы полученные экспериментальные данные.

Растения используют химические вещества для борьбы со стрессовыми воздействиями и конкурентами. Их проявление во время вегетации обуславливает усиление выработки растениями аллелотоксинов, их выделение, а следовательно, повышение аллелотоксичности почв [10].

В результате оценки аллелотоксичности типичной дерново-подзолистой почвы и торфяного грунта под исследуемыми влаголюбивыми растениями установлено, что наклонный рельеф и сточный промыв способствовали низкому показателю аллелотоксичности в торфогрунте под влаголюбивыми растениями (табл. 1).

Загрязненные тяжелыми металлами почвогрунты могут вызывать нарушение работы микробиоты почв, снижать продуктивность растительности и служить источником загрязнения других компонентов урбоэкосистем [13].

В результате оценки содержания тяжелых металлов (свинца, цинка, меди) в типичной дерново-подзолистой почве и торфогрунте под влаголюбивыми растениями была составлена гистограмма (рис. 2).

Было замечено превышение ПДК по свинцу (Pb) по общесанитарному показателю вредности под растениями тростника и ириса как в типичной дерново-подзолистой почве, так и в торфогрунте. Превышение концентрации свинца (Pb) под растениями рогоза наблюдается только в типичной дерново-подзолистой почве. По цинку (Zn) превышение ПДК по транслокационному показателю

вредности было замечено в типичной дерново-подзолистой почве под тростником, рогозом, гречихой, а превышение по цинку наблюдается в торфогрунте под растениями рогоза. По меди (Cu) превышение ПДК общесанитарного показателя вредности было замечено во всех вариантах, кроме вариантов, когда растения (тростник, рогоз, ирис, мох) выращивались на торфогрунте.

В результате анализа особо опасных тяжелых металлов, содержания ртути, кадмия, мышьяка в типичной дерново-подзолистой почве и торфогрунте под исследуемыми влаголюбивыми растениями была составлена гистограмма (рис. 3).

По содержанию ртути, кадмия и мышьяка превышение ПДК и ОДК замечено не было как в типичной дерново-подзолистой почве, так и в торфогрунте. Следует отметить вариабельность содержания данных тяжелых металлов.

По полученным данным содержания тяжелых металлов в почве под влаголюбивыми растениями в различных вариантах была оценена степень химического загрязнения почвы. В соответствии с оценочной шкалой опасности загрязнения почв по суммарному загрязнению определялась категория загрязнения почв (табл. 2, 3).

Суммарные показатели геохимического загрязнения (Zс) торфогрунта и типичной дерново-подзолистой почвы под влаголюбивыми растениями относятся к умеренно опасным категориям загрязнения почв (содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем показателем вредности общесанитарном (для свинца и меди) или транслокационном (для цинка), кроме варианта, когда на торфогрунте выращивался мох. Данный торфогрунт по характеристикам относится к чистой категории загрязнения.

Таблица 1

**Данные анализа аллелотоксичности в торфяном грунте под исследуемыми влаголюбивыми растениями, % (расчеты автора по [1])**

Растение	Аллелотоксичность, %
Тростник	+11
Ирис	+16
Мох	+13
Рогоз	+10

Table 1

**Data of allelotoxicity analysis in peat soil under the studied moisture-loving plants, % (author's calculations according to [1])**

Plant	Allelotoxicity, %
Reed	+11
Iris	+16
Moss	+13
Cattail	+10

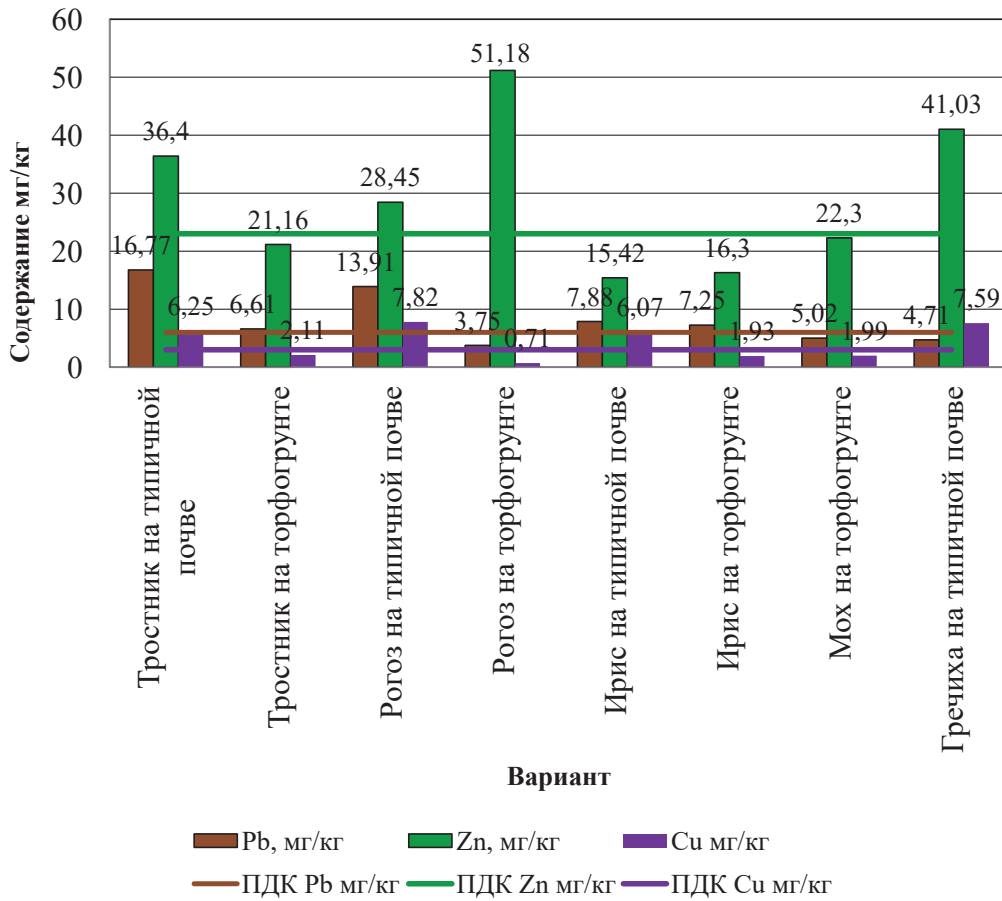


Рис. 2. Содержание свинца, цинка, меди в типичной дерново-подзолистой почве и торфяном грунте, мг/кг (расчеты автора по [2])

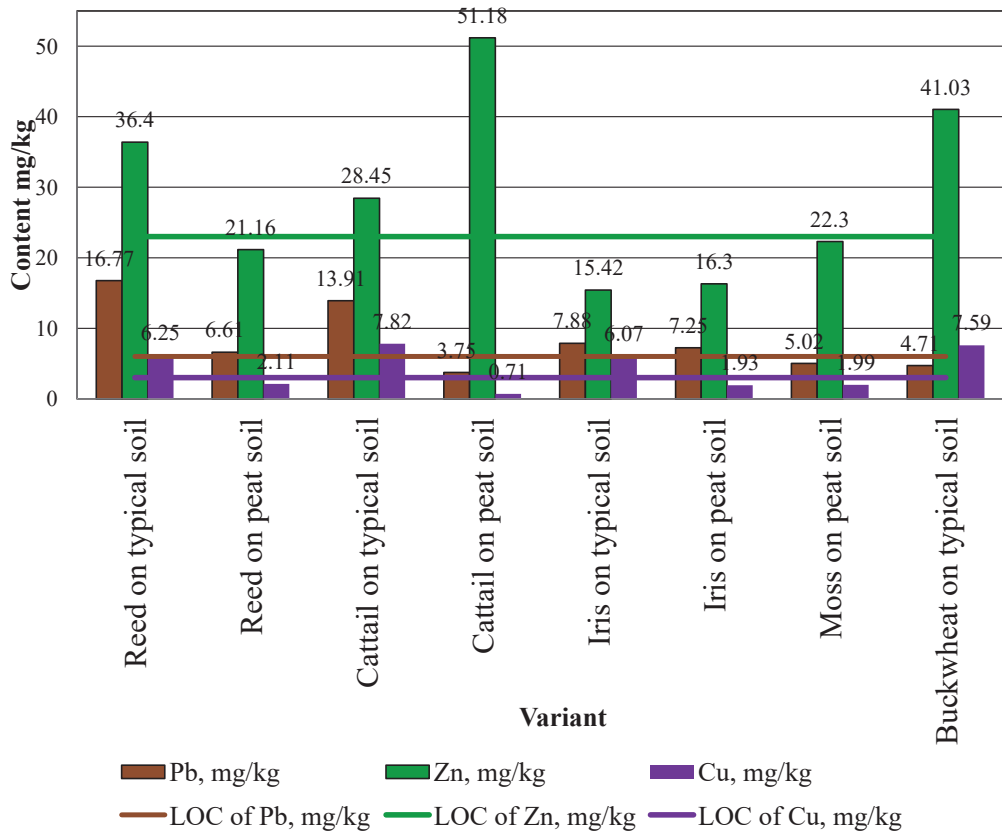


Fig. 2. Content of lead, zinc, copper in typical sod-podzolic soil and peat soil, mg/kg (author's calculations according to [2])

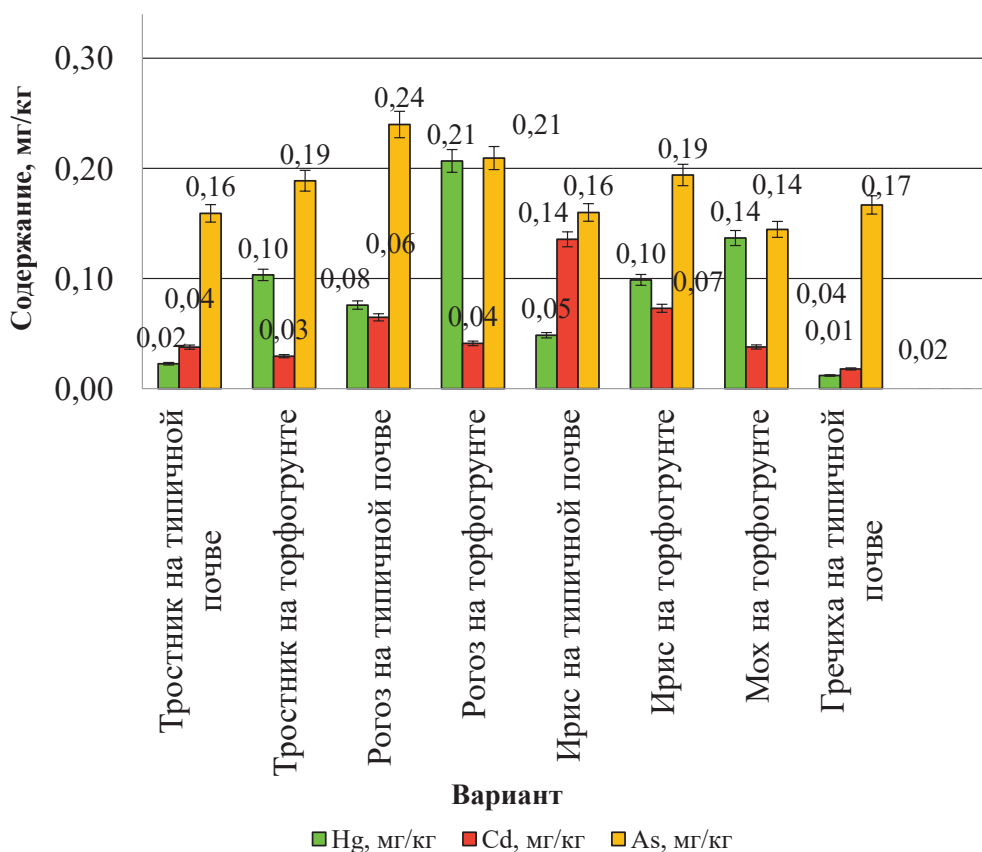


Рис. 3. Содержание ртути, кадмия и мышьяка в типичной дерново-подзолистой почве и торфяном грунте, мг/кг (расчеты автора по [3])

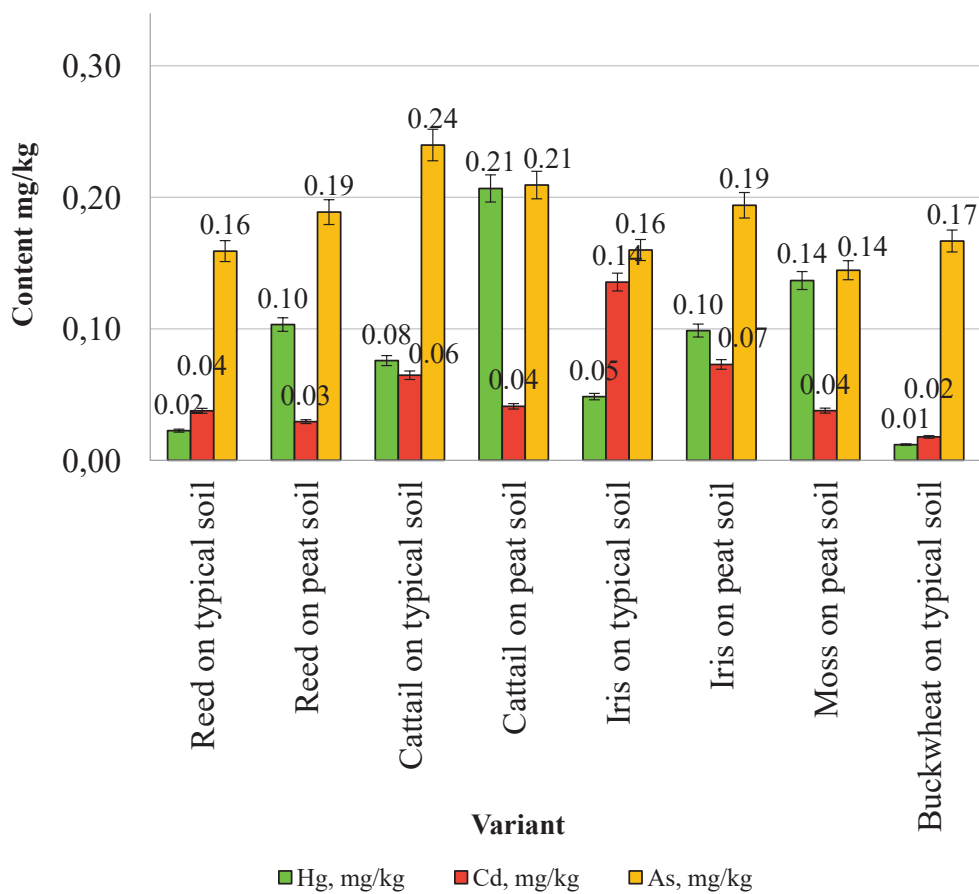


Fig. 3. Content of mercury, cadmium and arsenic in typical sod-podzolic soil and peat soil, mg/kg (author's calculations according to [3])

**Оценка степени химического загрязнения по содержанию в почвах  
тяжелых металлов (свинца, цинка, меди), мг/кг  
(расчеты автора по [2])**

Вариант	Pb, мг/кг	Фоновое содержание Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Фоновое содержание Zn, мг/кг	Cu мг/кг	Фоновое содержание Cu, мг/кг
Тростник на типичной почве	16,77	26	36,4	50	6,25	27
Тростник на торфогрунте	6,61		21,16		2,11	
Рогоз на типичной почве	13,91		28,45		7,82	
Рогоз на торфогрунте	3,75		51,18		0,71	
Ирис на типичной почве	7,88		15,42		6,07	
Ирис на торфогрунте	7,25		16,3		1,93	
Мох на торфогрунте	5,02		22,3		1,99	
Гречиха на типичной почве	4,71		41,03		7,59	

Table 2

**Assessment of the degree of chemical pollution by the content  
of heavy metals (lead, zinc, copper) in soils, mg/kg  
(author's calculations according to [2])**

Variant	Pb, mg/kg	Background Pb content, mg/kg	Zn, mg/kg	Background Zn content, mg/kg	Cu mg/kg	Background Cu content, mg/kg
Reed on typical soil	16.77	26	36.4	50	6.25	27
Reed on peat soil	6.61		21.16		2.11	
Cattail on typical soil	13.91		28.45		7.82	
Cattail on peat soil	3.75		51.18		0.71	
Iris on typical soil	7.88		15.42		6.07	
Iris on peat soil	7.25		16.3		1.93	
Moss on peat soil	5.02		22.3		1.99	
Buckwheat on typical soil	4.71		41.03		7.59	

Таблица 3

**Оценка степени химического загрязнения по содержанию в почвах  
тяжелых металлов (ртути, кадмия, мышьяка), мг/кг  
(расчеты автора по [3])**

Вариант	Hg, мг/кг	Фоновое содержание Hg, мг/кг	Cd, мг/кг	Фоновое содержание Cd, мг/кг	As, мг/кг	Фоновое содержание As, мг/кг	Суммарный показатель геохимического загрязнения (Zc)
Тростник на типичной почве	0,023	0,15	0,0377	0,3	0,159	6,6	-3,0951
Тростник на торфогрунте	0,103		0,0295		0,189		-3,4293
Рогоз на типичной почве	0,076		0,0647		0,240		-2,8485
Рогоз на торфогрунте	0,207		0,0411		0,209		-2,2589
Ирис на типичной почве	0,048		0,1356		0,160		-3,3644
Ирис на торфогрунте	0,099		0,0729		0,194		-3,3932
Мох на торфогрунте	0,137		0,0378		0,145		-3,2276
Гречиха на типичной почве	0,012		0,0179		0,167		-3,5526

Table 3

**Assessment of the degree of chemical pollution by the content  
of heavy metals (mercury, cadmium, arsenic) in soils, mg/kg  
(author's calculations according to [3])**

Variant	Hg, mg/kg	Background Hg content, mg/kg	Cd, mg/kg	Background Cd content, mg/kg	As, mg/kg	Background As content, mg/kg	Total geochemical pollution index (Zc)
Reed on typical soil	0.023	0.15	0.0377	0.3	0.159	6.6	-3.0951
Reed on peat soil	0.103		0.0295		0.189		-3.4293
Cattail on typical soil	0.076		0.0647		0.240		-2.8485
Cattail on peat soil	0.207		0.0411		0.209		-2.2589
Iris on typical soil	0.048		0.1356		0.160		-3.3644
Iris on peat soil	0.099		0.0729		0.194		-3.3932
Moss on peat soil	0.137		0.0378		0.145		-3.2276
Buckwheat on typical soil	0.012		0.0179		0.167		-3.5526

**Выводы  
Conclusions**

1. Сравнительное исследование выращивания влаголюбивых растений на торфяном грунте и в типичной дерново-подзолистой почве выявило особенности поглощения тяжелых металлов. Было обнаружено, что содержание свинца и меди снижается при выращивании растений на торфяном грунте по сравнению с дерново-подзолистой почвой. Например, при выращивании тростника содержание

свинца уменьшилось с 16,77 до 6,61 мг/кг, а меди – с 6,25 до 2,11 мг/кг. При выращивании рогоза содержание свинца снизилось с 13,91 до 3,75 мг/кг, а меди – с 7,82 до 0,71 мг/кг. В случае ириса содержание свинца уменьшилось с 7,88 до 7,25 мг/кг, а меди – с 6,07 до 1,93 мг/кг. Что касается цинка, то наблюдалась противоположная тенденция: его содержание увеличивалось при выращивании растений на торфяном грунте, за исключением тростника, в почве которого содержание цинка снижалось при выращивании на торфяном грунте.

2. Низкий показатель аллелотоксичности в торфогрунте под влаголюбивыми растениями при значениях от +10 до +16% достигнут, вероятно, путем использования насыщенного грунта (смеси торфа с опилками), наклонного ландшафта для сточного промыва.

3. Обнаружено превышение ПДК по свинцу (Pb) с точки зрения общесанитарного показателя вредности под тростником и ирисом. Превышение нормы по цинку наблюдается в торфогрунте под рогозом. Анализ тяжелых металлов, концентрация которых не превышает значений ПДК (ртуть, кадмий, мышьяк), показывает внутреннюю

изменчивость: например, португи – от 0,01 до 0,2 мг/кг, по кадмию – от 0,0178 до 0,135 мг/кг, по мышьяку – от 0,144 до 0,239 мг/кг.

Проведенное исследование на базе Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева позволило установить, что на урбанизированных почвах наиболее эффективными для снижения содержания подвижных форм тяжелых металлов (свинца и меди), а также для снижения аллелотоксичности почвы являются влаголюбивые культуры, выращиваемые на торфяном грунте в качестве субстрата.

### Список источников

1. Парфенова Л.Н., Боголицын К.Г., Селянина С.Б., Труфанова М.В. и др. Компонентный состав и структурная организация торфа болотных массивов Европейского севера России // *Вестник САФУ. Серия «Естественные науки»*. 2014. № 4. С. 143-154. EDN TJUNHV

2. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G. et al. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact. *Science of the Total Environment*. 2016;551-552:108-115. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.204>

3. Гвоздь В.К., Шаламов Д.И., Джанчаров Т.М. Технология посадки рогоза узколистного на торфяном грунте для достижения максимального накопления органического углерода в почве // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. 2023. Т. 5, № 59. С. 1-5. <https://doi.org/10.51419/202135523>

4. Орлов А.С., Пономарева Т.И., Селянина С.Б., Труфанова М.В. и др. Структура и сорбционные свойства верхового торфа приарктических территорий // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 1. С. 18-22. EDN XWROSZ

5. Ракитин В.С., Еланский Н.Ф., Скороход А.И., Джола А.В. и др. Долговременные тенденции общего содержания окиси углерода в атмосфере Московского мегаполиса // *Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана*. 2021. Т. 57, № 1. С. 126-136. <https://doi.org/10.31857/S0002351521010107>

6. Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В. Состав почвенного покрова города Москвы // *Почвы – стратегический ресурс России: Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв, 22 апреля 2021 г.* Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2021. Т. 3. С. 456-457. EDN ERFVNB

7. Александров Н.А., Гвоздь В.К., Джанчаров Т.М., Степанов А.В. Экологическая оценка качественных характеристик газонных травостоев на урбанизированных дерново-подзолистых почвах в условиях Экологического стационара РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал*. 2022. Т. 3, № 51. С. 1-5. <https://doi.org/10.51419/202123312>

8. Шаламов Д.И., Джанчаров Т.М., Александров Н.А., Васенев И.И. Решение проблемы переувлажненных

### References

1. Parfenova L.N., Bogolitsyn K.G., Selyanina S.B., Trufanova M.V. et al. Component composition and structural organization of peat of bogs of the European North of Russia. *Arctic Environmental Research*. 2014;4:143-154. (In Russ.)

2. Parfenova L.N., Selyanina S.B., Trufanova M.V., Bogolitsyn K.G. et al. Influence of climatic and hydrological factors on structure and composition of peat from northern wetland territories with low anthropogenic impact. *Science of the Total Environment*. 2016;551-552:108-115. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.204>

3. Gvozd V.K., Shalamov D.I., Dzhancharov T.M. The technology of planting narrow-leaved cattail on peat soil to achieve maximum accumulation of organic carbon in the soil. *Agroecoinfo*. 2023;5(59):1-5. (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202135523>

4. Orlov A.S., Ponomareva T.I., Selyanina S.B., Trufanova M.V. et al. Structure and sorption properties of high-moor peat of Subarctic territories. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2017;1:18-22. (In Russ.)

5. Rakitin V.S., Elansky N.F., Skorokhod A.I., Dzholala A.V. et al. Long-term tendencies of carbon monoxide in the atmosphere of the Moscow megapolis. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2021;57(1):126-136. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002351521010107>

6. Martynenko I.A., Prokofieva T.V. The composition of the soil cover of the city of Moscow. *VIII s'ezd Obshchestva pochvedov im. V.V. Dokuchayeva i shkoly molodykh uchenykh po morfologii i klassifikatsii pochv "Pochvy – strategicheskiy resurs Rossii", April 22, 2021*. Syktvkar, Russia: Institut biologii Komi NTS UrO RAN, 2021;3:456-457. (In Russ.)

7. Aleksandrov N.A., Gvozd V.K., Dzhancharov T.M., Stepanov A.V. Ecological assessment of the qualitative characteristics of lawn grasses on urbanized sod-podzolic soils under the conditions of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev Ecological Station. *Agroecoinfo*. 2022;3(51). (In Russ.) [Electronic source] <https://doi.org/10.51419/202123312>

8. Shalamov D.I., Dzhancharov T.M., Alexandrov N.A., Vasenev I.I. Solving the problem of wetlands

территорий в условиях мегаполиса на примере Экологического стационара РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева // *Агрохимический вестник*. 2021. № 2. С. 63-66. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-2-013>

9. Шаламов Д.И., Джанчаров Т.М. Методика закладки опытов влаголюбивыми культурами (мох, тростник, рогоз) в условиях городских экосистем // *Агрохимический вестник*. 2022. № 3. С. 74-78. <https://doi.org/10.24412/10/29-2551-2022-3-014>

10. Шоба С.А., Грачева Т.А., Федотов Г.Н., Тер-Петросянц Г.Э. и др. Аллелотоксичность тепличных субстратов после выращивания овощей // *Доклады Российской академии наук. Науки о жизни*. 2023. Т. 510, № 1. С. 303-307. <https://doi.org/10.31857/S268673892370021X>

11. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П., Веселова М.В. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20. EDN: SMRFTD

12. Федотов Г.Н., Шалаев В.С., Батырев Ю.П. Проблемы разработки стимуляторов развития семян // *Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию высшего лесного образования в г. Воронеже и ЦЧР России «Экологические и биологические основы повышения продуктивности и устойчивости природных и искусственно возобновляемых лесных экосистем», 4-6 октября 2018 г. Воронеж: ВГЛУ им. И.Ф. Морозова, 2018. Т. 1. С. 615-623. EDN VVPLCX*

13. Степанов А.В., Потапова В.А., Морев Д.В., Васенев И.И. Экологическая оценка влияния разного состава почвогрунта и травосмеси на состояние модельных газонов в условиях Москвы // *АгроЭкоИнфо*. 2022. Т. 6, № 54. С. 1-5. <https://doi.org/10.51419/202126645>

in the conditions of megapolis by example Environmental Station of the Russian Timiryazev State Agrarian University *Agrochemical Herald*. 2021;2:63-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-2-013>

9. Shalamov D.I., Dzhancharov T.M. Methodology of laying experiments with moisture-loving crops (moss, reed, cattail) in urban ecosystems. *Agrochemical Herald*. 2022;3:74-78. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/10/29-2551-2022-3-014>

10. Shoba S.A., Gracheva T.A., Fedotov G.N., Ter-Petrosyants G.E. et al. Allelotoxicity of greenhouse substrates after vegetable cultivation. *Doklady Rossijskoj Akademii Nauk. Nauki o zhizni*. 2023;510(1):303-307. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S268673892370021X>

11. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P., Veselova M.V. Technology of milk herbal tea “Stevilakt”. *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)

12. Fedotov G.N., Shalaev B.C., Batyrev Y.P. Problems of developing seed development stimulants. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 100-letiyu vysshego lesnogo obrazovaniya v g. Voronezh i TsChR Rossii “Ekologicheskie i biologicheskie osnovy povysheniya produktivnosti i ustoychivosti prirodnykh i iskusstvenno vozobnovlennykh lesnykh ekosistem”, October 04-06, 2018. Voronezh, Russia: Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2018;1:615-623. (In Russ.)*

13. Stepanov A.V., Potapova V.A., Morev D.V. Vasenev, I.I. Ecological assessment of the influence of different composition of soil and grass mixture on the state of model lawns in Moscow condition. *Agroecoinfo*. 2022;6(54):1-5. (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202126645>

### Сведения об авторах

**Варвара Константиновна Гвоздь**, аспирант, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: [gvozd.v@rgau-msha.ru](mailto:gvozd.v@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4242-1108>

**Дмитрий Игоревич Шаламов**, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: [shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru](mailto:shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0009-0003-7904-8663>

**Турмушбек Мурзабекович Джанчаров**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: [tdzhancharov@rgau-msha.ru](mailto:tdzhancharov@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0684-6253>

Статья поступила в редакцию 18.12.2023  
Одобрена после рецензирования 19.03.2024  
Принята к публикации 20.03.2024

### Information about the authors

**Varvara K. Gvozd**, PhD student, assistant at the department of ecology, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Moscow, 49 Timiryazevskaya St., e-mail: [gvozd.v@rgau-msha.ru](mailto:gvozd.v@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4242-1108>

**Dmitry I. Shalamov**, assistant at the department of ecology, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Moscow, 49 Timiryazevskaya St., e-mail: [shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru](mailto:shalamov.dmitrii@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0009-0003-7904-8663>

**Turmushbek M. Dzhancharov**, associate professor of the department of ecology, candidate of biological sciences, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 127434, Moscow, 49 Timiryazevskaya St., e-mail: [tdzhancharov@rgau-msha.ru](mailto:tdzhancharov@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0684-6253>

The article was submitted to the editorial office  
December 18, 2023  
Approved after reviewing March 19, 2024  
Accepted for publication March 20, 2024



## ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 630\*182.47/.48: 631.484: 630\*231.1

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-57-87>**Особенности структуры травянистого покрова и естественного возобновления в ельниках заповедника «Кологривский лес»****Игорь Георгиевич Креницын<sup>2</sup>, Елена Юрьевна Ембатурова<sup>1</sup>,  
Александр Владимирович Гемонов<sup>1,2</sup>, Екатерина Сергеевна Калмыкова<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия<sup>2</sup> Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына, Кологрив, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Калмыкова Екатерина Сергеевна; [kalmukova.es@rgau-msha.ru](mailto:kalmukova.es@rgau-msha.ru)**Аннотация**

Работа посвящена выявлению особенностей структуры травянистого покрова и естественного возобновления в южнотаежных ельниках Костромской области на примере заповедника «Кологривский лес». Для достижения поставленной цели были заложены 12 временных пробных площадей квадратной формы площадью 0,0625 га. Определены тип леса, сомкнутость полога древостоя, тип почвы и рельеф. Проведено таксационное обследование пробных площадей для получения характеристики древостоев. Для описания растительного покрова был использован комбинированный метод, включающий в себя подходы Браун-Бланке и Друде-Уранова, предполагающий распределение типичных растительных комплексов по большому набору видов растений, произрастающих вместе. Обработку геоботанических описаний проводили по методике Д.Н. Цыганова, которая заключалась в использовании двух таблиц: экологических амплитуд видов и шкал факторов. Для обработки данных использовали корреляционный анализ. Полученную статистическую совокупность данных для наглядности отразили в гистограммах и графиках. Расчет частоты встречаемости, ошибки, коэффициент участия, среднего проектного покрытия вида осуществляли согласно общепринятым методикам. В процессе выполнения работы были охарактеризованы все пробные площади посредством проведения подервного перечета. Поскольку пробные площади были расположены в различных ландшафтных условиях, таксационные показатели оказались различными. Главной породой являлась ель. Ее жизнеспособный подрост составил 95%, что говорит о высоком потенциале возобновляемости. На исследуемых участках леса доминирующими видами живого напочвенного покрова оказались линнея северная (*Linnaea borealis*), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*), голокучник Линнея (*Gymnocapium dryopteris*), а также кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*). Практическая значимость проведенных исследований заключается в расширении представлений о структуре травянистого покрова, сформированного под пологом ельников в условиях заповедника «Кологривский лес», а также об особенностях протекания процесса естественного возобновления в различных условиях места произрастания.

**Ключевые слова**травянистый покров ельников, подрост, подлесок, оценка жизнеспособности, естественное возобновление ельников, ель европейская, *Picea abies*, заповедник «Кологривский лес»**Для цитирования**Креницын И.Г., Ембатурова Е.Ю., Гемонов А.В., Калмыкова Е.С. Особенности структуры травянистого покрова и естественного возобновления в ельниках заповедника «Кологривский лес» // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 57-87. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-57-87>

## ECOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-57-87>**Features of the structure of the herbaceous cover and natural regeneration in the spruce forests of the Kologrivsky Forest Nature Reserve****Igor G. Krinitsyn<sup>2</sup>, Elena Yu. Yembaturova<sup>1</sup>, Aleksandr V. Gemonov<sup>1,2</sup>, Ekaterina S. Kalmykova<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia<sup>2</sup> Kologrivsky Forest Nature Reserve, Kologriv, Russia**Corresponding author:** Ekaterina S. Kalmykova; [kalmukova.es@rgau-msha.ru](mailto:kalmukova.es@rgau-msha.ru)**Abstract**

The aim of the study was to identify the features of the structure of the herbaceous cover and natural regeneration in the southern taiga spruce forests of the Kostroma region using the example of the Kologrivsky Forest Nature Reserve.

To achieve this goal, twelve temporary square sample plots (SP) with an area of 0.0625 ha were established. Forest type, canopy density, soil and topography were determined. To characterize the forest stands, a taxonomic survey of the sample plots was carried out. To describe the vegetation cover, a combined method was used, including the Braun-Blanquet and Drude-Uranov methods, which assumes the distribution of typical plant complexes over a large number of plant species growing together. Geobotanical descriptions were processed according to the method of D.N. Tsyganov, which consisted in using two tables: ecological amplitudes of species and scales of factors. Correlation analysis was used for data processing. The obtained statistical data set was presented in histograms and graphs for the sake of clarity. The frequency of occurrence, errors, participation rate, and average projective cover of the species were calculated according to generally accepted methods. In the course of the work, all sample plots were characterized by a tree-by-tree census. As the sample plots were located in very different parts of the reserve, the taxonomic indicators varied. In most cases, however, the dominant species was spruce. Its viable regrowth was 95%, indicating a high renewal potential. In the studied forest areas, the dominant species of the living ground cover were Northern linseed (*Linnaea borealis*) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*), oak fern (*Gymnocarpium dryopteris*) and wood sorrel (*Oxalis acetosella*). The practical significance of the conducted research lies in the expansion of the ideas about the structure of the herbaceous cover formed under the canopy of spruce forests in the conditions of the Kologrivsky Forest Nature Reserve, as well as about the peculiarities of the process of natural regeneration in different conditions of the growth site.

### Keywords

herbaceous cover of spruce forests, undergrowth, underbrush, assessment of viability, natural regeneration of spruce forests, Norway spruce, *Picea abies*, Kologrivsky Forest Nature Reserve

### For citation

Krinityn I.G., Yembaturova E. Yu., Gemonov A.V., Kalmykova E.S. Features of the structure of the herbaceous cover and natural regeneration in the spruce forests of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):57-87. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-57-87>

## Введение Introduction

Заповедник «Кологривский лес» сохраняет биологическое и ландшафтное разнообразие природного комплекса южной тайги и включает в себя 918 га ненарушенных коренных темнохвойных лесов [1]. Структурно заповедник состоит из двух участков, разительно отличающихся по породному составу лесов, составу и структуре растительного покрова. Данная структура заповедника обеспечивает сохранение ландшафтов, которые отражают физико-географические особенности рассматриваемого региона.

В результате комплексных флористических обследований выявлено, что в заповеднике произрастают 523 вида сосудистых растений, которые могут быть отнесены к 79 семействам, или к 265 родам. Среди них можно выделить представителей 7 классов (*Lycopodiopsida*, *Polypodiopsida*, *Psilotopsida*, *Pinopsida*, *Equisetopsida*, *Liliopsida*, *Magnoliopsida*) и 4 отделов высших растений (*Lycopodiophyta*, *Polypodiophyta*, *Pinophyta*, *Magnoliophyta*). Преобладающее число видов (93%) относится к цветковым растениям (*Magnoliophyta*) [2, 3]. К числу самых многочисленных родов относятся *Stellaria* L., *Galium* L., *Juncus* L., *Ranunculus* L., *Carex* L., *Salix* L., *Veronica* L., *Viola* L. Это обусловлено однотипностью местности, преимущественно состоящей из хвойных деревьев [4].

В настоящее время флора заповедника является недостаточно изученной ввиду большой площади территории (59 тыс. га) и наличия труднодоступных участков. Данные по флоре

Кологривского участка заповедника являются фрагментарными [5, 6].

Вопросом структуры и формирования травянистого покрова в лесных насаждениях заповедника «Кологривский лес» посвящены научные исследования А.В. Письмерова с соавт. [7], А.В. Немчиновой [8], А.В. Хорошева с соавт. [9], А.Н. Иванова с соавт. [10], И.Г. Криницына с соавт. [11], А.В. Лебедева с соавт. [4] и др. В работе «Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват «Кологривский лес») выявлены лесоводственные особенности компонентов лесных фитоценозов, основных групп типов леса территории, которая в настоящее время является ядром заповедника [7]. А.В. Немчиновой в результате исследования лесных фитоценозов бассейна реки Понги было выявлено, что травяно-кустарничковый ярус насчитывает 103 вида сосудистых растений. Наиболее часто встречаются бореальные виды и виды неморальной эколого-ценотической группы [8]. И.Г. Криницыным и А.В. Лебедевым проведены исследования по изучению экологической характеристики местообитаний ценопопуляций липы сердцевидной и ели обыкновенной в заповеднике. В елово-липовых древостоях возрастом 80-150 лет и запасом, достигающим 200 м<sup>3</sup>/га елового элемента леса в травянистом ярусе, обнаружен 61 вид растений, относящихся к 37 семействам. По результатам исследований авторов, наибольший вклад в эколого-ценотический спектр растительных сообществ вносят бореальная (30%) и неморальная (18%) группы. Ранее проведенные исследования носят локальный характер, поэтому требуется их продолжение для других участков заповедника [4, 11].

**Цель исследований:** выявление особенностей структуры травянистого покрова и естественного возобновления в южнотаежных ельниках Костромской области на примере заповедника «Кологривский лес».

### Методика исследований

#### Research method

Проведено таксационное обследование пробных площадей для получения характеристики древостоев. Подеревный пересчет для получения достоверных данных по таксационным показателям древостоев осуществлялся согласно методике программы проведения многолетних исследований в заповеднике «Кологривский лес» [12]. В соответствии с методикой были заложены 12 временных пробных площадей квадратной формы площадью 0,0625 га. Определены тип леса, сомкнутость полога древостоя, его почва и рельеф.

Для описания растительного покрова был использован комбинированный метод, включающий в себя методы Браун-Бланке и Друде-Уранова и предполагающий выделение типичных растительных комплексов по большому набору видов растений, произрастающих вместе [13].

Живой напочвенный покров с главным его слагающим компонентом – травянистой растительностью – является эдификатором экологических условий, оказывая воздействие на естественное возобновление [14, 15]. С целью учета естественного возобновления по диагоналям пробных площадей были заложены учетные площадки  $1 \times 1$  м в количестве 69 шт. на каждой пробной площади с оценкой обилия и проективного покрытия видов. Молодое поколение леса пересчитывалось с учетом породы деревьев, их высоты (<0,5 м, 0,5-1,5 м, >1,5 м) и количества [16]. Кроме того, для определения скорости возобновления древесного яруса были определены влияющие на это факторы (напочвенный покров, подлесок, подрост и т.д.).

Обработка геоботанических описаний производилась по методике Д.Н. Цыганова, которая заключалась в использовании двух таблиц: экологических амплитуд видов и шкал факторов. Таблица экологических амплитуд видов растений содержит информацию о границах толерантности видов к 10 экологическим факторам (температура, влажность, свет, кислотность и др.). Шкала экологических факторов устанавливает систему баллов, отражающих степень благоприятности условий для вида по каждому фактору. Чтобы определить экологический режим всего фитоценоза, для каждого фактора вычисляют среднее арифметическое баллов экологических режимов всех видов, входящих в ассоциацию. Полученное значение отражает степень благоприятности условий для произрастания сообщества растений по данному фактору [17].

Расчет производился по перекрытию большинства интервалов [18].

В результате обработки полученные данные образовали статистическую совокупность, отраженную в гистограммах и графиках. Для обработки данных использовался также корреляционный анализ, суть которого заключается в обработке статистических данных для измерения тесноты связи между двумя или более переменными. Обработка производилась при помощи пакета Microsoft Excel 2007.

Расчет частоты встречаемости, ошибки, коэффициента участия, среднего проектного покрытия вида осуществлялся согласно общепринятым методикам [18].

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

В результате исследований выявили представителей древостоя пробных площадей: клен остролистный (*Acer platanoides*), береза пушистая (*Betula pubescens*), ель обыкновенная (*Picea abies*), осина (*Populus tremula L.*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*). Подрост представлен теми же древесными породами, за исключением пихты сибирской (*Abies sibirica*), наличие которой объясняется единичным присутствием данной породы в древостое, не вошедшем в границы исследуемых пробных площадей.

При проведении подеревного пересчета установлена характеристика каждой пробной площади (табл. 1).

Все экземпляры молодого поколения леса были подразделены по состоянию, а жизнеспособные – по категориям крупности (табл. 2). Сухостойные или предельно угнетенные растения были отнесены к категории нежизнеспособного молодого поколения леса; экземпляры, имеющие переходные признаки качества, были отнесены к категории сомнительного поколения леса; деревья, имеющие прямые неповрежденные стволы, густое зеленое (темно-зеленое) охвоение, гладкую/мелкочешуйчатую кору и выраженную мутовчатость, отнесены к жизнеспособному поколению леса.

На пробных площадях подлесок представлен жимолостью лесной (*Lonicera xylosteum*), малиной лесной (*Rubus idaeus*), рябиной обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), черемухой обыкновенной (*Padus avium*).

Далее представлено описание растительного покрова пробных площадей 2, 4, 6, так как характеристика данного элемента по остальным пробным площадям совпадает с описанными выше. Проективное покрытие видов травянистых и кустарничковых растений на пробных площадях отражено на рисунках 1-6.

Таблица 1

## Характеристика пробных площадей

Пробная площадь	А, лет	Состав древостоя	Класс бонитета	Тип леса	Элемент леса	Н, м	D, см	N, шт/га	G, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га
1	110	7ЕЗБ	I	ЕЧ	Е	29,6	26,49	592	28,33	422
					Б	23,2	26,4	253	11,45	145
2	120	10Е	I	ЕЧ	Е	29,7	23,7	400	18,62	239
					Е (ветровал)	-	-	-	-	-
					Б (ветровал)	-	-	-	-	-
3	120	10Е+Б	II	ЕБР	Е	27	23,6	880	32,43	391
					Б	23,9	20,0	32	1,01	10
4	70	7Б2Ос1Е	III	ЕКИС	Е	14,2	12,0	480	6,07	44
					Б	25,6	26,3	336	17,71	279
					Ос	34,47	34,2	64	5,83	93
5	70	7Ос3Б+Е	IV	ЕКИС	Е	11,8	14,3	560	5,63	31
					Б	26,1	24,2	416	12,79	139
					Ос	32	39,3	240	24,99	371
6	80	5Ос3Б2Е	III	ЕКИС	Е	16,9	17,5	448	8,08	66
					Б	24,3	25,6	256	10,35	111
					Ос	20,1	24,3	448	15,68	187
7	45	10Е	II	ЕКИС	Е	10,5	14,3	3265	52,41	174
8	77	4Б4Е2Л	III	ЕЧ	Б	24	20,1	757	24,00	159
					Е	13,8	14,3	1363	21,00	147
					Лп	9,5	14,7	1212	20,56	160
9	100	5Ос3Е2Б+Лп	II	ЕКИС	Ос	25	67	1579	556,40	306
					Е	23	29	789	52,10	361
					Б	22	27	526	30,10	233
10	67	7ЕЗБ ед. Лп	II	ЕЧ	Е	24,3	17,3	1087	25,50	172
					Б	17,6	21,5	1523	55,26	142
					Лп	15	20,2	500	16,00	237
11	81	6Б4Е+Лп	II	ЕКИС	Б	16	21	789	27,31	169
					Е	20	24	2368	107,07	286
					Лп	16,5	23,4	263	11,30	254
12	88	6Ос3Е1Б	III	ЕКИС	Ос	26	44	102	15,50	404
					Е	9,9	12,8	350	4,50	166
					Б	15	14	75	1,15	108

**Примечание.** А – возраст, лет; Н – средняя высота, м; D – средний диаметр, см; N – число деревьев, шт/га; G – сумма площадей сечения, м<sup>2</sup>/га; M – запас, м<sup>3</sup>/га.

Characteristics of the sample plots

Sample plot	A, years	Stand composition	Growth class	Forest type	Forest element	H, m	D, cm	N, pcs/ha	G, m <sup>2</sup> /ha	M, m <sup>3</sup> /ha
1	110	7S3B	I	BS	S	29.6	26.49	592	28.33	422
					B	23.2	26.4	253	11.45	145
2	120	10S	I	BS	S	29.7	23.7	400	18.62	239
					S (wind slash)	-	-	-	-	-
					B (wind slash)	-	-	-	-	-
3	120	10S+B	II	CS	S	27	23.6	880	32.43	391
					B	23.9	20.0	32	1.01	10
4	70	7B2As1S	III	SS	S	14.2	12.0	480	6.07	44
					B	25.6	26.3	336	17.71	279
					As	34.47	34.2	64	5.83	93
5	70	7As3B+S	IV	SS	S	11.8	14.3	560	5.63	31
					B	26.1	24.2	416	12.79	139
					As	32	39.3	240	24.99	371
6	80	5As3B2S	III	SS	S	16.9	17.5	448	8.08	66
					B	24.3	25.6	256	10.35	111
					As	20.1	24.3	448	15.68	187
7	45	10S	II	SS	S	10.5	14.3	3265	52.41	174
8	77	4B4S2L	III	BS	B	24	20.1	757	24.00	159
					S	13.8	14.3	1363	21.00	147
					L	9.5	14.7	1212	20.56	160
9	100	5AS3S2B+L	II	SS	As	25	67	1579	556.40	306
					S	23	29	789	52.10	361
					B	22	27	526	30.10	233
10	67	7S3B S <sub>Д</sub> . L	II	BS	S	24.3	17.3	1087	25.50	172
					B	17.6	21.5	1523	55.26	142
					L	15	20.2	500	16.00	237
11	81	6B4S+L	II	SS	B	16	21	789	27.31	169
					S	20	24	2368	107.07	286
					L	16.5	23.4	263	11.30	254
12	88	6As3S1B	III	SS	As	26	44	102	15.50	404
					S	9.9	12.8	350	4.50	166
					B	15	14	75	1.15	108

**Note.** A – age, years; H – average height, m; D – average diameter, cm; N – number of trees, pcs/ha; G – basal area, m<sup>2</sup>/ha; M – stock, m<sup>3</sup>/ha; S – spruce; B – birch; As – aspen; L – linden; BS – bilberry (blueberry) scrub forest; CS – cowberry spruce forest; SS – wood sorrel spruce forest

В результате описания травянисто-кустарничковой растительности на ПП 2 удалось выяснить, что доминирующим видом на всех площадках является линнея северная (*Linnaea borealis*). Видовое распределение по пробной площади является неравномерным, что обусловливается особенностями микрорельефа и разной степенью освещенности.

Второй фитоценотический горизонт живого напочвенного покрова значительно отличается по видовому составу от первого, так как преобладающим видом здесь является черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*).

Распределение травянистых растений по ПП 2 является неоднородным, наибольшая концентрация наблюдается на наиболее освещенных участках с наименьшей густотой подроста и подлеска.

Наибольшей частотой встречаемости обладают такие виды растений, как седмичник европейский (*Trientalis europaea*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*), линнея северная (*Linnaea borealis*).

Анализ данных по ПП 2 (табл. 3) показал, что черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*) и линнея северная (*Linnaea borealis*) – наиболее ценоценотически значимые представители флоры. Такие

Таблица 2

## Распределение молодого поколения леса по состоянию и категориям крупности

№ пробной площади	Состав молодого поколения леса	Количество подроста, шт/га		Распределение молодого поколения леса по состоянию, шт/га						Распределение молодого поколения леса по категориям крупности					
		общее	в том числе Ель	Жизнеспособный	% от общего количества	Сомнительный	% от общего количества	Нежизнеспособный	% от общего количества	мелкий, в т.ч. здоровый, шт/га	% от общего количества	средний, в т.ч. здоровый, шт/га	% от общего количества	крупный, в т.ч. здоровый, шт/га	% от общего количества
1	7Е2Ос1Лп	7536	5362	6232	44	870	6	435	3	5942	45	145	1	145	1
2	9Е1Ос+Пх	3623	3333	3623	100	-	-	-	-	3043	84	580	16	-	-
3	10Е+Ос	7971	7536	7971	100	-	-	-	-	7681	96	290	4	-	-
4	7Лп1Е1Кл1Ос+Б	32174	870	32174	100	-	-	-	-	23043	72	7681	24	1449	4
5	8Лп1Е1Кл ед.Пх	13623	2029	12754	94	290	2	580	4	8116	64	1014	8	3623	28
6	8Кл1Лп1Е+Ос ед.Пх	34203	1594	31449	92	2754	8	-	-	25797	89	5652	21	-	-
7	9Е1К	1633	1633	1470	90	-	-	163	10	-	-	-	-	1470	90
8	5Лп4Кл1Е	16666	3636	16366	98,2	199	1,2	101	0,6	10847	66,4	3535	21,6	1964	12
9	7Кл2Е1Лп+Ос	10526	5526	10020	95,2	284	2,7	222	2,1	2254	22,5	2324	23,2	5442	54,3
10	6Кл2Лп2Е	25500	12000	24735	97	484	1,9	281	1,1	21469	86,8	397	1,5	2869	11,6
11	5Кл4Лп1Е	31842	5000	31523	99	-	-	319	1	21593	68,5	8290	26,3	1640	5,2
12	6Ос2Лп1Е1Кл	17104	4210	17018	99,5	-	-	86	0,5	9870	58	5360	31,5	1788	10,5

Distribution of young forest generation by condition and coarseness categories

No. of the sample plot	Composition of young forest generation	Number of undergrowth, pcs/ha		Distribution of young forest generation by condition, pcs/ha						Distribution of young forest generation by coarseness category					
		total	including Spruce	Viable	% of total number	Doubtful	% of total number	Non-viable	% of total number	small, including disease-free, pcs/ha	% of total number	average, including disease-free, pcs/ha	% of total number	large, including disease-free, pcs/ha	% of total number
1	7S2As1L	7536	5362	6232	44	870	6	435	3	5942	45	145	1	145	1
2	9S1As+Sl	3623	3333	3623	100	-	-	-	-	3043	84	580	16	-	-
3	10S+As	7971	7536	7971	100	-	-	-	-	7681	96	290	4	-	-
4	7L1S1M1As+B	32174	870	32174	100	-	-	-	-	23043	72	7681	24	1449	4
5	8L1S1M rare Sl	13623	2029	12754	94	290	2	580	4	8116	64	1014	8	3623	28
6	8M1L1S+As rare Sl	34203	1594	31449	92	2754	8	-	-	25797	89	5652	21	-	-
7	9S1K	1633	1633	1470	90	-	-	163	10	-	-	-	-	1470	90
8	5L4M1S	16666	3636	16366	98.2	199	1.2	101	0.6	10847	66.4	3535	21.6	1964	12
9	7M2S1L+As	10526	5526	10020	95.2	284	2.7	222	2.1	2254	22.5	2324	23.2	5442	54.3
10	6M2L2S	25500	12000	24735	97	484	1.9	281	1.1	21469	86.8	397	1.5	2869	11.6
11	5M4L1S	31842	5000	31523	99	-	-	319	1	21593	68.5	8290	26.3	1640	5.2
12	6As2L1S1M	17104	4210	17018	99.5	-	-	86	0.5	9870	58	5360	31.5	1788	10.5

**Note.** S – spruce; As – aspen; L – linden; Sl – Silver fir; M – maple; B – birch

виды, как майник двулистный (*Maianthemum bifolium*) и седмичник европейский (*Trientalis europaea*), часто встречаемые, но менее обильные, являются достаточно значимыми. Малообильные виды с низкой встречаемостью – такие, как ситник тонкий (*Juncus tenuis*) и голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*), имеют низкие значения коэффициента участия и играют в сообществе незначительную роль.

Далее представлена количественно-видовая характеристика травянисто-кустарничкового покрова ПП 4.

Доминирующим видом на всех площадках на ПП 4 выступает кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*). Видовое распределение по пробной площади является неравномерным, что обусловливается особенностями микрорельефа и разной степенью освещенности.

Второй фитоценотический горизонт живого напочвенного покрова значительно отличается по видовому составу от первого, так как преобладающим видом здесь является голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*), когда кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) отсутствует совсем.

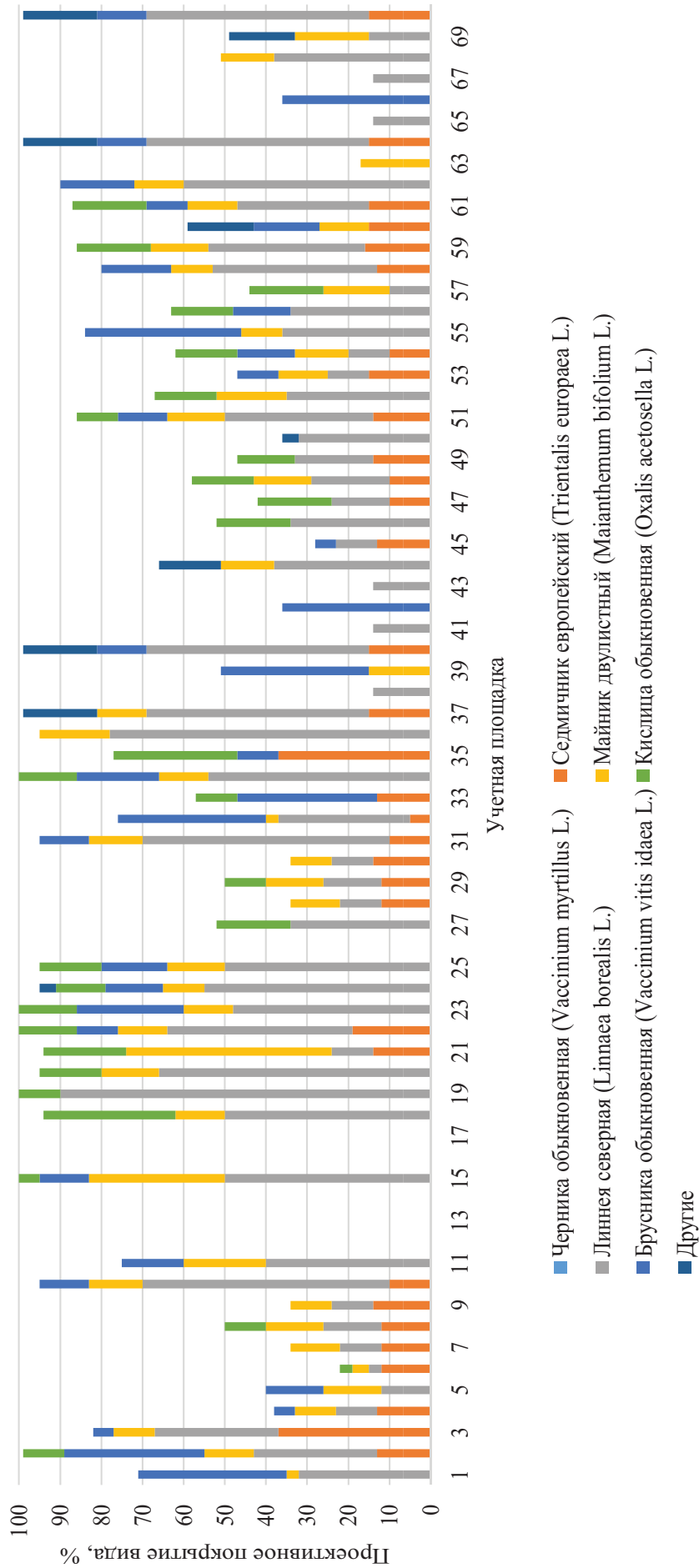
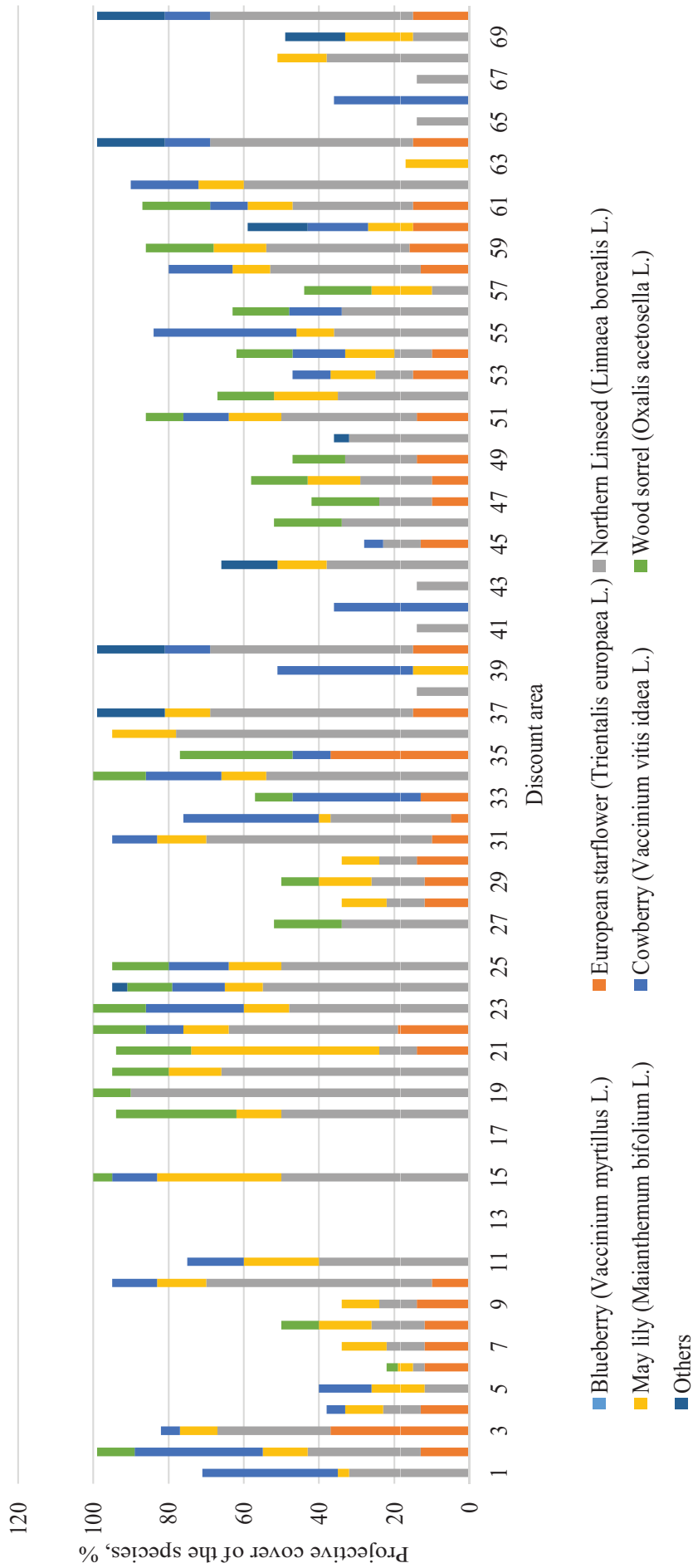


Рис. 1. Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности в 1 ярусе ПП 2





**Fig. 1.** Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 1st layer of SP 2

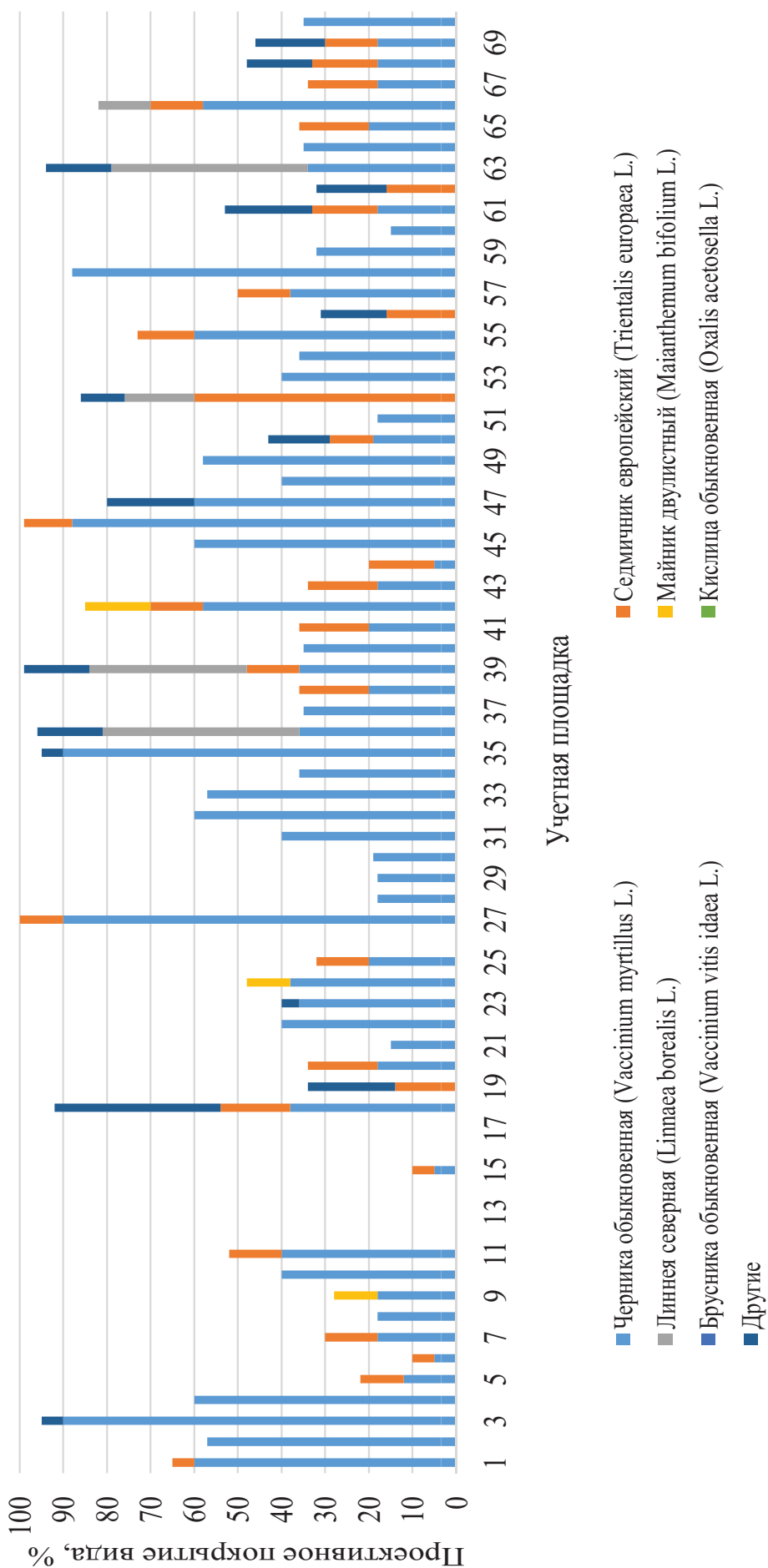


Рис. 2. Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности во 2 ярусе ПП 2

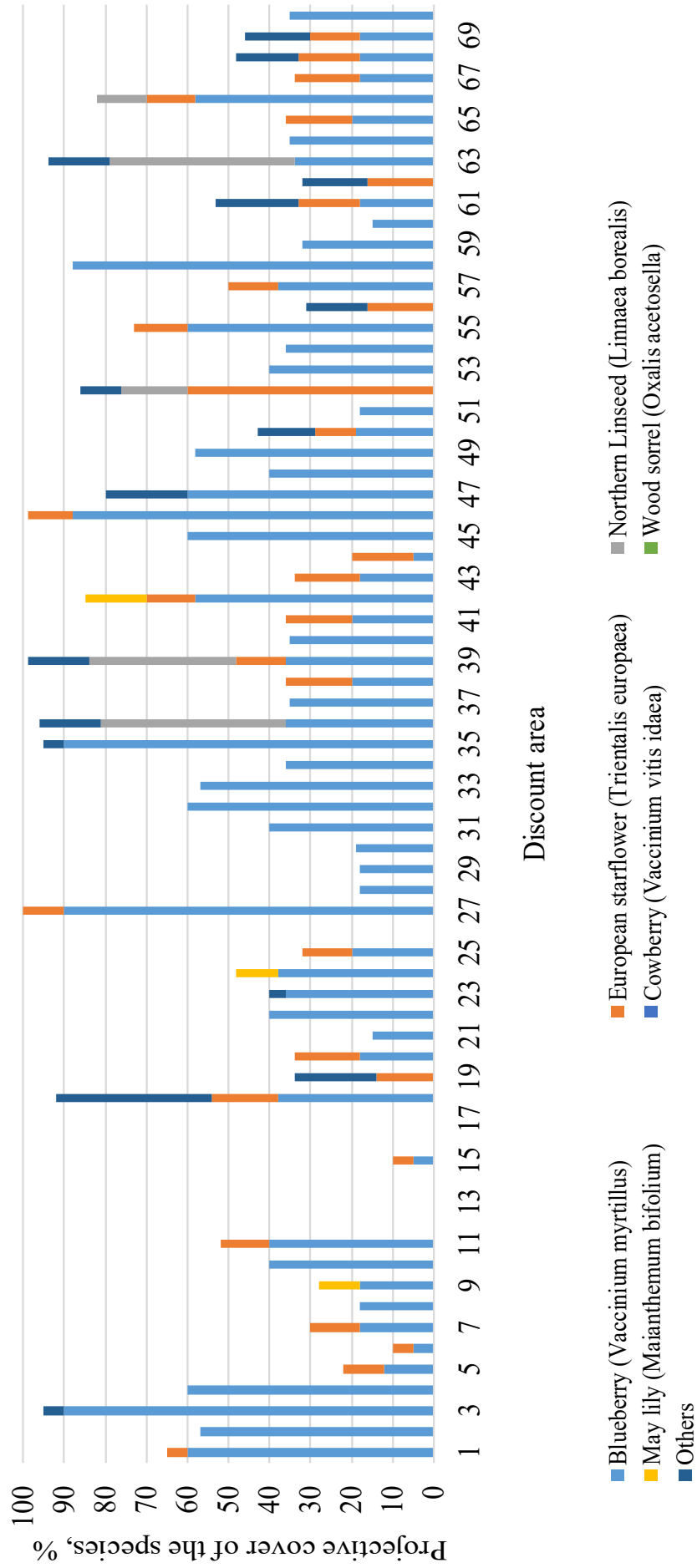


Fig. 2. Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 2d layer of SP2

Таблица 3

## Характеристика встречаемости видов на ПП 2

Вид растения	Частота встречаемости, %	Ошибка	Коэффициент участия, %	Среднее проективное покрытие вида, %	Количество пробных площадок, шт.
Линнея северная ( <i>Linnaea borealis</i> )	82,9	0,045	27,65	35,40	58
Черника обыкновенная ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	78,6	0,049	28,00	37,80	55
Седмичник европейский ( <i>Trientalis europaea</i> )	77,1	0,051	9,87	13,57	54
Майник двулистный ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	57,1	0,060	7,96	14,78	40
Брусника обыкновенная ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	40,0	0,059	7,61	20,18	28
Кислица обыкновенная ( <i>Oxalis acetosella</i> )	40,0	0,059	5,86	15,54	28
Шитовник мужской ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	14,3	0,042	2,16	16,00	10
Ситник тонкий ( <i>Juncus tenuis</i> )	7,1	0,031	0,73	10,80	5
Голокучник Линнея ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	1,4	0,014	0,22	16,00	1
Щитовник картузианский ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	1,4	0,014	0,27	20,00	1

Table 3

## Characteristics of species occurrence at SP 2

Plant species	Frequency of occurrence, %	Error	Participation rate, %	Average projective cover of species, %	Number of discount areas, pcs.
Northern Linseed ( <i>Linnaea borealis</i> )	82.9	0.045	27.65	35.40	58
Blueberry ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	78.6	0.049	28.00	37.80	55
European starflower ( <i>Trientalis europaea</i> )	77.1	0.051	9.87	13.57	54
May lily ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	57.1	0.060	7.96	14.78	40
Cowberry ( <i>Vaccinium vitis-idaea</i> )	40.0	0.059	7.61	20.18	28
Wood sorrel ( <i>Oxalis acetosella</i> )	40.0	0.059	5.86	15.54	28
Nephordium ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	14.3	0.042	2.16	16.00	10
Slender rush ( <i>Juncus tenuis</i> )	7.1	0.031	0.73	10.80	5
Oak fern ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	1.4	0.014	0.22	16.00	1
Carthusian shield fern ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	1.4	0.014	0.27	20.00	1

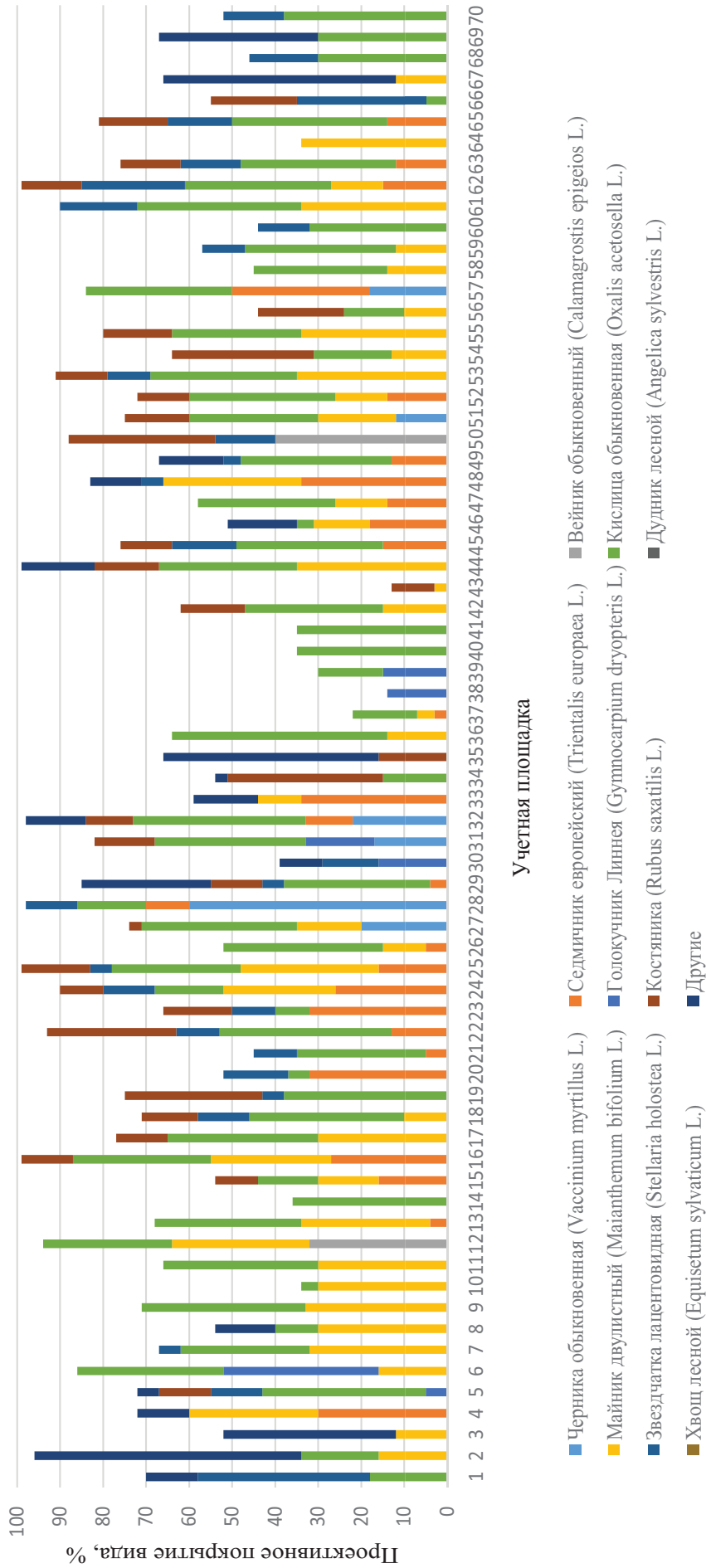
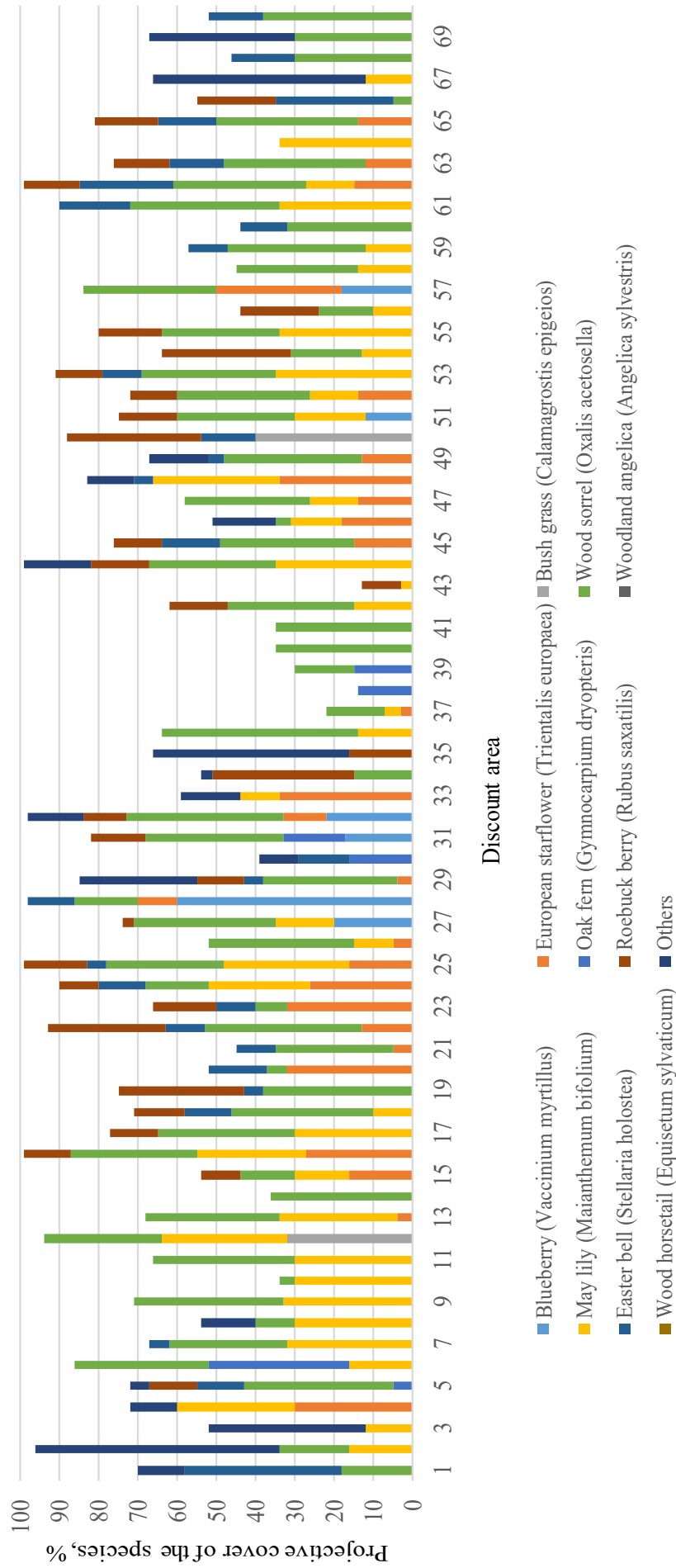


Рис. 3. Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности в 1 ярусе III 4



**Fig. 3.** Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 1st layer of SP 4

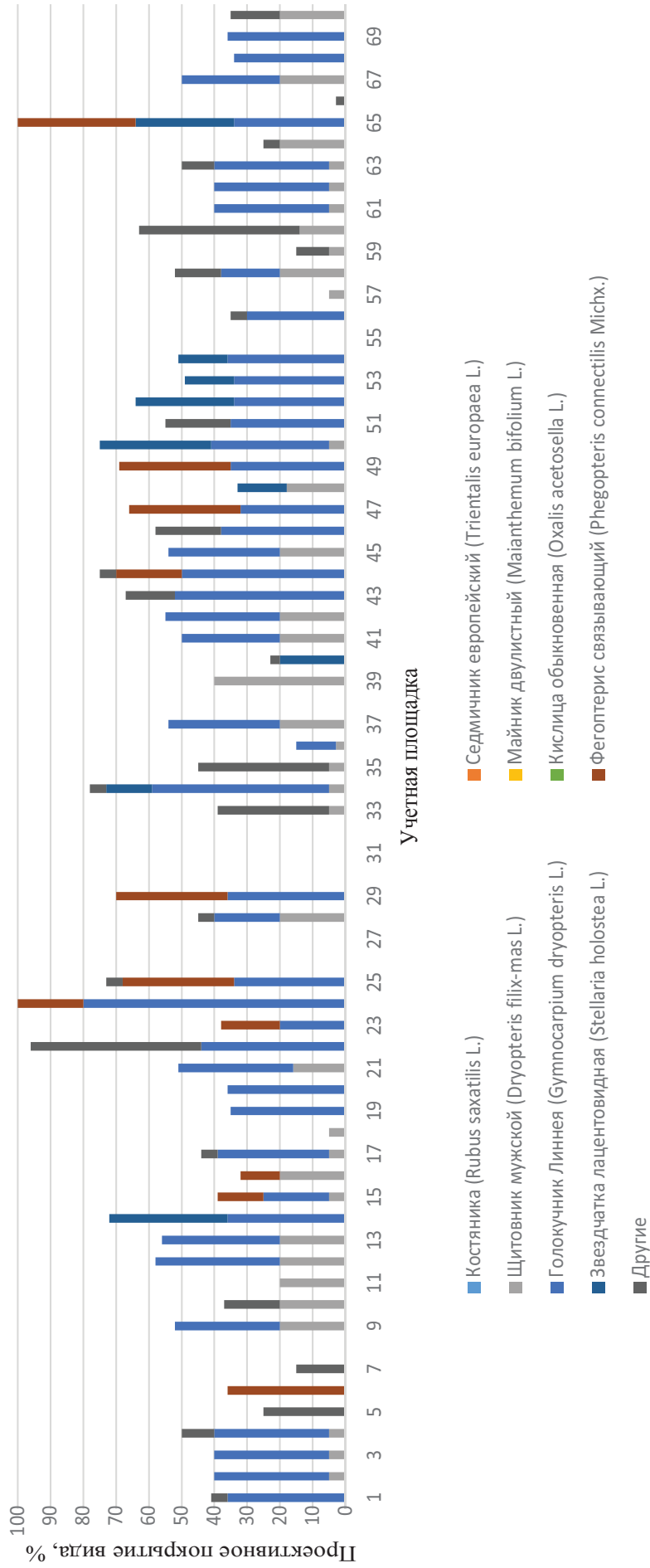


Рис. 4. Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности во 2 ярусе ПП 4

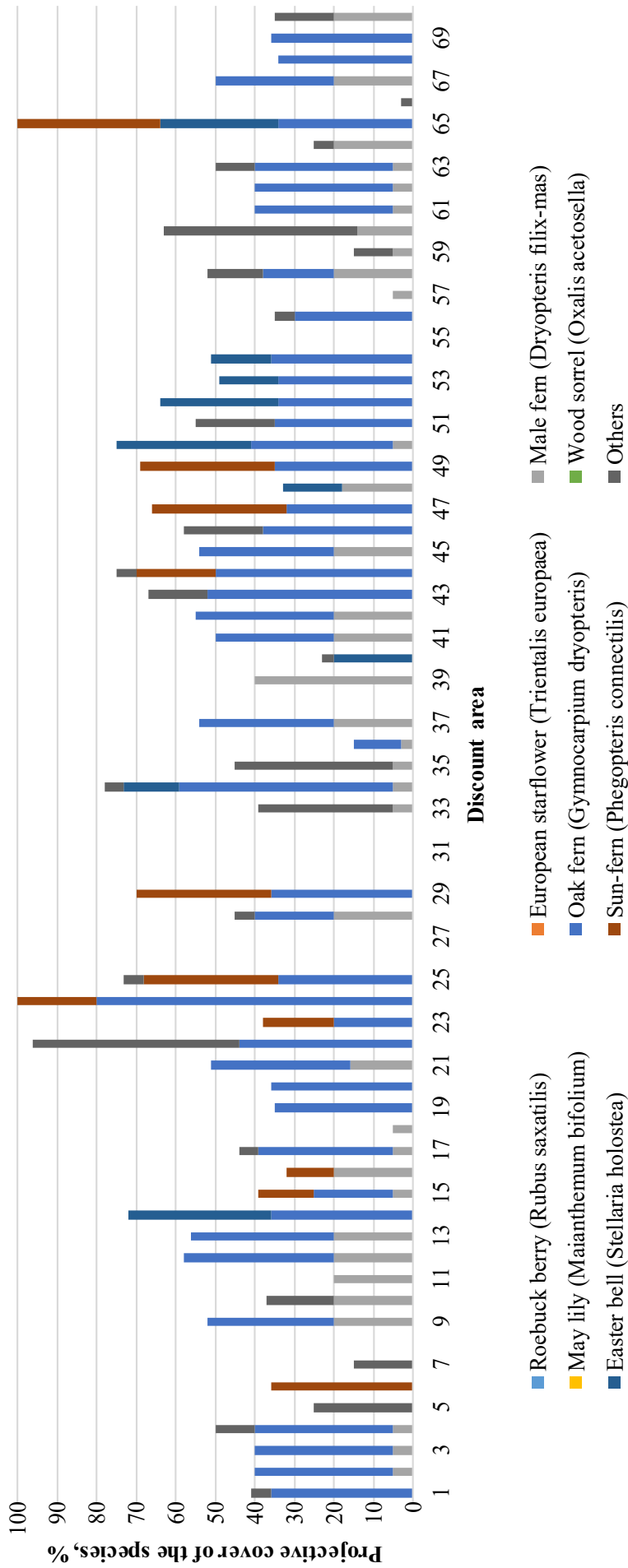


Fig. 4. Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 2d layer of SP 4



Распределение травянистых растений по ПП 4 является неоднородным (табл. 4), наибольшая концентрация наблюдается на наиболее освещенных участках с наименьшей густотой подроста и подлеска. Наибольшая частота встречаемости – у кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*).

Наиболее часто встречающимся видом с наибольшим проективным покрытием на ПП 4 является кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*). Достаточно значимыми являются нередко встречающиеся, но менее обильные майник двулистный (*Maianthemum bifolium*) и голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*). Малообильные виды с низкой встречаемостью – такие, как вороний глаз четырехлиственный (*Paris quadrifolia*) и роза майская (*Rosa majalis*), имеют низкие значения коэффициента участия и играют в сообществе незначительную роль.

При описании травянисто-кустарничковой растительности на ПП 6 удалось выяснить, что в качестве доминирующих видов на всех площадках выступают кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) и майник двулистный (*Maianthemum bifolium*). Видовое распределение по пробной площади является неравномерным, что обусловливается особенностями микрорельефа и разной степенью освещенности.

Второй фитоценотический горизонт значительно отличается по видовому составу от I яруса, так как преобладающим видом здесь является голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*), в то время как кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) отсутствует совсем.

Распределение травянистых растений по ПП 6 является неоднородным, наибольшая концентрация наблюдается на наиболее освещенных участках с наименьшей густотой подроста и подлеска (табл. 5). Наибольшая частота встречаемости – у кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), майника двулистного (*Maianthemum bifolium*) и голокучника Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*).

К числу растений с наибольшей ценоценотической значимостью на ПП 6 относятся голокучник Линнея (*Gymnocarpium dryopteris*) и кислица обыкновенная. Седмичник европейский (*Trientalis europaea*), звездчатка ланцетовидная (*Stellaria holostea*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*) и иные менее обильные виды с высокой встречаемостью являются достаточно значимыми. Малообильные виды с низкой встречаемостью – такие, как сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria*), подмаренник мягкий (*Galium mollugo*), смородина черная (*Ribes nigrum*), имеют низкие значения коэффициента участия и играют в сообществе незначительную роль.

Для выполнения геоботанических описаний в фитоценозах пробных площадей в ходе работы были задействованы общепринятые методы. Данные геоботанических описаний были обработаны

по амплитудным экологическим шкалам Д.Н. Цыганова, где:

- Lc (освещенность/затенение);
- Rc (кислотность почв);
- Nt (насыщенность почв азотом);
- Tr (трофность почв);
- Hd (увлажнение почв);
- Cr (криоклиматическая шкала);
- Om (шкала аридности/гумидности климата);
- Kn (шкала континентальности климата);
- Tm (термоклиматическая шкала).

По шкалам были получены усредненные экологические оценки местообитаний ценопопуляций ели обыкновенной (*Picea abies* L.). В ходе анализа полученных данных были определены следующие климатические характеристики изучаемой местности: климат – материковый; зона по криоклиматической шкале – умеренных зим; климат согласно омброклиматической шкале – субгумидный; условия – переходные от суббореальных к неморальным. Приводятся результаты корреляционного анализа и экологическая характеристика местообитаний ценопопуляций ели обыкновенной (*Picea abies*) по трем пробным площадям. Результаты анализа остальных пробных площадей не приводятся ввиду схожести результатов.

Экологическая характеристика местообитаний по каждой пробной площади представлена на рисунках 7-9.

Между значениями балльных оценок для некоторых факторов выявлены статистически значимые корреляции на заданном при планировании исследований уровне значимости, что указывает на их совместное изменение (табл. 6).

Значительный уровень корреляции выявлен между показателями Tm и: Om (–0,879), Cr (0,784), Tr (0,693), Rc (0,898); Kn и: Cr (–0,713), Tr (–0,699), Rc (–0,699); Om и Cr (–0,697), Tr (–0,729), Rc (–0,871); Cr и Rc (0,768), Nt (0,856), а также между Tr и Rc (0,818).

Между значениями балльных оценок для некоторых факторов выявлены статистически значимые корреляции на заданном при планировании исследований уровне значимости (табл. 7), что указывает на их совместное изменение.

Значительный уровень корреляции выявлен между показателями Tm и Cr (0,779); Kn и Cr (–0,675); Om и Nt (–0,740).

Между значениями балльных оценок для некоторых факторов выявлены статистически значимые корреляции на заданном при планировании исследований уровне значимости (табл. 8), что указывает на их совместное изменение.

Значительный уровень корреляции выявлен между показателями Kn и: Cr (–0,697); Tr и Rc (0,786); Tr и Nt (0,780), а также между Rc и Nt (0,760).

По результатам анализа циклограмм, исследуемые пробные площади имеют оптимальные условия для произрастания ели обыкновенной (*Picea abies*).

Таблица 4

## Характеристика встречаемости видов на ПП 4

Вид растения	Частота встречаемости, %	Ошибка	Коэффициент участия, %	Среднее проективное покрытие вида, %	Количество пробных площадок, шт.
Кислица обыкновенная ( <i>Oxalis acetosella</i> )	93	0,031	17,31	29,85	65
Майник двулистный ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	61	0,059	10,03	26,14	43
Голокучник Линнея ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	61	0,059	9,85	25,67	43
Седмичник европейский ( <i>Trientalis europaea</i> )	49	0,060	5,75	18,97	34
Вейник лесной ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> )	47	0,060	5,24	17,79	33
Звездчатка ланцетовидная ( <i>Stellaria holóstea</i> )	44	0,060	3,70	13,39	31
Костяника ( <i>Rubus saxatilis</i> )	43	0,060	4,24	15,83	30
Хвощ лесной ( <i>Equisetum sylvaticum</i> )	24	0,052	2,83	18,65	17
Шитовник мужской ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	23	0,051	2,38	16,69	16
Дудник лесной ( <i>Angelica sylvestris</i> )	19	0,047	1,50	12,92	13
Черника обыкновенная ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	11	0,038	1,94	27,13	8
Земляника лесная ( <i>Fragaria vesca</i> )	9	0,034	0,87	16,17	6
Фиалка ( <i>Viola sp</i> )	7	0,031	0,89	20,00	5
Щитовник картузианский ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	7	0,031	0,93	20,80	5
Золотарник обыкновенный ( <i>Solidágo virga-áurea</i> )	7	0,031	0,34	7,60	5
Двулепестник сердцелистный ( <i>Circaea cordata</i> )	7	0,031	1,45	32,40	5
Сныть обыкновенная ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	4	0,024	0,26	9,67	3
Мятлик лесной ( <i>Poa nemoralis</i> )	3	0,020	0,46	25,50	2
Вероника дубравная ( <i>Veronica chamaedrys</i> )	3	0,020	0,23	13,00	2
Бодяк лесной (полевой) ( <i>Cirsium arvense</i> )	3	0,020	0,09	5,00	2
Полевица булавовидная ( <i>Agrostis clavata</i> )	3	0,020	0,36	20,00	2
Марьянник лесной ( <i>Melampyrum sylvaticum</i> )	3	0,020	0,05	3,00	2
Ортилия однобокая ( <i>Orthilia secunda</i> )	3	0,020	0,20	11,00	2
Линнея северная ( <i>Linnaea borealis</i> )	1	0,014	0,45	50,00	1
Вороний глаз четырехлиственный ( <i>Paris quadrifolia</i> )	1	0,014	0,18	20,00	1
Роза майская ( <i>Rosa cinnamomea</i> )	1	0,014	0,04	5,00	1

Characteristics of species occurrence at SP 4

Plant species	Frequency of occurrence, %	Error	Participation rate, %	Average projective cover of species, %	Number of discount areas, pcs.
Wood sorrel ( <i>Oxalis acetosella</i> )	93	0.031	17.31	29.85	65
May lily ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	61	0.059	10.03	26.14	43
Oak fern ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	61	0.059	9.85	25.67	43
European starflower ( <i>Trientalis europaea</i> )	49	0.060	5.75	18.97	34
Wood reed ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> )	47	0.060	5.24	17.79	33
Easter bell ( <i>Stellaria holóstea</i> )	44	0.060	3.70	13.39	31
Roebuck berry ( <i>Rubus saxatilis</i> )	43	0.060	4.24	15.83	30
Wood horsetail ( <i>Equisetum sylvaticum</i> )	24	0.052	2.83	18.65	17
Nephordium ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	23	0.051	2.38	16.69	16
Woodland angelica ( <i>Angelica sylvestris</i> )	19	0.047	1.50	12.92	13
Blueberry ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	11	0.038	1.94	27.13	8
Wild strawberry ( <i>Fragaria vesca</i> )	9	0.034	0.87	16.17	6
Violet ( <i>Viola sp</i> )	7	0.031	0.89	20.00	5
Carthusian shield fern ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	7	0.031	0.93	20.80	5
European goldenrod ( <i>Solidágo virga-áurea</i> )	7	0.031	0.34	7.60	5
Heart-leaved circaea ( <i>Circaea cordata</i> )	7	0.031	1.45	32.40	5
Goutweed ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	4	0.024	0.26	9.67	3
Wood bluegrass ( <i>Poa nemoralis</i> )	3	0.020	0.46	25.50	2
Base vervain ( <i>Veronica chamaedrys</i> )	3	0.020	0.23	13.00	2
Common thistle ( <i>Cirsium arvense</i> )	3	0.020	0.09	5.00	2
Club-shaped bentgrass ( <i>Agrostis clavata</i> )	3	0.020	0.36	20.00	2
Wood cowwheat ( <i>Melampyrum sylvaticum</i> )	3	0.020	0.05	3.00	2
Yeving Bells ( <i>Orthilia secunda</i> )	3	0.020	0.20	11.00	2
Northern Linseed ( <i>Linnaea borealis</i> )	1	0.014	0.45	50.00	1
Herb Paris ( <i>Paris quadrifolia</i> )	1	0.014	0.18	20.00	1
May rose ( <i>Rosa cinnamomea</i> )	1	0.014	0.04	5.00	1

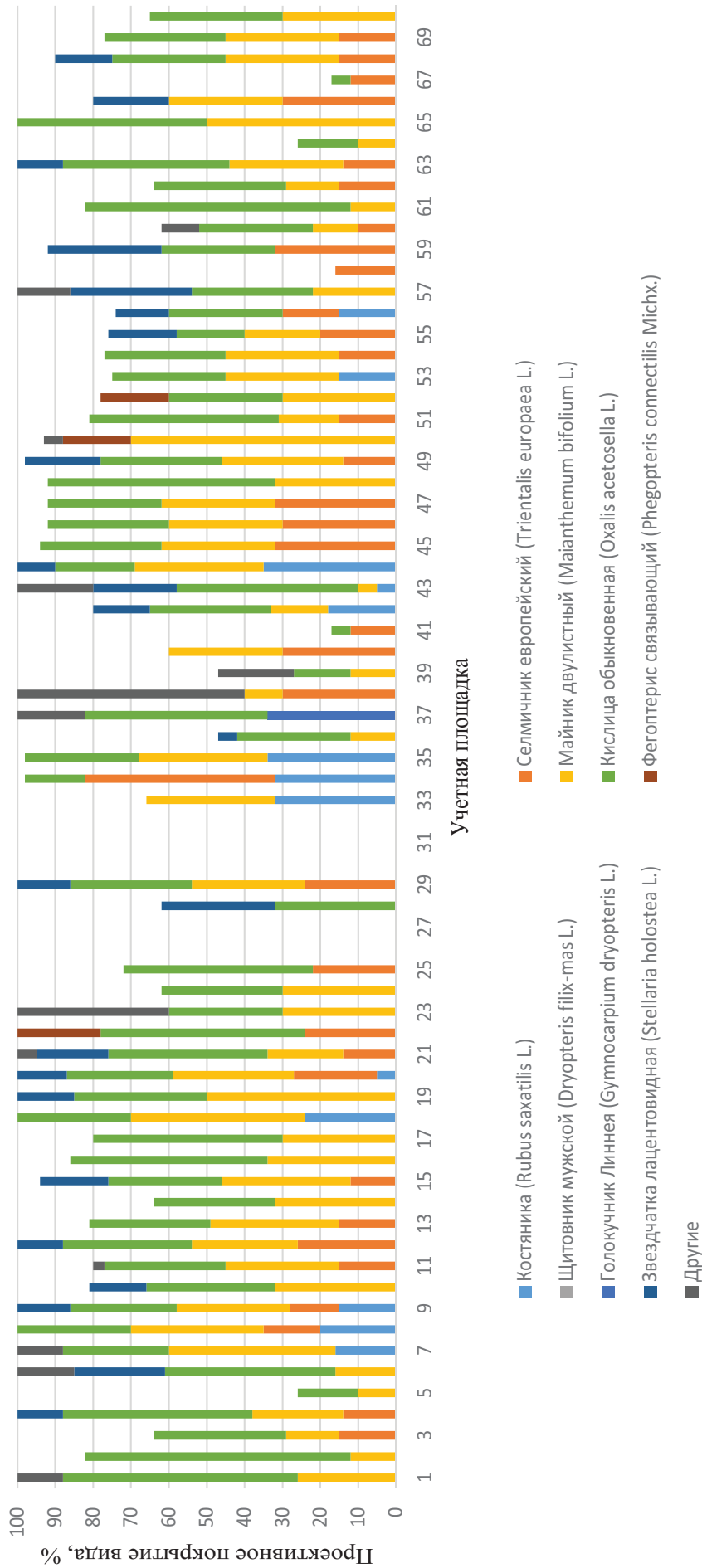
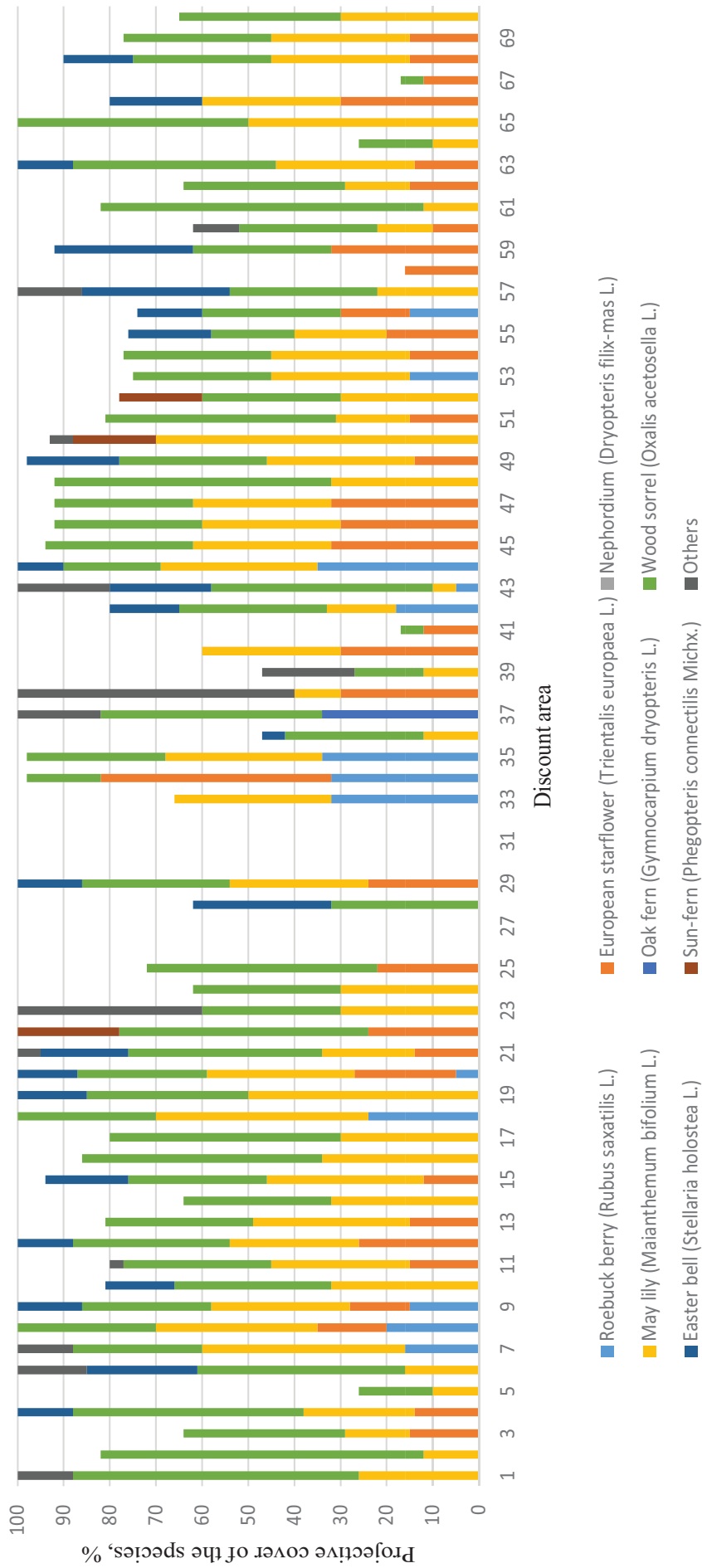
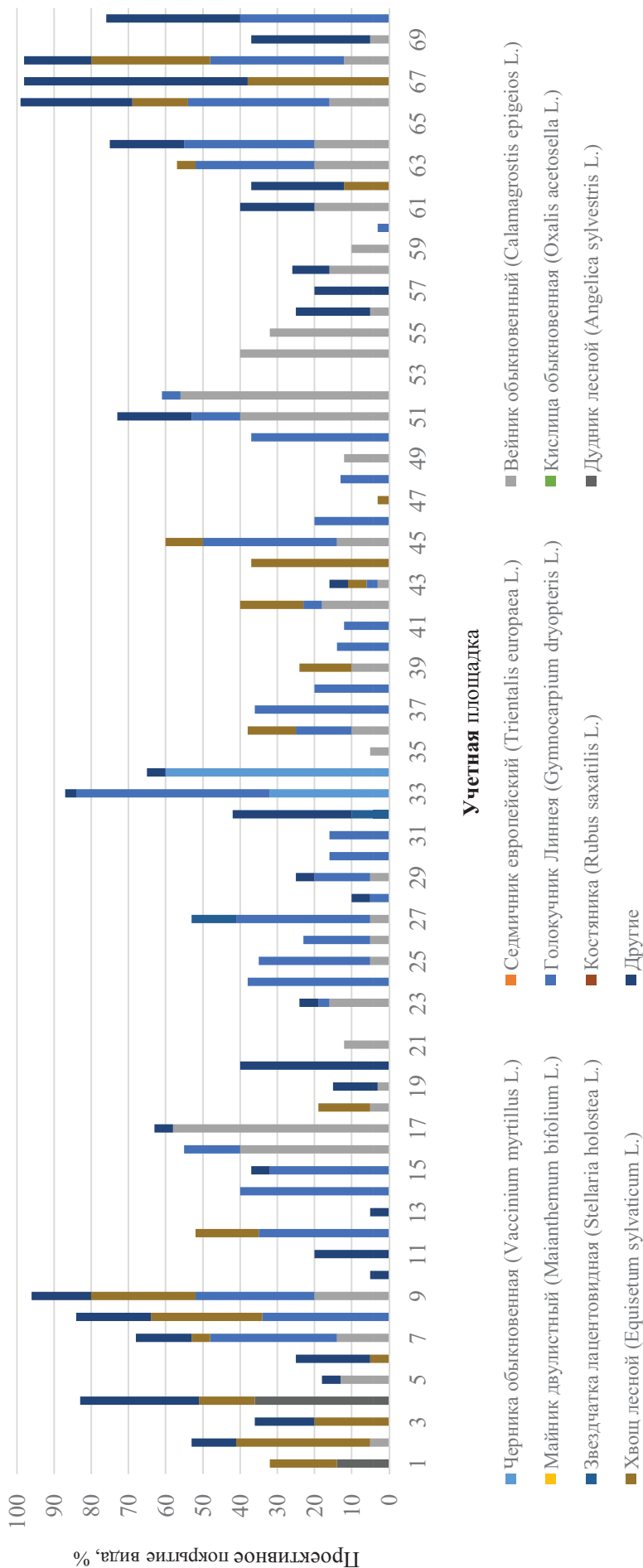


Рис. 5. Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности в 1 ярусе ПШ 6



**Fig. 5.** Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 1st layer of SP 6



**Рис. 6.** Проективное покрытие видов травянисто-кустарничковой растительности во 2 ярусе ПШ 6

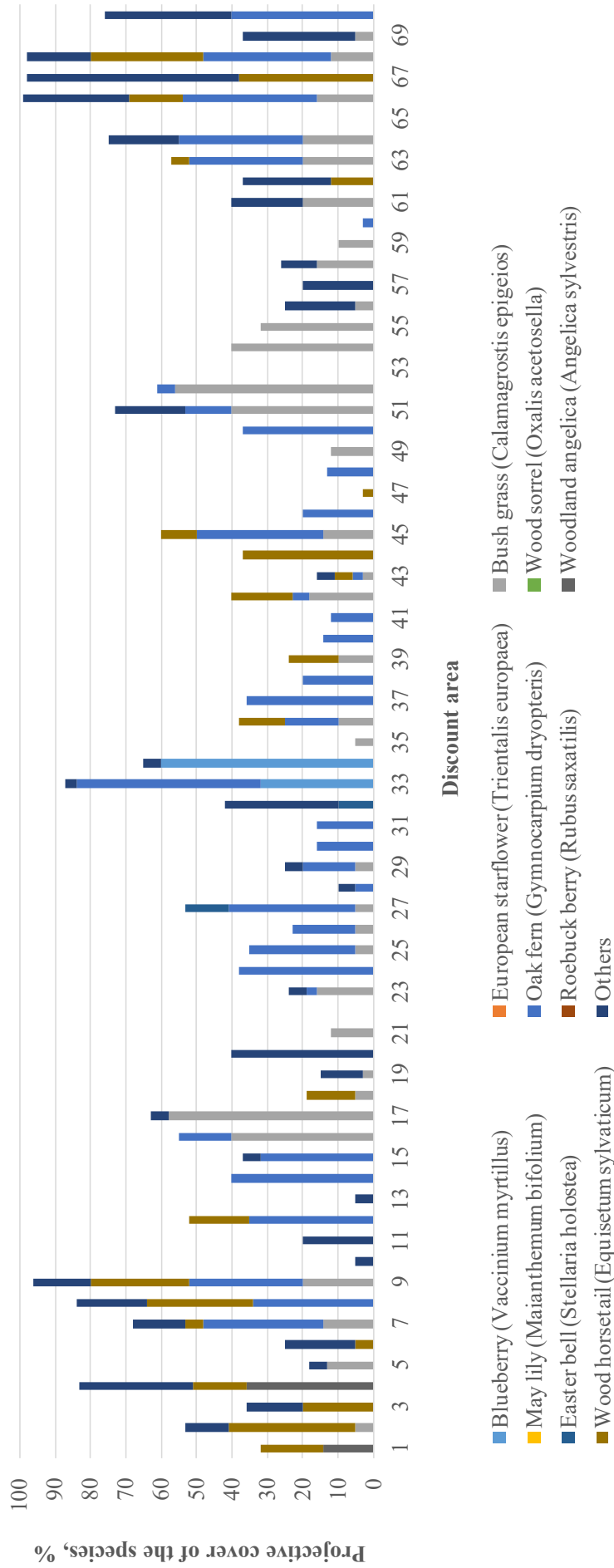


Fig. 6. Projective cover of herbaceous-shrub vegetation species in the 2d layer of SP 6

## Характеристика встречаемости видов на ПП 6

Вид растения	Частота встречаемости, %	Ошибка	Коэффициент участия, %	Среднее проективное покрытие вида, %	Количество пробных площадок, шт.
Кислица обыкновенная ( <i>Oxalis acetosella</i> )	84	0,044	23,70	36,73	59
Майник двулистный ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	79	0,049	17,75	29,51	55
Голокучник Линнея ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	63	0,058	16,98	35,30	44
Седмичник европейский ( <i>Trientalis europaea</i> )	46	0,060	7,50	21,44	32
Звездчатка ланцетовидная ( <i>Stellaria holóstea</i> )	44	0,060	7,36	21,71	31
Щитовник мужской ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	43	0,060	4,35	13,27	30
Фегоптерис связывающий ( <i>Phegopteris connectilis</i> )	23	0,051	4,87	27,81	16
Костяника ( <i>Rubus saxatilis</i> )	17	0,045	2,62	20,00	12
Вейник наземный ( <i>Calamagróstis epigéios</i> )	13	0,040	1,72	17,44	9
Хвощ лесной ( <i>Equisetum sylvaticum</i> )	11	0,038	0,62	7,13	8
Черника обыкновенная ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	11	0,038	2,01	23,00	8
Фиалка ( <i>Viola sp.</i> )	7	0,031	1,16	21,20	5
Щитовник картузианский ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	6	0,028	0,55	12,50	4
Сныть обыкновенная ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	1	0,014	0,05	5,00	1
Подмаренник мягкий ( <i>Galium mollugo</i> )	1	0,014	0,11	10,00	1
Смородина черная ( <i>Ribes nigrum</i> )	1	0,014	0,22	20,00	1



Characteristics of species occurrence at SP 6

Plant species	Frequency of occurrence, %	Error	Participation rate, %	Average projective cover of species, %	Number of discount areas, pcs.
Wood sorrel ( <i>Oxalis acetosella</i> )	84	0.044	23.70	36.73	59
May lily ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	79	0.049	17.75	29.51	55
Oak fern ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	63	0.058	16.98	35.30	44
European starflower ( <i>Trientalis europaea</i> )	46	0.060	7.50	21.44	32
Easter bell ( <i>Stellaria holóstea</i> )	44	0.060	7.36	21.71	31
Nephordium ( <i>Dryopteris filix-mas</i> )	43	0.060	4.35	13.27	30
Sun-fern ( <i>Phegopteris connectilis</i> )	23	0.051	4.87	27.81	16
Roebuck berry ( <i>Rubus saxatilis</i> )	17	0.045	2.62	20.00	12
Bush grass ( <i>Calamagrostis epigéios</i> )	13	0.040	1.72	17.44	9
Wood horsetail ( <i>Equisetum sylvaticum</i> )	11	0.038	0.62	7.13	8
Blueberry ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	11	0.038	2.01	23.00	8
Violet ( <i>Viola sp.</i> )	7	0.031	1.16	21.20	5
Carthusian shield fern ( <i>Dryopteris carthusiana</i> )	6	0.028	0.55	12.50	4
Goutweed ( <i>Aegopodium podagraria</i> )	1	0.014	0.05	5.00	1
Whip-tongue ( <i>Galium mollugo</i> )	1	0.014	0.11	10.00	1
Black currant ( <i>Ribes nigrum</i> )	1	0.014	0.22	20.00	1

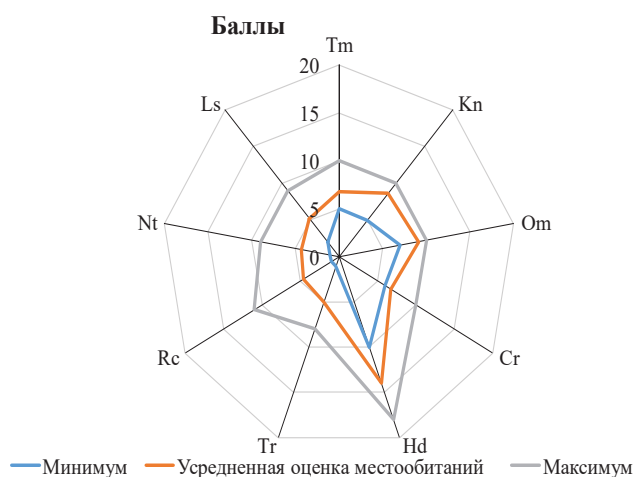


Рис. 7. Циклограмма экологической характеристики местообитаний на ПП 2

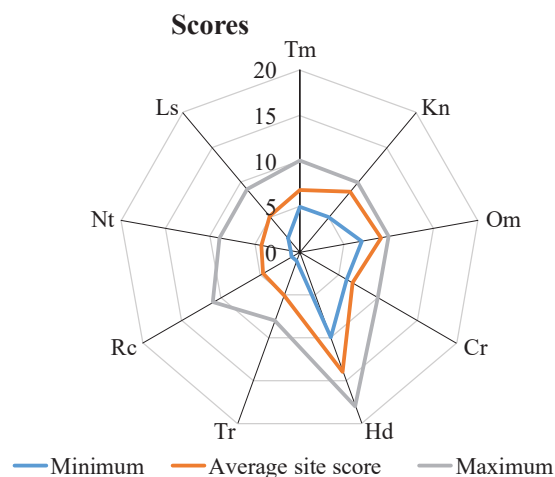


Fig. 7. Cyclogram of the environmental characteristics of the sites at SP 2

Таблица 6

**Коэффициенты корреляции Пирсона между значениями факторов среды на ПП 2 ( $p = 0,05$ )**

Шкала	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0,524	1,000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0,879	0,411	1,000	-	-	-	-	-	-
Cr	0,784	-0,713	-0,697	1,000	-	-	-	-	-
Hd	-0,329	-0,027	0,132	-0,208	1,000	-	-	-	-
Tr	0,693	-0,699	-0,729	0,656	0,092	1,000	-	-	-
Rc	0,898	-0,699	-0,871	0,768	-0,087	0,818	1,000	-	-
Nt	0,649	-0,669	-0,641	0,859	-0,483	0,510	0,665	1,000	-
Lc	0,600	-0,509	-0,577	0,638	-0,164	0,664	0,459	0,561	1,000

Table 6

**Coefficients of Pearson correlation between the values of environmental factors at the PP 2 ( $p = 0.05$ )**

Scale	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0.524	1.000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0.879	0.411	1.000	-	-	-	-	-	-
Cr	0.784	-0.713	-0.697	1.000	-	-	-	-	-
Hd	-0.329	-0.027	0.132	-0.208	1.000	-	-	-	-
Tr	0.693	-0.699	-0.729	0.656	0.092	1.000	-	-	-
Rc	0.898	-0.699	-0.871	0.768	-0.087	0.818	1.000	-	-
Nt	0.649	-0.669	-0.641	0.859	-0.483	0.510	0.665	1.000	-
Lc	0.600	-0.509	-0.577	0.638	-0.164	0.664	0.459	0.561	1.000

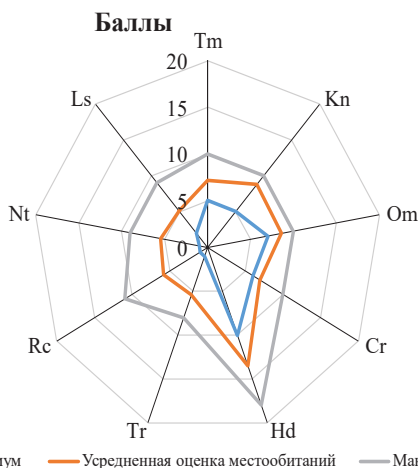


Рис. 8. Циклограмма экологической характеристики местообитаний на ПП 4

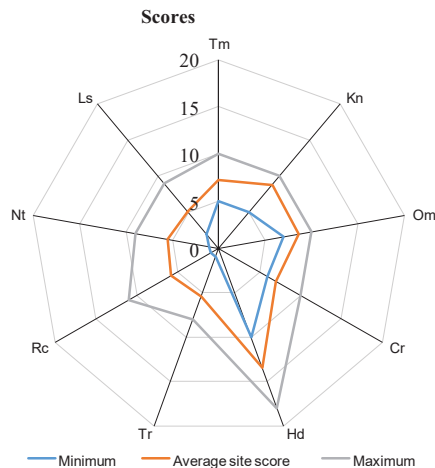


Fig. 8. Cyclogram of the environmental characteristics of the sites at SP 4

Таблица 7

**Коэффициенты корреляции Пирсона между значениями факторов среды на ПП 4 (p = 0,05)**

Шкала	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0,412	1,000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0,454	0,209	1,000	-	-	-	-	-	-
Cr	0,779	-0,675	-0,379	1,000	-	-	-	-	-
Hd	-0,497	0,344	0,537	-0,484	1,000	-	-	-	-
Tr	0,409	-0,299	-0,603	0,404	-0,473	1,000	-	-	-
Rc	0,604	-0,092	-0,654	0,381	-0,356	0,643	1,000	-	-
Nt	0,634	-0,158	-0,740	0,633	-0,497	0,622	-0,027	1,000	-
Lc	0,233	-0,114	0,271	0,236	0,349	-0,352	-0,027	0,026	1,000

Table 7

**Coefficients of Pearson correlation between the values of environmental factors at the PP 4 (p = 0.05)**

Шкала	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0.412	1.000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0.454	0.209	1.000	-	-	-	-	-	-
Cr	0.779	-0.675	-0.379	1.000	-	-	-	-	-
Hd	-0.497	0.344	0.537	-0.484	1.000	-	-	-	-
Tr	0.409	-0.299	-0.603	0.404	-0.473	1.000	-	-	-
Rc	0.604	-0.092	-0.654	0.381	-0.356	0.643	1.000	-	-
Nt	0.634	-0.158	-0.740	0.633	-0.497	0.622	-0.027	1.000	-
Lc	0.233	-0.114	0.271	0.236	0.349	-0.352	-0.027	0.026	1.000

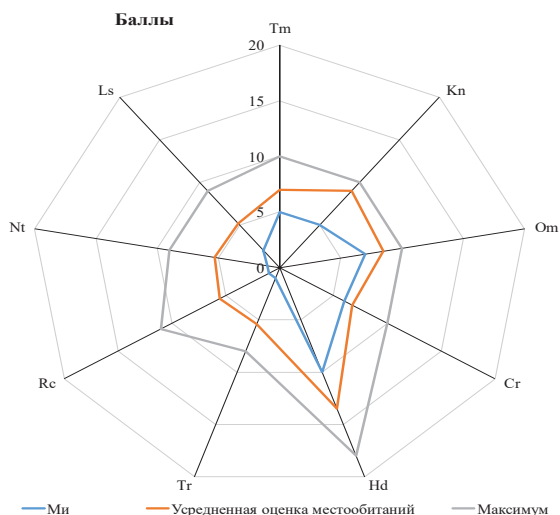


Рис. 9. Циклограмма экологической характеристики местообитаний на ПП 6

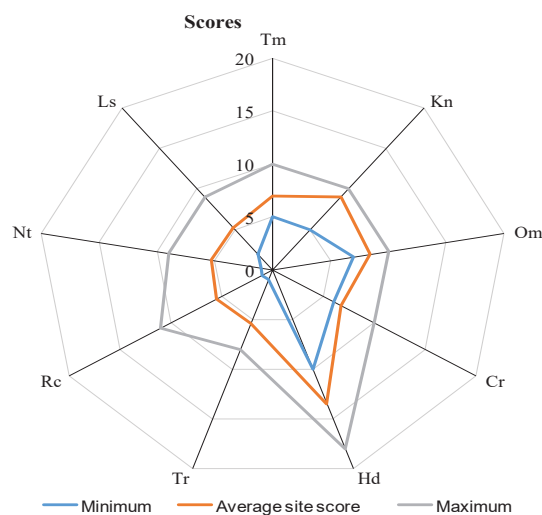


Fig. 9. Cyclogram of the environmental characteristics of the sites at SP 6

Таблица 8

Коэффициенты корреляции Пирсона между значениями факторов среды на ПП 6 ( $p = 0,05$ )

Шкала	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0,668	1,000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0,359	0,161	1,000	-	-	-	-	-	-
Cr	0,627	-0,697	-0,394	1,000	-	-	-	-	-
Hd	-0,475	0,052	0,459	-0,528	1,000	-	-	-	-
Tr	0,518	-0,429	-0,478	0,270	-0,302	1,000	-	-	-
Rc	0,314	-0,146	-0,541	-0,075	-0,138	0,786	1,000	-	-
Nt	0,372	-0,244	-0,436	0,077	-0,277	0,780	0,760	1,000	-
Lc	0,307	-0,299	0,181	0,109	0,215	-0,069	-0,060	0,201	1,000

Table 8

Coefficients of Pearson correlation between the values of environmental factors at the PP 6 ( $p = 0.05$ )

Scale	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Rc	Nt	Lc
Tm	1.000	-	-	-	-	-	-	-	-
Kn	-0.668	1.000	-	-	-	-	-	-	-
Om	-0.359	0.161	1.000	-	-	-	-	-	-
Cr	0.627	-0.697	-0.394	1.000	-	-	-	-	-
Hd	-0.475	0.052	0.459	-0.528	1.000	-	-	-	-
Tr	0.518	-0.429	-0.478	0.270	-0.302	1.000	-	-	-
Rc	0.314	-0.146	-0.541	-0.075	-0.138	0.786	1.000	-	-
Nt	0.372	-0.244	-0.436	0.077	-0.277	0.780	0.760	1.000	-
Lc	0.307	-0.299	0.181	0.109	0.215	-0.069	-0.060	0.201	1.000

## Выводы Conclusions

При изучении травянисто-кустарничковой растительности заповедника «Кологривский лес» было заложено 12 временных пробных площадей по 0,0625 га. Пробные площади закладывались в насаждениях различного состава и возрастной структуры, однако главной породой в большинстве случаев являлась ель. Подрост на пробных площадях по породному составу не отличался от материнского древостоя, а исключения составляют пробные площади 2, 5, 6, где в составе подроста наблюдалась пихта, что связано с наличием ее в составе древостоя смежных с пробными площадями насаждений.

На исследуемых временных пробных площадях доминирующими видами травянисто-кустарничкового яруса оказались линнея северная, черника обыкновенная, голокучник Линнея, а также кислица обыкновенная. Количественное

и качественное распределение по пробным площадям является неравномерным, что обуславливается особенностями микрорельефа и разной степенью освещенности.

Данные геоботанических описаний были обработаны с использованием амплитудных экологических шкал Д.Н. Цыганова, по которым были получены усредненные экологические оценки местообитаний ценопопуляций ели обыкновенной. В результате анализа циклограмм было выявлено, что исследуемые пробные площади имеют оптимальные условия для произрастания ели обыкновенной (*Picea abies*). Практическая значимость проведенных исследований заключается в расширении представлений о структуре травянистого покрова, сформированного под пологом ельников в условиях заповедника «Кологривский лес», а также об особенностях протекания процесса естественного возобновления в различных условиях места произрастания.

## Список источников

1. Лебедев А.В., Чистяков С.А., Гемонов А.В., Чернявин П.В. Промежуточные итоги реализации программы по изучению динамики нарушенных растительных сообществ в заповеднике «Кологривский лес» // *Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы: Материалы Всероссийской (с международным участием) конференции*, г. Кологрив, 20-21 сентября 2018 года. Кологрив: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына», 2018. С. 35-39. EDN: SMXLTV

2. Лебедев А.В., Гемонов А.В., Селиверстов А.М. Фенотипическая структура и разнообразие популяций ели заповедника «Кологривский лес» // *Природообустройство*. 2022. № 1. С. 109-116. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-1-109-116>

3. Чернявин П.В., Лебедев А.В., Гемонов А.В., Чистяков С.А. Изменение характеристик лесного фонда заповедника «Кологривский лес» // *Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес»: Сборник научных трудов* / Отв. ред. А.В. Лебедев. Кологрив: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына», 2017. № 1. С. 6-12. EDN: URWWGM

4. Лебедев А.В., Чистяков С.А. Таксономический анализ флоры заповедника «Кологривский лес» // *Белозеровские чтения: Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, посвященной 120-летию со дня рождения ученого-флориста П.И. Белозёрова*, г. Кострома, 5 июня 2020 г. Кострома: Костромской государственный университет, 2020. С. 13-17. EDN: ANXLWU

5. Кондрашина Е.С. Естественное возобновление ели в ядре Кологривского участка заповедника

## References

1. Lebedev A.V., Chistyakov S.A., Gemonov A.V., Chernyavin P.V. Interim results of implementation of the program on the diagnosis of dynamics of violated vegetable communications in the reserve "Kologrivsky forest". *Vserossiyskaya (s mezhdunarodnym uchastiyem) konferentsiya "Vklad osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy v ekologicheskuyu ustoychivost' regionov: sovremennoe sostoyanie i perspektivy."* Kologriv, September 20-21, 2018. Kologriv: State Nature Reserve Kologrivsky Forest, 2018:35-39. (In Russ.)

2. Lebedev A.V., Gemonov A.V., Seliverstov A.M. Phenotypic structure and diversity of spruce populations of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Prirodoobustroystvo*. 2022;1:109-116. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-1-109-116>

3. Chernyavin P.V., Lebedev A.V., Gemonov A.V., Chistyakov S.A. Change in the time of the forest fund of the nature reserve "Koglorovsky Forest." *In: Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Kologrivskiy les."* Ed. by Lebedev A.V. Kologriv, Russia: State Nature Reserve Kologrivsky Forest, 2017;1:6-12. (In Russ.)

4. Lebedev A.V., Chistyakov S.A. Taxonomic analysis of the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Vserossiyskaya (s mezhdunarodnym uchastiyem) nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 120-letiyu so dnya rozhdeniya uchenogo-florista P.I. Belozyorova "Belozyorovskie chteniya."* Kostroma, June 05, 2020. Kostroma, Russia: Kostroma State University, 2020:13-17. (In Russ.)

5. Kondrashina E.S. Natural regeneration of spruce in the core of the Kologrivsky section of the Kologrivsky

«Кологривский лес» // *Научные инновации в развитии лесной отрасли: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 20-летию лесохозяйственного факультета, г. Ижевск, 2-3 декабря 2020 г.* Ижевск: ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА», 2021. С. 78-86. EDN: WHPWNT

6. Терентьева Е.В. Редкие виды флоры болотных комплексов Кологривского участка заповедника «Кологривский лес» // *Естествознание в регионах: проблемы, поиски, решения: Материалы Международной научной конференции «Регионы в условиях неустойчивого развития»*: В 2 т.г. Кострома, 1-3 ноября 2012 г. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2012. Т. 1. С. 269-271.

7. Абатуров Ю.Д., Письмеров А.В., Орлов А.Я. и др. *Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват «Кологривский лес»): Монография.* М.: «Наука», 1988. 220 с.

8. Немчинова А.В., Петухов И.Н., Кошечеева А.С., Хорошев А.В. и др. Эколого-ценотическая индикация свойств южнотаежных ландшафтов на примере лесов заповедника «Кологривский лес» // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова.* 2012. Т. 18, № 4. С. 17-21. EDN: PУJHLN

9. Хорошев А.В., Немчинова А.В., Кошечеева А.С., Иванова Н.В. и др. Ландшафтные и сукцессионные факторы соотношения неморальных и бореальных свойств травяного яруса в заповеднике «Кологривский лес» // *Вестник Московского университета. Серия 5 «География».* 2013. № 5. С. 11-18. EDN: RQDSCX

10. Иванов А.Н., Буторина Е.А., Балдина Е.А. Многолетняя динамика коренных южнотаежных ельников в заповеднике «Кологривский лес» // *Вестник Московского университета. Серия 5 «География».* 2012. № 3. С. 74-79. EDN: PGCTS

11. Криницын И.Г., Лебедев А.В. Экологическая характеристика местообитаний ценопопуляций липы сердцевидной и ели обыкновенной в заповеднике «Кологривский лес» // *Природообустройство.* 2019. № 3. С. 121-126. <https://doi.org/10.34677/1997-6011/2019-3-121-126>

12. Чистяков С.А., Лебедев А.В., Гемонов А.В., Криницын И.Г. Итоги реализации программы научных исследований по изучению нарушенных лесных территорий заповедника «Кологривский лес» за 5 лет // *Доклады ТСХА.* 2020. № 292. Ч. II. С. 552-555. EDN: QXXLTN

13. Лавренко Е.М. *Полевая геоботаника. Т. 3. Заложение экологических профилей и пробных площадей: Репринт.* М.: ЁЁ Медиа, 2012. 554 с.

14. Мелехов И.С. *Лесоведение: Учебник для вузов.* М.: Лесная промышленность, 1980. 408 с.

15. Лежнев Д.В. Методики исследований естественного возобновления лесных экосистем // *Цифровые технологии в лесной отрасли: Материалы Всероссийской научно-практической конференции,*

*Forest Nature Reserve. Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 20-letiyu lesokhozyaystvennogo fakul'teta "Nauchnye innovatsii v razvitiy lesnoy otrasli."* Izhevsk, December 02-03, 2020. Izhevsk, Russia: Izhevskaya GSKhA, 2021:78-86. (In Russ.)

6. Terent'eva E.V. Rare species of the flora of bog complexes of the Kologrivsky section of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Regiony v usloviyakh neustoychivogo razvitiya."* Kostroma – Shar'ya, 1-3 November, 2012. Kostroma, Russia: Nekrasov Kostroma State University, 2012;1:269-271. (In Russ.)

7. Abaturov Yu.D., Pis'merov A.V., Orlov A.Ya. *Native dark coniferous forests of the southern taiga (Kologrivsky Forest Nature Reserve).* Moscow, Russia: Nauka, 1988:220. (In Russ.)

8. Nemchinova A.V., Petuhov I.N., Koshcheyeva A.S., Khoroshev A.V. et al. South-taiga landscapes properties ecologic-coenotic indication on the example of forests of the natural reserve 'Kologriv Forest'. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.A. Nekrasova.* 2012;18(4):17-21. (In Russ.)

9. Khoroshev A.V., Nemchinova A.V., Koshcheyeva A.S., Ivanova N. V. et al. Landscape and succession factors determining the balance between nemoral and boreal faetures of the grass layer in the Kologriv Forest Reserve. *Lomonosov Geography Journal.* 2013;5:11-18. (In Russ.)

10. Ivanov A.N., Butorina E.A., Baldina E.A. Long-term dynamics of primary spruce forests (southern taiga) in the Kologriv Forest Natural Reserve. *Lomonosov Geography Journal.* 2012;3:74-79. (In Russ.)

11. Krinitsyn I.G., Lebedev A.V. Ecological characteristics of habitats of cenopopulations of linden heart-shaped lime and spruce fir in the reserve "Kologrivsky les". *Prirodoobustroystvo.* 2019;3:121-126. <https://doi.org/10.34677/1997-6011/2019-3-121-126> (In Russ.)

12. Chistyakov S.A., Lebedev A.V., Gemonov A.V., Krinitsyn I.G. Results of the implementation of the research program for the study of disturbed forest areas of the Kologrivsky Forest Nature Reserve over 5 years. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 125-letiyu so dnya rozhdeniya V.S. Nemchinova.* Moscow, December 03-05, 2019. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020;292(II):552-555. (In Russ.)

13. Lavrenko E.M. *Field geobotany: volume 3 – establishing ecological profiles and sample plots.* Moscow, Russia: EE Media, 2012:554. (In Russ.)

14. Melekhov I.S. *Forest science: textbook for universities.* Moscow, Russia: Lesnaya promyshlennost', 1980:408. (In Russ.)

15. Lezhnev D.V. Methods of research on natural regeneration of forest ecosystems. *Vserossiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Tsifrovye tehnologii v lesnoy otrasli."* Voronezh, May 19-20,

г. Воронеж, 19-20 мая 2022 г. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. С. 130-138. EDN: EFCYLZ

16. Торопов Д.И., Лавровская Г.Н., Елисеева Н.В., Попова О.А. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2009 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2010. 260 с. EDN QQAYZD

17. Цыганов Д.Н. *Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов: Монография.* М.: «Наука», 1983. 196 с.

18. Золотова Е.С., Иванова Н.С. Использование шкал Д.Н. Цыганова для анализа экологического пространства типов леса Среднего Урала // *Фундаментальные исследования.* 2015. № 2. Ч. 23. С. 5114-5119. EDN: TWTART

19. Тиходеева М.Ю., Лебедева В.Х. *Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ): Учебное пособие.* СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2015. 166 с.

#### Сведения об авторах

**Игорь Георгиевич Криницын**, научный сотрудник, канд. биол. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына; 157440, Костромская область, Кологривский район, г. Кологрив, Центральная ул., 15; e-mail: hek@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7744-5556>

**Елена Юрьевна Ембатурова**, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, канд. биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: e.embaturova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5115-4921>

**Александр Владимирович Гемон**, доцент кафедры землеустройства и лесоводства, канд. с.-х. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; научный сотрудник ФГБУ ГПЗ «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына; 157440, Костромская область, Кологривский район, г. Кологрив, Центральная ул., 15; e-mail: a.gemonov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>

**Екатерина Сергеевна Калмыкова**, ассистент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kalmukova.es@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6951-030X>

Статья поступила в редакцию 27.11.2023  
Одобрена после рецензирования 12.03.2024  
Принята к публикации 28.03.2024

2022. Voronezh: Federal State Budget Education Institution of Higher Education Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2022:130-138. (In Russ.)

16. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: Annual report on the results of monitoring in 2009.* Moscow: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of agro-industrial complex. 2010:260 (In Russ.)

17. Cyganov D.N. *Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-broadleaved forests.* Moscow, Russia: Nauka, 1983:196. (In Russ.)

18. Zolotova E.S., Ivanova N.S. Using, D.N. Tsyganov's scales for analysis ecological space of forest types of middle Urals. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2015;2-23:5114-5119. (In Russ.)

19. Tikhodeeva M.Yu., Lebedeva V.Kh. *Practical geobotany (analysing the composition of plant communities): textbook.* St. Petersburg, Russia: izd-vo S. – Peterb. un-ta, 2015:166. (In Russ.)

#### Information about the authors

**Igor G. Krinitsyn**, CSc (Bio), Research Associate, Kologrivsky Forest Nature Reserve (15 Tsentral'naya St., Kologriv, Kostroma Region, 157440, Russian Federation); e-mail: hek@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7744-5556>

**Elena Y. Yembaturova**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Horticultural Crops, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: e.embaturova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5115-4921>

**Aleksandr V. Gemonov**, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Research Associate, Kologrivsky Forest Nature Reserve (15 Tsentral'naya St., Kologriv, Kostroma Region, 157440, Russian Federation); e-mail: a.gemonov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2561-8179>

**Ekaterina S. Kalmukova**, Assistant at the Department of Agricultural Land Reclamation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: kalmukova.es@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0006-6951-030X>

The article was submitted to the editorial office November 27, 2023  
Approved after reviewing March 12, 2024  
Accepted for publication March 28, 2024

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ /  
GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.52/.58: 636.084.5: 615.324

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-88-93>



**Физиолого-биохимический статус кур-несушек с илеальной фистулой при замене в рационе кормовых дрожжей добавками животного происхождения**

**Светлана Игоревна Полина, Владимир Георгиевич Вертипрахов**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Владимир Георгиевич Вертипрахов; [vertiprahov@rgau-msha.ru](mailto:vertiprahov@rgau-msha.ru)

**Аннотация**

В работе представлены результаты применения белковых добавок животного происхождения в сравнении с добавкой кормовых дрожжей. Опыты были проведены на курах-несушках с илеальной фистулой. Результаты показали, что при введении белковых добавок животного происхождения количество мочи за сутки у кур-несушек снижается. Увеличивается количество кальция, выделяемого с мочой, на 13%. Уровень фосфора при этом снижается на 80%. Активность трипсина в сыворотке кур с добавкой «Рыбная мука» превысила контрольную группу на 30%, в группе с мясокостной мукой разница с контрольной группой составила 26%.

**Ключевые слова**

илеальный метод, куры-несушки, мясокостная мука, рыбная мука, кормовые дрожжи, замена в рационе питания кур-несушек, добавки животного происхождения в рационе кур-несушек

**Благодарности**

Статья подготовлена по результатам доклада на Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы физиологии животных», посвященной 155-летию со дня образования кафедры физиологии животных в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (28-29 марта 2024 г., Москва)

**Для цитирования**

Полина С.И., Вертипрахов В.Г. Физиолого-биохимический статус кур-несушек с илеальной фистулой при замене в рационе кормовых дрожжей добавками животного происхождения // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 88-93. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-88-93>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-88-93>



**Effect of protein additives of animal origin on the body of laying hens with ileal fistula**

**Svetlana I. Polina, Vladimir G. Vertiprahov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Vladimir G. Vertiprahov; [vertiprahov@rgau-msha.ru](mailto:vertiprahov@rgau-msha.ru)

**Abstract**

The article presents the results of the use of protein supplements of animal origin compared to the addition of feed yeast. Experiments were conducted in laying hens with ileal fistula. The results showed that the introduction of protein additives of animal origin reduced the amount of urine produced per day in laying hens. The amount of calcium excreted in the urine increased by 13%. And the phosphorus level decreased by 80%. Trypsin activity in the serum of chickens fed fishmeal was 30% higher than in the control group, and in the group fed meat-and-bone meal it was 26% higher than in the control group.



**Keywords**

ileal method, laying hens, meat and bone meal, fish meal, feed yeast, замена в replacement in the diet of laying hens, additives of animal origin in the diet of laying hens

**Conflict of interests**

The authors declare no conflicts of interests regarding the publication of this article.

**Acknowledgements**

The article was prepared on the basis of the results of the report of the International Scientific and Practical Conference “Current Problems of Animal Physiology” dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, Moscow, Russia).

**For citation**

Polina S.I., Vertiprakhov V.G. Effect of protein additives of animal origin on the body of laying hens with ileal fistula. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):88-93. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-88-93>

## Введение Introduction

Полноценное протеиновое питание играет важную роль в организации кормления домашней птицы. Белок – основной структурный материал для быстрого формирования мышц животных, играющий немаловажную роль в обменных процессах. Полноценные белки заменить невозможно [1-3]. Чтобы решить вопрос о снижении дефицита белка в рационах птицы, необходимо шире использовать новые белковые добавки из нетрадиционных кормовых средств. С этой целью проводится разработка добавки из личинок мух *Lucilia* spp., которая представляет собой ценный продукт, так как в нем есть все незаменимые аминокислоты [4, 5]. Предлагается также использование добавки из водорослей после сушки как потенциального кормового ингредиента в различных кормах для животных, в том числе для птицы [6]. Однако данные кормовые добавки пока не нашли широкого распространения в практике животноводства в силу высокой себестоимости.

Чтобы разработать эффективную кормовую белковую добавку, требуется изучить ее влияние на процессы пищеварения у птицы, для чего наиболее перспективным методом являются фистульные технологии [7].

**Цель исследований:** изучение влияния белковых добавок животного происхождения на организм кур-несушек с использованием фистульной технологии в сравнении с белковой добавкой растительного происхождения.

**Методика исследований****Research method**

Опыты были поставлены на курах 25-30-недельного возраста кросса Хайсекс белый. Заблаговременно были проведены хирургические операции, чтобы можно было отделить илеальное содержимое от мочи в условиях гуманного отношения к животным<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes. European Treaty Series. № 123.

Птицу выдерживали на 12-часовой голодной диете для предотвращения осложнений от наркоза. После введения наркоза птицу фиксировали на специальном столике, на левом боку, крепко зафиксировав конечности. Операционное поле очищали от перьев, обрабатывали антисептиком. Делали разрез не более 3 см в области брюшной полости ближе к каудальной части. Подвздошную кишку извлекали, помогая стержнем с закругленными краями, который вставляли в клоаку и прямую кишку. Отступив каудальнее от предполагаемого места разреза, накладывали кисетный шов, завязывали нитками и отсекали кишку, расположенную краниально. Разрез делали в начале прямой кишки после впадения в нее слепых отростков. Для обеспечения фиксации на отрезанный участок подвздошной кишки накладывали две нити, которые завязывали хирургическими узлами. С использованием кисетного шва участок погружали вглубь концевой части каудальной подвздошной кишки. Слепые отростки промывали дезинфицирующим раствором, после чего перевязывали их и зашивали рану. В оставленное на ране отверстие подшивали узловатыми швами подвздошную кишку. Через 3-5 суток после операции, когда края раны заживали, вставляли трубочку диаметром от 0,5 до 0,8 см, длиной 2,0-2,5 см и подшивали ее к коже узловатыми швами. После выздоровления птицы приступали к опытам, обеспечивая надлежащий уход за ней [6].

Были сформированы три группы по 3 курицы с илеальной фистулой в каждой. Куры первой контрольной группы получали полнорационный комбикорм (ПК) с белковой добавкой растительного происхождения (дрожжи кормовые). Вторая опытная группа получала ПК с белковой добавкой «Рыбная мука». Третья опытная группа получала ПК с добавкой «Мясокостная мука». Контрольный и опытные рационы имели одинаковое содержание сырого протеина – 18%.

Учитывали следующие показатели:

- содержание общего кальция, фосфора и трипсина в моче;
- биохимические показатели крови кур-несушек.

Исследования проводились на полуавтоматическом биохимическом анализаторе HTI BioChem SA и на автоматическом биохимическом анализаторе BioChem FC-120 с использованием реактивов HTI Technology, активность трипсина изучалась по методу с использованием в качестве субстрата Na – benzoyl – DL – arginine4 – nitroanilide hydrochloride (BANI, BAPNA, США) [8, 9]. Весь цифровой материал обрабатывали методом вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение**  
**Results and discussion**

Благодаря фистульной методике моча была отделена от помета и исследовалась отдельно в течение суток. Результаты показали, что при введении белковых добавок животного происхождения количество мочи за сутки снижается на 55,29 и на 61,8% по сравнению с первой контрольной группой (табл. 1). Сравнение уровней концентрации кальция, фосфора и трипсина представлено на рисунке.

Таблица 1

**Количество мочи у кур-несушек и ее биохимические показатели**

Показатели		Группы		
		1 к	2 о	3о
Количество мочи сутки		76,78±8,64	34,33±10,07*	29,33±2,93*
кальций	Единица, ммоль/л	8,93±0,35	10,05±0,85	9,37±1,37
	Сутки, ммоль/мл	0,686±93,42	0,345±138,51	0,275±65,55*
фосфор	Единица, ммоль/л	3,03±0,58	1,40±0,59	1,05±0,24*
	Сутки, ммоль/мл	0,233±75,05	0,048±14,31	0,031±7,81
трипсин	Единица, ммоль/л	4,04±0,57	12,33±0,64*	5,78±1,32
	Сутки, ммоль/мл	0,310±22,78	0,423±12,16*	0,170±29,25*

\*Изменение показателя на достоверную величину по сравнению с контролем при p< 0,05.

Table 1

**Amount of urine in laying hens and its biochemical parameters**

Parameters		Groups		
		1 c	2 exp	3 exp
Amount of urine per day		76.78±8.64	34.33±10.07*	29.33±2.93*
calcium	Unit. mmol/l	8.93±0.35	10.05±0.85	9.37±1.37
	Days. mmol/ml	0.686±93.42	0.345±138.51	0.275±65.55*
phosphorus	Unit. mmol/l	3.03±0.58	1.40±0.59	1.05±0.24*
	Days. mmol/ml	0.233±75.05	0.048±14.31	0.031±7.81
trypsin	Unit. mmol/l	4.04±0.57	12.33±0.64*	5.78±1.32
	Days. mmol/ml	0.310±22.78	0.423±12.16*	0.170±29.25*

\*Change of the index by a significant value compared to the control group (1 c) at p<0.05.

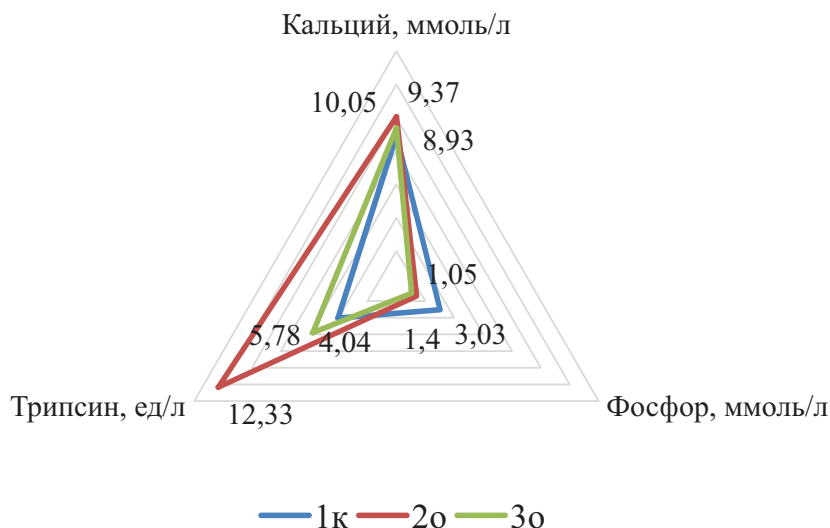


Рис. Содержание кальция, фосфора, ммоль/л, активность трипсина, ед/л

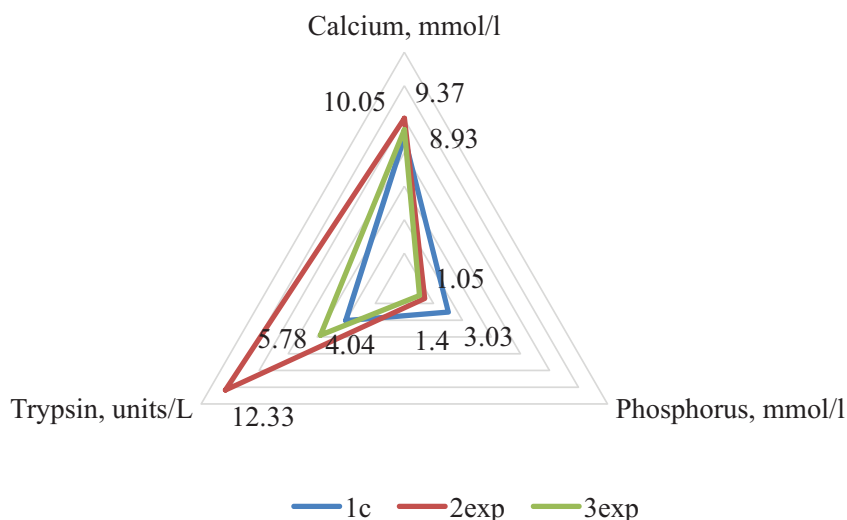


Fig. Content of calcium, phosphorus, mmol/L, trypsin activity, units/L

Количество кальция в единице объема существенно не изменилось. В общем объеме мочи изменения произошли в третьей опытной группе, где концентрация кальция уменьшилась на 59,92% в сравнении с контрольной группой.

Содержание фосфора значительно уменьшается при добавлении мясокостной муки на 65,35% по сравнению с первой контрольной группой.

Концентрация трипсина в единице объема мочи увеличивалась во второй опытной группе на 205,2%. Судя по увеличению трипсина во второй опытной группе, можно говорить о том, что протеин, полученный из рыбной муки, лучше усваивается в организме кур-несушек, что способствует его повышению активности в крови и излишки которого выводятся мочой. В суточном объеме мочи трипсин увеличивался во второй опытной группе на 36,36% и уменьшался в третьей опытной группе на 36,64%.

Определить физиологическое состояние птицы при использовании в их кормлении разных белковых добавок можно по результатам биохимического исследования крови (табл. 2).

Данные показали, что активность трипсина снижалась у кур при добавлении в корм мясокостной муки на 33,48% по сравнению с контролем. Активность амилазы повышалась у кур, получавших добавку «Рыбная мука», на 22,36%. У кур, получавших мясокостную муку, активность амилазы снижалась на 18,45% по сравнению с получавшими рыбную муку. Общий белок в сыворотке кур повышался при добавлении в рацион кур рыбной муки на 14%. Однако при добавлении мясокостной муки показатель общего белка снижался на 11,63% по сравнению со второй опытной группой. По уровню триглицеридов рацион с рыбной мукой повышается у кур первой и третьей групп на 81,36%. Наблюдается значительное увеличение активности щелочной фосфатазы при использовании в кормах белков животного происхождения (на 139,04 и 129,88%). Содержание кальция в крови кур снижается при использовании в рационе добавок животного происхождения: на 20,51% при добавлении рыбной муки, на 28,21% – при добавлении мясокостной муки в сравнении с контролем.

Таблица 2

## Биохимические показатели крови кур-несушек

Показатели	1к	2о	3о
Амилаза, ед/л	596,00±22,50	737,00±0,71*	601,00±33,5**
Глюкоза, ммоль/л	10,98±0,03	10,95±0,06	11,12±0,27
Общий белок, г/л	55,40±0,21	63,20±1,27*	55,85±0,32**
Триглицериды, ммоль/л	0,59±0,03	1,07±0,01*	0,58±0,05**
Холестерин, ммоль/л	3,50±0,35	3,50±0,35	3,50±0,35
Щелочная фосфатаза, ед/л	207,50±1,77	496,00±6,00*	477,00±10,00*
Кальций, ммоль/л	3,90±0,14	3,10±0,14*	2,80±0,28*
Фосфор, ммоль/л	1,67±0,08	1,56±0,02	1,65±0,16
Трипсин	108,67±8,09	114,83±12,16	72,29±4,19*

\*Изменение показателя на достоверную величину по сравнению с контролем при  $p < 0,05$ .

\*\*Изменение показателя на достоверную величину по сравнению со второй опытной группой при  $p < 0,05$ .

Table 2

## Blood biochemical parameters of laying hens

Parameters	1 c	2 exp	3 exp
Amylase, units/l	596.00±22.50	737.00±0.71*	601.00±33.5**
Glucose, mmol/l	10.98±0.03	10.95±0.06	11.12±0.27
Total protein, g/l	55.40±0.21	63.20±1.27*	55.85±0.32**
Triglycerides, mmol/l	0.59±0.03	1.07±0.01*	0.58±0.05**
Cholesterol, mmol/l	3.50±0.35	3.50±0.35	3.50±0.35
Alkaline phosphatase, units/l	207.50±1.77	496.00±6.00*	477.00±10.00*
Calcium, mmol/l	3.90±0.14	3.10±0.14*	2.80±0.28*
Phosphorus, mmol/l	1.67±0.08	1.56±0.02	1.65±0.16
Trypsin	108.67±8.09	114.83±12.16	72.29±4.19*

\* Change of the index by a significant value compared to the control group (1 c) at  $p < 0.05$ .

\*\* Change of the index by a significant value compared to the second experimental group (2 exp) at  $p < 0.05$ .

### Выводы Conclusions

При добавлении в рацион белков животного происхождения снижается количество выделяемой мочи в сутки на 55,29 и на 61,8%. При этом увеличивается выход трипсина с мочой, куда он поступает из крови. Самое высокое увеличение наблюдается в группе, получавшей добавку «Мясосточная

мука», где трипсин на 205,2% преобладает по сравнению с контрольной группой. Уменьшаются показатели кальция и фосфора. Трипсин в крови показывает существенное снижение в группе животных, в рационе которых была мясокостная мука. Активность амилазы и концентрация общего белка повышались в группе, получавшей рыбную муку. Концентрация кальция в сыворотке крови снижалась при добавлении белков животного происхождения.

### Список источников

1. Sung J.Y., Park C.S., Ragland D., González-Vega J.C. et al. Autoclaving time-related reduction in amino acid digestibility of poultry meal in broiler chickens and growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2024;102. <https://doi.org/10.1093/jas/skad415>

### References

1. Sung J.Y., Park C.S., Ragland D., González-Vega J.C. et al. Autoclaving time-related reduction in amino acid digestibility of poultry meal in broiler chickens and growing pigs. *Journal of Animal Science*. 2024;102. <https://doi.org/10.1093/jas/skad415>

2. Karimi Z., Torki M., Abdolmohammadi A. Effect of dietary roasted and autoclaved full-fat soybean on the performance of laying hens and egg quality traits. *Veterinary Medicine and Science*. 2022;8:1603-1610. <https://doi.org/10.1002/vms3.827>

3. Ashayerizadeh A., Jazi V., Rezvani M.R., Mohebodin H. et al. An investigation into the influence of fermented cottonseed meal on the productive performance, egg quality, and gut health in laying hens. *Poultry Science*. 2024;103(5):103574. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103574>

4. Heuel M., Sandrock C., Leiber F., Mathys A. et al. Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens / *Poultry Science*. 2021.100(4):101034. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>

5. Журавлев М.С. Стандартизированная илеальная усвояемость аминокислот белкового концентрата на основе личинок мух *Lucilia* spp. (Diptera: Calliphoridae) и его влияние на показатели крови у цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. Т. 55, № 6. С. 1233-1244. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1233rus>

6. El-Maaty H.A.A. Effects of ecofriendly synthesized calcium nanoparticles with biocompatible *Sargassum latifolium* algae extract supplementation on egg quality and scanning electron microscopy images of the eggshell of aged laying hens // *Poultry Science*. 2021. 100(2):675-684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.043>

7. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Свиткин В.С. Методы изучения кишечного пищеварения у сельскохозяйственной птицы // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2017. № 5. С. 25-27. EDN ZWIFAJ

8. Трухачев В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Техника и технологии в животноводстве: учебное пособие*. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2015. 404 с. EDN VNBCPH

9. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // *Ветеринария*. 2018. № 12. С. 51-54. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>

#### Сведения об авторах

**Светлана Игоревна Полина**, аспирант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: polina\_sveta.93@bk.ru

**Владимир Георгиевич Вертипрахов**, доктор биологических наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: vertiprahov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>

Статья поступила в редакцию 19.02.2024  
Одобрена после рецензирования 10.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

2. Karimi Z., Torki M., Abdolmohammadi A. Effect of dietary roasted and autoclaved full-fat soybean on the performance of laying hens and egg quality traits. *Veterinary Medicine and Science*. 2022;8:1603-1610. <https://doi.org/10.1002/vms3.827>

3. Ashayerizadeh A., Jazi V., Rezvani M.R., Mohebodin H. et al. An investigation into the influence of fermented cottonseed meal on the productive performance, egg quality, and gut health in laying hens. *Poultry Science*. 2024;103(5):103574. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103574>

4. Heuel M., Sandrock C., Leiber F., Mathys A. et al. Black soldier fly larvae meal and fat can completely replace soybean cake and oil in diets for laying hens / *Poultry Science*. 2021.100(4):101034. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101034>

5. Zhuravlev M.S., Vertiprahov V.G., Koshcheyeva M.V., Buryakov N.P. et al. The standardized ileal digestibility of amino acids from protein concentrate based on the larvae of common green bottle fly *Lucilia* spp. (Diptera: Calliphoridae) and its effects on the morphological and biochemical blood indices in broilers (*Gallus gallus* L.). *Agricultural Biology*. 2020;55(6):1233-1244. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.6.1233rus>

6. El-Maaty H.A.A. Effects of ecofriendly synthesized calcium nanoparticles with biocompatible *Sargassum latifolium* algae extract supplementation on egg quality and scanning electron microscopy images of the eggshell of aged laying hens. *Poultry Science*. 2021;100(2):675-684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.043>

7. Fisinin V.I., Vertiprahov V.G., Grozina A.A., Svitkin V.S. Methods of the intestinal digestion poultry studying. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2017;5:25-27. (In Russ.)

8. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsai D.I. *Technique and technology in animal husbandry: textbook*. Stavropol: AGRUS Publishing House, 2015: 404. (In Russ.)

9. Vertiprahov V.G., Grozina A.A. The estimation of pancreatic functionality in chicken using tryptic activity in blood serum. *VETERINARY MEDICINE*. 2018;12:51-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>

#### Information about the authors

**Svetlana I. Polina**, postgraduate student at the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: polina\_sveta.93@bk.ru

**Vladimir G. Vertiprahov**, Dsc (Bio), Professor, Acting Head of the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: vertiprahov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>

The article was submitted to the editorial office February 19, 2024  
Approved after reviewing March 10, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024

## БИОТЕХНОЛОГИЯ

Краткое сообщение

УДК 636.6: 636.087.7

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-94-97>



### Перспективы применения водных растений в кормах для сельскохозяйственной птицы

Владислав Казимирович Каменский, Асият Мухтаровна Абдуллаева

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Каменский Владислав Казимирович, [KamenskiyVK@yandex.ru](mailto:KamenskiyVK@yandex.ru)

#### Аннотация

Приведены данные об использовании в кормлении сельскохозяйственной птицы представителей высшей водной растительности (ВВР) – таких, как наядовые, в качестве альтернативного источника растительных белков. Использование нетрадиционного сырья способствует развитию иммунитета у птицы без необходимости применения антибиотиков, что является актуальным в контексте борьбы с антибиотикорезистентностью. Разработанный состав корма не только может существенно улучшить качество корма для сельскохозяйственной птицы, но и обеспечит потребителя качественными и безопасными продуктами. Результаты исследований могут быть перспективными для практики кормления птицы, способствуя устойчивому развитию птицеводства.

#### Ключевые слова

комбикорм, премикс, высшая водная растительность, птицеводство, безопасность, качество, применение водных растений в кормах

#### Для цитирования

Каменский В.К., Абдуллаева А.М. Анализ существующих биотехнологических разработок для применения в птицеводстве // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 94-97. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-94-97>

© Каменский В.К., Абдуллаева А.М., 2024

## BIOTECHNOLOGY

Short communication

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-94-97>



### Prospects for the use of aquatic plants in poultry feed

Vladislav K. Kamenskiy, Asiyat M. Abdullaeva

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH)

Corresponding author: Vladislav K. Kamenskiy; [KamenskiyVK@yandex.ru](mailto:KamenskiyVK@yandex.ru)

#### Abstract

The article presents the data on the use of higher aquatic vegetation (HAV), such as naiads, as an alternative source of plant proteins in poultry feeding. The use of non-traditional raw materials contributes to the development of immunity in poultry without the need for antibiotics, which is relevant in the context of combating antibiotic resistance. The developed feed composition can not only significantly improve the quality of poultry feed, but also provide consumers with high quality and safe products. The results of the research can be promising for poultry feeding practice and contribute to the sustainable development of poultry farming.

#### Keywords

compound feed, premix, higher aquatic vegetation, poultry farming, safety, quality, use of aquatic plants in feeds

#### Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests regarding the publication of this article.

#### For citation

Kamenskiy V.K., Abdullaeva A.M. Prospects for the use of aquatic plants in poultry feed. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):94-97. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-94-97>

Птицеводство в большинстве стран мира, в том числе в России, является одной из динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства, обеспечивая население доступными и диетическими продуктами питания животного происхождения. Немаловажную роль в этой системе играют корма и кормовые добавки, обеспечивающие организм птицы необходимыми питательными веществами. Одним из ключевых аспектов способа производства комбикормов для сельскохозяйственной птицы является контроль за качеством и составом сырья. Надлежащий выбор ингредиентов, их правильное хранение и обработка, а также соблюдение стандартов гигиены и качества – это неотъемлемые составляющие процесса производства комбикормов [9].

Витаминизированные комбикорма предназначены для обеспечения нормальной жизнедеятельности птицы в условиях повышенной или пониженной потребности в отдельных пищевых веществах и энергии. Подход к составлению рационов должен быть индивидуализированным, учитывающим все факторы, влияющие на организм.

На сегодняшний день отмечается возрастающее количество исследований по применению различных комплексных кормовых добавок, полученных с помощью современных технологий.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г. к одному из приоритетных направлений развития сельского хозяйства в РФ относится создание и внедрение до 2026 г. конкурентоспособных отечественных технологий производства высококачественных кормов и кормовых добавок для животных в соответствии с федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. (ФНТП) с целью импортозамещения и обеспечения населения достаточной продукцией животного происхождения. В связи с этим одним из основных путей улучшения полноценности и доступности комбикормов является поиск импортозамещающих дешевых кормов и кормовых добавок из нетрадиционного сырья с последующим их использованием в кормлении птицы.

Поиск новых источников белкового сырья, макро- и микроэлементов остается актуальной задачей в комбикормовой промышленности, важным также является обеспечение их полной безотходной переработки. Ассортимент традиционных ингредиентов для производства комбикормов довольно разнообразен. Он включает в себя различные источники белков – такие, как сухое молоко, ЗЦМ, кровь, мясокостная и рыбная мука, концентраты растительных белков. Также широко используются структурированные формы белков и комплексное сочетание белков животного и растительного происхождения. Однако каждый из этих ингредиентов имеет свои преимущества и недостатки, которые могут ограничивать их эффективное применение в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Важно отметить перспективность

использования нетрадиционных источников белка: отходы переработки морепродуктов, хлопчатник, люцерна, конские бобы (*V. faba*), различные белки микробного происхождения, а также представители высшей водной растительности (ВВР).

Высшие водные растения – такие, как телорез, рогоза, наядовые и осока, содержат разнообразные питательные вещества: протеин, углеводы, витамины и минеральные элементы. Использование высших водных растений в комбикормах способствует улучшению качества питания птицы и может быть полезным для развития устойчивого и эффективного птицеводства. Например, сено телореза содержит от 12 до 22% протеина, от 16 до 20% золы и различные минеральные вещества – такие, как кальций, железо, калий и фосфор. Муку из сена телореза можно добавлять в комбикорм для молодняка и маточного стада у птиц, что стимулирует иммунную систему птицы, повышает ее производительность и общее здоровье [3, 7].

Кормовые добавки могут включать в себя экстракты, порошки или сухие формы этих растений, которые добавляются в состав комбикорма для обогащения его питательными веществами, улучшения пищевой ценности корма.

Исследования в области альтернативных источников белка – таких, как ВВР, представляют собой значительный потенциал для дальнейшего усовершенствования полнорационных комбикормов. Интеграция их в состав премиксов предлагает возможность создания улучшенных рецептур комбикормов, которые могут способствовать повышению питательных характеристик и функциональных свойств кормовых смесей. Оптимизация кормового состава посредством введения компонентов, полученных из высших растений из семейства *Najas*, может способствовать улучшению производительности и общего благополучного состояния птицы.

Попытки применения высшей водной растительности в комбикормовой промышленности предпринимались еще в СССР, однако широкого использования они не нашли ввиду активного внедрения кормовых дрожжей и использования антибиотиков [1]. В настоящее время в этом направлении осуществляются работы в ФГБНУ ВНИИМЗ, где были проведены испытания премикса с иммуномодулирующими свойствами на основе гидролизованного торфа и телореза. Принимая во внимание этот факт, можно констатировать, что заготовка сырья из околородной и водной растительности с подобными свойствами может расширить спектр возможностей для комбикормовой промышленности [6].

К ВВР относится род наядовых (*Najadaceae*) в составе семейства водокрасовые (*Hydrocharitaceae*), который включает в себя 50 видов и имеет широкое распространение от Азии и Европы до Северной и Южной Америки. В России произрастает 8 видов данного растения, главным образом в бассейнах таких рек, как Волга, Дон и Ока, а также

на территории Западной Сибири. Стоит отметить, что некоторые виды занесены в Красную книгу областей, краев и республик (в том числе Республики Беларусь) благодаря тому, что находятся в отрыве от своего основного ареала обитания [2].

При наличии благоприятных условий среды представители рода наядовых способны быстро распространяться и образовывать плотные заросли. При этом сезонные изменения не оказывают влияния на скорость их роста и развития, что обусловлено высокой репродуктивной способностью и специфической адаптацией к водной среде наядовых.

По ботаническому описанию Najadaceae – однолетнее однодомное растение, произрастающее в воде. Листья с зубцами по краю немного изогнутые, шириной 0,5 мм, в длину достигают 1,5-2,5 см. Стебли длинные ветвистые (от 20 до 90 см). Цветки малозаметные, опыление подводное. Семена распространяются методами гидрохории и орнитохории.

Растут наядовые в прогреваемых пойменных озерах, реже – в заводях и чистых прудах. Наядовые чувствительны к загрязнению водной биоты поллютантами, поэтому их используют в качестве биоиндикаторов для экологического мониторинга с целью систематического учета. Кроме того, они участвуют в биологической аэрации воды, служат убежищем и местом нерестования для различных видов рыбы, а также поддерживают баланс, помогая предотвратить резкие колебания уровней аммиака и органических веществ [3, 7, 10].

Представителей высших растений из семейства Najas относят к водным растениям с доказанной аллелопатией, то есть они представляют собой малоисследованный источник потенциально ценных антибиотических соединений. Например, фитомедицинскими исследованиями установлено, что водные и этилацетатные экстракты Najas оказывают воздействие на патогенные микроорганизмы, а также они содержат высокие концентрации фенолов, флавоноидов и дубильных веществ [8, 10].

Наиболее ценным сырьем являются различные части растения (листья, цветки с соцветиями, стебель), содержащие биологически активные вещества. Количество этих веществ в растениях меняется в различные фазы вегетации. По химическому составу семейство водокрасовые близко к клеверному селу. Содержание в них сырого протеина составляет от 12 до 22%, золы – от 16 до 20%. В их состав входят минеральные вещества: кальций (4%), железо (2,27%), марганец (0,32%), сера (0,33%), калий (0,63%), фосфор (0,27%), натрий (0,11%),

йод (0,07%), кремний (0,44%), хлор (0,23%) [10]. Поэтому использование в рационе птицы экологически безопасных кормовых добавок природного происхождения, модифицированных с помощью современных технологий для птицеводства, является жизненно необходимым аспектом.

В настоящее время основным источником получения растительного сырья служат дикорастущие растения. Однако в связи с интенсификацией эксплуатационных ресурсов на повестку дня встают вопросы их рационального, бережного использования и воспроизведения. С учетом этого факта и сложности добычи нами разработан способ промышленного возделывания в установке замкнутого водоснабжения при совместном выращивании с рыбой методом аквапоники, когда с 1 га водного зеркала можно получить 60-100 т сырой массы.

Заготовка сырья включает в себя ряд операций: сбор сырья, сушка, приведение сырья в стандартное состояние, упаковка, маркировка, хранение и транспортировка. Для дальнейшей разработки полнорационных кормов лечебного и лечебно-профилактического кормления для сельскохозяйственной птицы одной из ключевых задач является выявление механизмов действия биологически активных соединений компонентов в составе, которые могут оказывать лечебное или протекторное действие на организм.

Использование антибиотических свойств корма, полученного из Najas, для производства премиксов и комбикормов может способствовать улучшению здоровья и производительности сельскохозяйственных животных и птицы, а также снижению заболеваемости. Потенциальное применение предлагаемого премикса в составе комбикормов представляет собой важный шаг в развитии инновационных и эффективных методов в животноводстве и аквакультуре.

В исследованиях охарактеризован потенциал разработки нового лечебно-профилактического комбикорма, который обеспечивает необходимые макро- и микроэлементы для оптимального роста различных возрастных групп сельскохозяйственной птицы с учетом их биологических особенностей. Анализ биологических особенностей птиц позволил определить оптимальный состав комбикорма, который способствует улучшению их здоровья и повышению производительности. Предложения по составу комбикорма, основанные на изучении питательных потребностей птиц разных возрастных категорий, могут послужить основой для развития эффективных стратегий кормления и улучшения условий содержания птиц в сельском хозяйстве.

#### Список источников

1. Глухих М.А. *Технология хранения и переработки зерна и семян*: Учебное пособие для СПО. Москва: Издательство «Лань», 2024. 120 с.
2. Саксонов С.В., Сенатор С.А. *Красная книга Самарской области. Т. 1. Изд. 2-е, перераб. и доп.* Самара: Изд-во СГОАН, 2017. 380 с.

#### References

1. Glukhikh M.A. *Technology of storage and processing of grain and seeds*: textbook for vocational education. Moscow, Russia: Izdatel'stvo "Lan", 2024:120. (In Russ.)
2. Saksonov S.V., Senator S.A. *The Red Book of the Samara region: in 2 vols. 2<sup>nd</sup> edition, rev. and add.* Samara, Russia: Izd-vo SGOAN, 2017:380. (In Russ.)



3. Шанцер И.А. *Растения средней полосы Европейской России: полевой атлас. 3-е изд.* Москва: Товарищество научных издания КМК, 2009. 471 с. EDN QKSMMV

4. Абдуллаева А.М. Оценка уровня контаминации при ретроспективном анализе мяса птицы и птицепродукции // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2020. № 6 (86). С. 232-236. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>

5. Абдуллаева А.М., Блинкова Л.П., Уша Б.В., Валтова Р.К. и др. Микробиологический мониторинг контаминации птицепродуктов // *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии.* 2020. № 3 (35). С. 291-303. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202003003>

6. Рабинович Г.Ю., Васильева Е.А. Создание нового премикса с иммуностимулирующими свойствами // *Птицеводство.* 2019. № 2. С. 34-36. <https://doi.org/10.24411/9999-007A-2019-10020>

7. Чаус Б.Ю. Возможности использования высшей водной растительности в системе экологического мониторинга качества воды реки Белая (Республика Башкортостан) в районе города Стерлитамак // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2023. № 6 (132). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.90>

8. Topuzovic M.D., Radojevic I.D., Dekic M.S., Radulovic N.S. et al. Phytomedical investigation of *Najas minor* All. in the view of the chemical constituents. *EXCLI Journal.* 2015;14:496-503. <https://doi.org/10.17179/excli2014-662>

9. Патент на изобретение RU2735267 C1 (Российская Федерация): № 2019144321. Способ производства комбикормов для сельскохозяйственных животных / Егорова С.В., Кулаков В.Г., Каменский В.К. и др., 2020.

10. *Najas* // *Плانتариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: Открытый онлайн-атлас и определитель растений.* URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/24781.html> (дата обращения: 28.02.2024)

3. Shantzer I.A. *Plants of the middle zone of European Russia.* – 3d ed. Moscow, Russia: Tovarithchestvo nauchnykh izdaniya KMK, 2009:471. (In Russ.)

4. Abdullaeva A.M. Assessment of the level of contamination in a retrospective analysis of poultry meat and poultry products. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2020;6(86):232-236. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>

5. Abdullaeva A.M., Blinkova L.P., Usha B.V., Valitova R.K. et al. Microbiological monitoring of contamination of poultry products. *Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology.* 2020;3(35):291-303. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202003003>

6. Rabinovich G.Yu., Vasil'eva E.A. Development of a new premix with immunostimulating properties. *Ptitsevodstvo.* 2019;2:34-36. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/9999-007A-2019-10020>

7. Chau B.Yu. Possibilities of using higher aquatic vegetation in the system of ecological monitoring of the water quality of the Belaya River (Republic of Bashkortostan) near the city of Sterlitamak. *International Research Journal.* 2023;6(132). (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.90>

8. Topuzovic M.D., Radojevic I.D., Dekic M.S., Radulovic N.S. et al. Phytomedical investigation of *Najas minor* All. in the view of the chemical constituents. *EXCLI Journal.* 2015;14:496-503. <https://doi.org/10.17179/excli2014-662>

9. Patent RU2735267 C1 (Russian Federation): No. 2019144321. Method of production of compound feeds for farm animals. Egorova S.V., Kulakov V.G., Kamenskiy V.K. et al., 2020. (In Russ.)

10. *Najas*. *Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and plant determinant.* (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/24781.html> (accessed: February 28, 2024)

#### Сведения об авторах

**Владислав Казимирович Каменский, аспирант,** Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ); 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, д. 33; e-mail: KamenskiyVK@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8465-1502>

**Асият Мухтаровна Абдуллаева,** доктор биологических наук, заведующий кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы и биологической безопасности, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ); 109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, д. 33; e-mail: AbdullaevaAM@mgupp.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1900-2121>

Статья поступила в редакцию 10.02.2024  
Одобрена после рецензирования 11.03.2024  
Принята к публикации 20.03.2024

#### Information about the authors

**Vladislav K. Kamenskiy,** postgraduate student, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (33 Talalikhina St., Moscow, 109316, Russian Federation); e-mail: KamenskiyVK@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8465-1502>

**Asiyat M. Abdullaeva,** DSc (Bio), Head of the Department, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (33 Talalikhina St., Moscow, 109316, Russian Federation); e-mail: AbdullaevaAM@mgupp.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1900-2121>

The article was submitted to the editorial office February 10, 2024  
Approved after reviewing March 11, 2024  
Accepted for publication March 20, 2024

**ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ /**  
**ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY**

**ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

Оригинальная научная статья

УДК 636.1: 636.082: 591.463.15

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

**Физиологические особенности резистентности спермы жеребцов  
к охлаждению с разным антигенным профилем эритроцитов**

**Александр Владимирович Ткачев<sup>1,2</sup>, Ольга Леонидовна Ткачева<sup>1</sup>,  
Алина Вадимовна Петряева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку: Александр Владимирович Ткачев: [alex.tkachev@rgau-msha.ru](mailto:alex.tkachev@rgau-msha.ru)**

**Аннотация**

В статье показаны физиологические особенности жизнеспособности спермы жеребцов при температуре 2-5°C с разными антигенными особенностями по системам групп крови. Показано, что при наличии антигенов *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/dk*, *cgm/d*, *dg/di* на эритроцитах D-системы наблюдалась жизнеспособность спермиев не более 50 ч при 2-5°C. Средняя резистентность сперматозоидов к охлаждению в виде их жизнеспособности спермиев 50-75 ч при 2-5°C была установлена у носителей антигенов *ceg/cgm*, *ad/de*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *bcm/dg*, *ad/d*, *ceg/dg*, *bcm/cgm*, *bcm/de*, *ceg/d*, *de/cgm*, *ceg/dk*, *dk/d*, *de/d*, *de/dk*, *cgm/dg*, *dk/de*. Высокая устойчивость спермиев к охлаждению до 2-5°C в виде жизнеспособности более 75 ч была установлена у лошадей-носителей антигенов *bcm/d*, *bcm/dk*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *dk/dk* D-группы крови. В случае наследования подопытными лошадьми *a/-* антигена K-системы жизнеспособность спермиев увеличилась на 7,24 ч ( $P < 0,05$ ), а абсолютная жизнеспособность – на 24,18 усл. ед. ( $P < 0,05$ ) по сравнению с отсутствием антигенов этой системы. Отсутствие *-/-* антигенов на плазмолемме эритроцитов по C-группе крови ассоциируется с повышением ( $P < 0,05$ ) жизнеспособности на 10,21 ч и абсолютной выживаемости сперматозоидов на 30,29 усл. ед. относительно эякулятов жеребцов, у которых есть *a/-* антиген этой эритроцитарной системы. Отсутствие у жеребцов антигенов на поверхности мембран эритроцитов по A-системе *-/-* или наличие *a/-* антигена сопровождаются повышением резистентности эякулятов к охлаждению на 14 ч ( $P < 0,05$ ) по сравнению с контролем. При этом абсолютная выживаемость сперматозоидов выше ( $P < 0,01$ ) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. Наследование жеребцами *ad/-* антигена сопровождается большей устойчивостью спермиев к охлаждению по сравнению с контролем лишь на 9,63 ч ( $P < 0,05$ ) и меньшей резистентностью по сравнению с *a/-* и *-/-* на 5 ч. Практическое применение полученных данных заключается в том, что появляется возможность прогнозировать сроки хранения свежеразбавленной охлажденной спермы перед искусственным осеменением. Это особенно важно при длительной транспортировке спермодоз.

**Ключевые слова**

резистентность спермы жеребцов к охлаждению, физиологические особенности спермы, охлаждение спермы, антигенная структура эритроцитов, группы крови, лошади, жеребцы

**Для цитирования**

Ткачев А.В., Ткачева О.Л., Петряева А.В. Физиологические особенности резистентности спермы жеребцов к охлаждению с разным антигенным профилем эритроцитов // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 98-105. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

## Physiological features of semen resistance of stallions to cooling with different antigenic profile of erythrocytes

Aleksandr V. Tkachev<sup>1,2</sup>, Olga L. Tkacheva<sup>1</sup>, Alina V. Petryaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Aleksandr V. Tkachev; [alex.tkachev@rgau-msha.ru](mailto:alex.tkachev@rgau-msha.ru)

### Abstract

The article shows the physiological features of the survival ability of stallion semen at a temperature of 2 to 5°C with different antigenic features according to blood group systems. It was shown that in the presence of the antigens *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/dk*, *cgm/d*, *dg/di* on D system erythrocytes, the semen survival ability at 2 to 5°C was observed for a maximum of 50 hours. The carriers of the antigens *cegm/cgm*, *ad/de*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *bcm/dg*, *ad/d*, *cegm/dg*, *bcm/cgm*, *bcm/de*, *cegm/d*, *de/cgm*, *cegm/dk*, *dk/d*, *de/d*, *de/dk*, *cgm/dg*, *dk/de* antigens have obtained a medium sperm resistance to cooling with a semen survival time of 50 to 75 hours. Stallions with the antigens *bcm/d*, *bcm/dk*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *dk/dk* of the D blood group showed a high semen resistance to cooling at 2 to 5°C in the form of a survival time of more than 75 hours. When the experimental stallions inherited the *a/-* antigen of the K system, the semen survival ability was increased by 7.24 h ( $P < 0.05$ ) and the absolute survival ability by 24.18 standard units ( $P < 0.05$ ) compared to the absence of this system antigen. The absence of *-/-* erythrocytic antigens of the C blood group is associated with an increase ( $P < 0.05$ ) of 10.21 h in the survival ability and 30.29 standard units in the absolute semen survival ability compared to ejaculates from stallions with the *a/-* antigen of this erythrocytic system. The absence of the *-/-* antigen of the A system in stallions and the presence of the *a/-* antigen are followed by an increase in ejaculate resistance to cooling by 14 h ( $P < 0.05$ ) as compared to the control. At the same time, the absolute semen survival ability is 38.69 and 45.94 standard units higher than the control values ( $P < 0.01$ ). Inheritance by stallions of the *ad/-* antigen by stallions was followed by a higher semen resistance to cooling as compared to the control by only 9.63 h ( $P < 0.05$ ) and a lower resistance compared to *a/-* and *-/-* by 5 h. The practical application of the data obtained is that it becomes possible to predict the shelf life of freshly dissolved cooled semen before artificial insemination, which is especially important for long transport of semen doses.

### Keywords

semen resistance of stallions to cooling, physiological characteristics of semen, cooling of semen, erythrocytic antigens, blood group systems, horses, stallions

### For citation

Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Petryaeva A.V. Physiological features of semen resistance of stallions to cooling with different antigenic profile of erythrocytes. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):98-105. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

## Введение Introduction

Наиболее распространенным практическим методом биотехнологии воспроизводства лошадей в мире является искусственное осеменение свежеразбавленной охлажденной или замороженной спермой. Несмотря на все преимущества замороженно-оттаянной спермы при осеменении кобыл шире применяют свежеразбавленную охлажденную сперму. Поэтому повышение физиологических характеристик спермы жеребцов и поиск новых научно-обоснованных способов прогнозирования устойчивости спермы к охлаждению являются перспективным направлением исследований в физиологии репродукции лошадей [1-2].

Важнейшим фактором успеха при осеменении являются физиологические характеристики

спермы. Доказано, что показатели эякулятов зависят от большого количества внешних и внутренних факторов: условий содержания, качества кормления, гормонального профиля, бактериальной и микробиотической контаминации эякулята, абсолютного количества колониеобразующих единиц *Escherichia coli*, цитогенетических особенностей, сезона года, породы и возраста жеребцов [3].

Неблагоприятные факторы внешней среды могут отрицательно влиять на гормональную функцию половых желез лошадей и дифференцировку половых клеток, созревание сперматозоидов, а также на функциональное состояние придаточных половых желез.

Эффективность охлаждения и последующего замораживания спермы также зависит от технологических факторов: устройства искусственной вагины, скоростей охлаждения, состава разбавителей,

формы и объема сперматозоидов. Перед криоконсервированием спермы ее необходимо охладить до температуры 2-5°C, выдержать при этой температуре во избежание «температурного шока» половых клеток и только потом замораживать. Большинство спермиев погибает именно при температуре 2-5°C в результате «температурного шока» и просто не доживает до процесса криоконсервирования. Поэтому крайне важно изучать факторы, которые могут способствовать повышению устойчивости спермиев к «температурному шоку» от околонулевых температур. Главный фактор резистентности спермиев к этапу охлаждения хорошо известен: желток куриного яйца или другие компоненты разбавителей для спермы. Состав разбавителя – это важный, но все же внешний фактор, который достаточно хорошо изучен [4-6].

Наименее изученный фактор, от которого может зависеть физиологическая резистентность спермы к охлаждению, – это иммуногенетические особенности организма лошадей. В мире увеличивается количество исследований по выявлению взаимосвязей групп крови животных с хозяйственно-полезными признаками. Экспериментальные данные исследователей Всероссийского НИИ коневодства доказали, что от иммуногенетических маркеров зависит фертильность кобыл при естественной случке, однако они не изучали резистентность спермы жеребцов к охлаждению в зависимости от набора антигенов на поверхности эритроцитов. Ассоциированная связь антигенного профиля плазмолеммы красных клеток крови с физиологическими характеристиками эякулятов после замораживания-оттаивания практически не изучается несмотря на то, что еще в середине XX в. она была доказана по отношению к фертильному потенциалу лошадей [7-12].

Нашими предыдущими исследованиями показана ассоциированная связь антигенных характеристик мембраны эритроцитов жеребцов с физиологическими показателями нативной спермы и ее криорезистентностью [4-6]. Поэтому в данных исследованиях мы сопоставили антигенные особенности по D-, A-, C- и K-эритроцитарным системам крови лошадей с резистентностью их спермы к охлаждению до 2-5°C.

**Цель исследований:** установить физиологические особенности жизнеспособности спермы жеребцов при 2-5°C с разным антигенным профилем эритроцитов.

### Методика исследований

#### Research method

Исследования выполняли с 2010 г. Эякуляты получали от 70 племенных жеребцов-производителей 9 пород (арабская, чистокровная верховая, украинская верховая, ганноверская, бельгийская,

траккененская, вестфальская, русская (призовая) рысистая и орловская рысистая). Было получено 1676 эякулятов, которые разбавлялись и охлаждались до 2-5°C. Контролем служили животные сопоставимого возраста и породы, о эритроцитарных антигенах которых нам ничего не было известно. Разбавление свежеполученных эякулятов лошадей выполняли стандартизированным разбавителем ЛХЦЖ (лактозо-хелато-цитратно-желточным), который разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом коневодства. Получение эякулятов от каждого производителя выполняли 2 раза в неделю на стерильную искусственную вагину собственной разработки по разработанной нами технологии и общепринятыми методиками [4-6] определяли жизнеспособность спермиев при температуре 2-5°C (ч) и абсолютную жизнеспособность сперматозоидов (усл. ед.). Жизнеспособность половых клеток жеребцов определяли до момента снижения их активности до 0,5 балла (до 5% сперматозоидов с прямолинейным движением) визуально в световом микроскопе Jena-val («Carl Zeiss», Германия) при увеличении объектива  $\times 10-20$  и отмеряли время жизнеспособности половых клеток при 2-5°C.

Физиологические особенности охлажденной спермы анализировали в разрезе эритроцитарных систем групп крови (D, A, C и K) в лаборатории генетики ООО НИЦ Черкизово Московской области. Для этого применяли реакцию прямой агглютинации (РА). Сыворотки-реагенты Db, Dc, Dd, De, Dg, Dk, Aa, Ad, Ca, Da, Ka были изготовлены нами по общепринятым методикам в лаборатории генетики и верифицированы международными стандартными реагентами ISAG.

Статистический анализ полученных данных проводили по t-критерию Стьюдента с использованием специализированного пакета прикладных программ SPSS for Windows («IBM», USA).

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

Экспериментальные данные установления особенностей устойчивости спермы жеребцов к охлаждению до 2-5°C в зависимости от особенностей профиля антигенов по D-системе были сведены к тому, что низкая физиологическая резистентность спермы лошадей к охлаждению (менее 50 ч выживаемости при 2-5°C) получена при наличии у обследованных производителей эритроцитарных антигенов *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/d*, *cgm/dk*, *dg/di* по D-группе, что было меньше ( $P < 0,05-0,001$ ) относительно контроля, средней и высокой резистентности эякулятов. Средняя устойчивость спермы жеребцов-производителей к температурному шоку (50-75 ч при 2-5°C) была получена при наличии антигенов *bcm/cgm*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *ad/d*,

*ad/de, cegm/cgm, cegm/d, bcm/de, bcm/dg, de/cgm, de/d, de/dk, cegm/dg, cegm/dk, cgm/dg, dk/d, dk/de.* Наличие антигенов *bcm/d, dg/cgm, bcm/dk, cgm/de, ad/cgm, dg/dk, dk/dk* на мембранах эритроцитов по D-группе ассоциировалось с получением достоверно ( $P < 0,01-0,001$ ) высшей (более 75 ч при 2-5°C) физиологической резистентности сперматозоидов жеребцов к охлаждению после разбавления. Полученные данные в целом согласуются с проведенными ранее исследованиями по установлению ассоциированности антигенных особенностей спермы жеребцов с физиологическими показателями нативной и деконсервированной спермы (30-31), однако определяют физиологические особенности жизнеспособности эякулятов после охлаждения.

Установлено, что статистическая степень влияния антигенов мембран эритроцитов жеребцов по D-группе на резистентность спермы к охлаждению до 2-5°C составляет 23,6% ( $P < 0,01$ ), на абсолютную жизнеспособность – 24,9% ( $P < 0,05$ ). Полученные данные впервые доказывают наличие зависимости показателей охлажденной спермы жеребцов от аллелей эритроцитарных антигенов D-системы.

Полученные результаты анализа резистентности спермы лошадей к охлаждению до 2-5°C в зависимости от наличия антигенов на поверхности плазмолеммы красных клеток крови по A-системе представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Резистентность спермы жеребцов к охлаждению  
с разными антигенами системы группы крови А (ЕА А) ( $M \pm m, n = 1676$ )**

Эритроцитарные антигены А-системы крови	Число проб	Жизнеспособность спермиев	
		при 2-5°C, ч	абсолютная, усл. ед.
-/-	121	69,17 ± 2,05*	171,25 ± 4,88**
a/-	8	69,5 ± 4,53*	178,5 ± 4,18**
ad/-	1242	64,82 ± 0,79*	161,12 ± 2,13**
Контроль			
Не определяли	305	55,19 ± 1,45	132,56 ± 3,63

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$  в сравнении с контролем.

Table 1

**Semen resistance to cooling of stallions with different antigens  
of the A blood group system (EA A) ( $M \pm m, n = 1676$ )**

Erythrocyte antigens of the A blood group system	Number of samples	Semen survival ability	
		at 2-5°C, h	absolute, standard units
-/-	121	69.17 ± 2.05*	171.25 ± 4.88**
a/-	8	69.5 ± 4.53*	178.5 ± 4.18**
ad/-	1242	64.82 ± 0.79*	161.12 ± 2.13**
Control			
not defined	305	55.19 ± 1.45	132.56 ± 3.63

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ , \*\*\* $P < 0.001$  compared to the control.

Анализируя полученные данные таблицы 1, можно заключить, что отсутствие на мембранах эритроцитов антигенов А-системы -/- или наличие a/- антигена ассоциируются с достоверным повышением резистентности эякулятов к охлаждению на 14 ч ( $P < 0,05$ ) по сравнению с контролем. При этом абсолютная жизнеспособность выше ( $P < 0,01$ ) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. В случае наличия у жеребцов-производителей ad/- антигена отмечена ассоциированность с лучшей устойчивостью спермиев к охлаждению по сравнению с контролем на 9,63 ч ( $P < 0,05$ ) и меньшей резистентностью по сравнению с a/- и -/- на 5 ч. При этом абсолютная жизнеспособность превосходит контрольных лошадей на 28,56 усл. ед. ( $P < 0,01$ ) и уступает аллельным вариантам -/- и a/- на 10,13 и 17,38 усл. ед.

С помощью статистического анализа установлено, что степень влияния антигенов плазмолеммы эритроцитов по А-системе крови на резистентность сперматозоидов к охлаждению составляет лишь 2,2% ( $P < 0,05$ ), а на абсолютную жизнеспособность – 2,6% ( $P < 0,05$ ). Это на порядок ниже степени влияния особенностей антигенной структуры по D-группе антигенов на устойчивость спермиев к охлаждению.

Проведен анализ резистентности половых клеток жеребцов к температурному шоку при охлаждении до 2-5°C в зависимости от особенностей антигенной структуры плазмолеммы красных клеток крови по С-системе (табл. 2).

Таким образом, данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в случае отсутствия -/- эритроцитарных антигенов мембран по С-системе наблюдали

Таблица 2

**Резистентность спермы жеребцов к охлаждению с разными антигенами системы группы крови С (ЕА С) ( $M \pm m$ ,  $n = 1676$ )**

Эритроцитарные антигены С-системы крови	Число проб	Жизнеспособность спермиев	
		при 2-5°C, ч	абсолютная, усл. ед.
-/-	1106	67,21 $\pm$ 0,81*	167,97 $\pm$ 2,12*
a/-	265	57,00 $\pm$ 1,79	137,68 $\pm$ 4,84
Контроль			
Не определяли	305	55,20 $\pm$ 1,44	132,60 $\pm$ 3,62

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$  в сравнении с контролем.

Table 2

**Semen resistance to cooling of stallions with different antigens of the C blood group system (EA C) ( $M \pm m$ ,  $n = 1676$ )**

Erythrocyte antigens of the C blood group system	Number of samples	Semen survival ability	
		at 2-5°C, h	absolute, standard units
-/-	1106	67.21 $\pm$ 0.81*	167.97 $\pm$ 2.12*
a/-	265	57.00 $\pm$ 1.79	137.68 $\pm$ 4.84
Control			
not defined	305	55.20 $\pm$ 1.44	132.60 $\pm$ 3.62

\* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$  compared to the control.

достоверную ( $P < 0,05$ ) ассоциированность с повышением выживаемости на 10,21 ч и абсолютного показателя выживаемости спермиев на 30,29 усл. ед. по сравнению со спермой жеребцов-производителей, у которых только *a/-* антиген. Физиологические характеристики спермы производителей после разбавления и последующего охлаждения у контрольных животных практически не отличались от жеребцов с *a/-* антигеном на поверхности эритроцитов.

Статистический анализ свидетельствует о том, что степень влияния особенностей антигенной структуры мембран эритроцитов по С-группе на жизнеспособность эякулятов жеребцов после охлаждения до 2-5°C составляет 3,8% ( $P < 0,05$ ), на абсолютную жизнеспособность – 4,7% ( $P < 0,05$ ).

Следующим этапом исследований было установление ассоциированности иммуногенетических особенностей по К-системе антигенов мембран эритроцитов с физиологическими показателями спермы жеребцов после разбавления и охлаждения до 2-5°C.

Обобщение полученных данных позволяет утверждать, что в случае наследования подопытными лошадьми *a/-* антигена жизнеспособность спермиев увеличилась на 7,24 ч ( $P < 0,05$ ) в сравнении с отсутствием антигенов на мембранах эритроцитов по этой системе ( $64,26 \pm 0,82$  ч;  $n = 1186$ ). Абсолютная жизнеспособность сперматозоидов также была наибольшей ( $183,03 \pm 3,76$  усл. ед.,  $n = 185$ ), на 24,18 усл. ед. больше ( $P < 0,05$ ) в сравнении с отсутствием этой системы группы крови. При этом статистический анализ показал, что степень влияния антигенов мембран эритроцитов по К-системе на жизнеспособность сперматозоидов после разбавления-охлаждения составляет 2,7% ( $P < 0,05$ ), на абсолютную жизнеспособность половых клеток жеребцов-производителей – 3,5% ( $P < 0,05$ ).

Полученные данные впервые свидетельствуют о наличии определенной ассоциированности физиологической устойчивости спермы жеребцов-производителей к охлаждению в зависимости от особенностей антигенной структуры мембран эритроцитов и по К-системе. Это подтверждают данные других исследователей о необходимости проведения исследований ассоциированности иммуногенетических особенностей с репродуктивной функцией животных (17-18), хотя ассоциированность с показателями свежеполученной и деконсервированной спермы уже была изучена ранее (30-31).

## Выводы Conclusions

Установлено, что наличие у обследованных лошадей антигенов на мембранах эритроцитов по D-системе *ad/dk*, *cgm/ceg*, *cgm/d*, *cgm/dk*, *dg/di* ассоциировалось с получением низкой резистентности спермиев к охлаждению, что выражалось в их жизнеспособности не более 50 ч. Получение средней резистентности сперматозоидов к охлаждению в виде жизнеспособности от 50 до 75 ч при 2-5°C было у носителей антигенов *cegm/dk*, *cgm/dg*, *ad/bcm*, *ad/d*, *ad/de*, *bcm/cgm*, *cegm/cgm*, *cegm/d*, *cgm/cgm*, *bcm/de*, *bcm/dg*, *cegm/dg*, *de/cgm*, *de/d*, *de/dk*, *dk/d*, *dk/de*. Высокая устойчивость сперматозоидов жеребцов-производителей к охлаждению до 2-5°C в виде жизнеспособности более 75 ч ассоциировалась с наличием антигенов *bcm/d*, *bcm/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *dk/dk* на поверхности эритроцитов.

Обнаружение у лошадей *a/-* антигена К-системы ассоциировалось с увеличением жизнеспособности спермиев на 7,24 ч ( $P < 0,05$ ), а абсолютная жизнеспособность – на 24,18 усл. ед. ( $P < 0,05$ ) по сравнению с отсутствием антигенов этой системы. Отсутствие *-/-* на поверхности мембран эритроцитов антигенов системы С ассоциировалось с повышением ( $P < 0,05$ ) жизнеспособности на 10,21 ч и абсолютной жизнеспособностью сперматозоидов на 30,29 усл. ед. по сравнению со спермой жеребцов, у которых есть *a/-* антиген. Отсутствие антигенов на поверхности мембран эритроцитов по А-системе *-/-* или наличие *a/-* антигена ассоциировались с повышением физиологической резистентности эякулятов лошадей к охлаждению на 14 ч ( $P < 0,05$ ) относительно контроля. При этом абсолютная жизнеспособность сперматозоидов выше ( $P < 0,01$ ) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. Если обследованные жеребцы-производители характеризовались наличием *ad/-* антигена, то наблюдалась ассоциированность с высокой физиологической устойчивостью спермиев к охлаждению до 2-5°C по сравнению с контролем на 9,63 ч ( $P < 0,05$ ) и меньшей резистентностью по сравнению с *a/-* и *-/-* на 5 ч. Практическое применение полученных данных заключается в том, что появляется возможность прогнозировать сроки хранения свежеразбавленной охлажденной спермы перед искусственным осеменением. Это особенно важно при длительной транспортировке спермодоз.

## Список источников

## References

1. Лебедева Л.Ф., Атрошенко М.М., Бурмистрова С.А. Основные факторы, влияющие на результативность осеменения кобыл спермой, криоконсервированной по российским и зарубежным технологиям // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50, № 4. С. 476-485. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.476rus>
2. Атрошенко М.М., Калашников В.В., Брагина Е.Е., Зайцев А.М. Сравнительное изучение ультраструктуры сперматозоидов в эпидидимальной, эякулированной и криоконсервированной сперме жеребцов // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 2. С. 274-281. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.274rus>
3. Багиров В.А., Калашников В.В., Зайцев А.М., Атрошенко М.М. и др. Репродуктивная функция жеребцов чистокровной арабской породы в зависимости от элементного статуса, оцененного по составу волоса из гривы // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 6. С. 1184-1193. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1184rus>
4. Tkachev A.V., Sheremeta V.I., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Physiological relationship of erythrocyte antigens with indicators of horse spermogram. *Fiziolohichnyĭ Zhurnal*. 2017;63(1):84-90. <https://doi.org/10.15407/fz63.01.084>
5. Ткачѐв А.В., Ткачѐва О.Л., Россоха В.И. Ассоциированность эритроцитарных антигенов с характеристиками спермы жеребцов после криоконсервирования // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 4. С. 735-742. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.735rus>
6. Ткачѐв А.В., Ткачѐва О.Л., Россоха В.И. Цитогенетический статус кобыл украинской верховой породы в связи с оплодотворяемостью // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 2. С. 302-308. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.302rus>
7. Monteiro G.A., Guasti P.N., Hartwig F.P., Dellaqua J.A.Jr., Alvarenga M.A., Papa F.O. Cooling of ejaculated and epididymal stallion sperm. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 2013;65(3):681-686. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300010>
8. LeãoFreitas M., Bouéres C., Pignataro T., Gonçalves de Oliveira F., Oliveira Viu M., Oliveira R. Quality of fresh, cooled, and frozen semen from stallions supplemented with antioxidants and fatty acids. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2016;46:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.07.003>
9. Stradaoli G., Sylla L., Zelli R., Chiodi P., Monaci M. Effect of L-carnitine administration on the seminal characteristics of oligoasthenospermic stallions. *Theriogenology*. 2004;62:761-777. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.11.018>
10. Arruda R.P., Silva D.F., Alonso M.A., Andrade A.F.C., Nascimento J., Gallego A.M. Nutraceuticals in reproduction of bulls and stallions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010;39:393-400. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300043>
1. Lebedeva L.F., Atroshchenko M.M., Burmistrova S.A. Main factors affecting mare insemination with cryopreserved domestic and foreign sperm. *Agricultural Biology*. 2015;50(4):476-485. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.476eng>
2. Atroshchenko M.M., Kalashnikov V.V., Bragina Ye.Ye., Zaitsev A.M. Comparative study of the structural integrity of spermatozoa in epididymal, ejaculated and cryopreserved semen of stallions. *Agricultural Biology*. 2017;52(2):274-281. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.274eng>
3. Bagirov V.A., Kalaschnikov V.V., Zaitsev A.M., Atroshchenko M.M., Miroshnikov S.A., Zavialov O.A., Frolov A.N. Reproductive function in purebred Arabian stallions as related to the levels of chemical elements in mane hair samples. *Agricultural Biology*. 2017;52(6):1184-1193. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1184eng>
4. Tkachev A.V., Sheremeta V.I., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Physiological relationship of erythrocyte antigens with indicators of horse spermogram. *Fiziol. Zh.* 2017;63(1):84-90. <https://doi.org/10.15407/fz63.01.084>
5. Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Associated connection of erythrocytary antigens with characteristics of stallion semen after cryoconservation. *Agricultural Biology*. 2018;53(4):735-742. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.735eng>
6. Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Cytogenetic status of mares (*Equus caballus*) of Ukrainian riding breed influences their fertility. *Agricultural Biology*. 2018;53(2):302-308. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.302eng>
7. Monteiro G.A., Guasti P.N., Hartwig F.P., Dellaqua J.A.Jr., Alvarenga M.A., Papa F.O. Cooling of ejaculated and epididymal stallion sperm. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2013;65(3):681-686. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300010>
8. LeãoFreitas M., Bouéres C., Pignataro T., Gonçalves de Oliveira F., Oliveira Viu M., Oliveira R. Quality of fresh, cooled, and frozen semen from stallions supplemented with antioxidants and fatty acids. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2016;46:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.07.003>
9. Stradaoli G., Sylla L., Zelli R., Chiodi P., Monaci M. Effect of L-carnitine administration on the seminal characteristics of oligoasthenospermic stallions. *Theriogenology*. 2004;62:761-777. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.11.018>
10. Arruda R.P., Silva D.F., Alonso M.A., Andrade A.F.C., Nascimento J., Gallego A.M. Nutraceuticals in reproduction of bulls and stallions. *R. Bras Zootec.* 2010;39:393-400. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300043>



11. Шишова Н.В., Комбарова Н.А., Тараховский Ю.С. Холестерин не повышает криозащитную эффективность среды на основе растительных фосфолипидов, используемой для замораживания спермы быка // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 2. С. 306-313. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.306rus>

12. Шаталина О.С. Ассоциации между группами крови и репродуктивными показателями у крупного рогатого скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 2. С. 309-317. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.309rus>

### Сведения об авторах

**Ткачев Александр Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; доцент департамента ветеринарной медицины Аграрно-технологического института, РУДН; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7721-5742>

**Ткачева Ольга Леонидовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель Технологического колледжа, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tkacheva.o@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5573-6117>

**Петряева Алина Вадимовна**, педагог дополнительного образования кафедры общеобразовательных дисциплин Института русского языка, Российский университет дружбы народов (РУДН); 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: petryaeva-av@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9815-4029>

Статья поступила в редакцию 28.01.2024  
Одобрена после рецензирования 13.03.2024  
Принята к публикации 20.03.2024

11. Shishova N.V., Kombarova N.A., Tarakhovsky Yu.S., Davydova G.A., Zalomova L.V., Seraya O.Yu., Abilov A.I. Cholesterol does not improve cryoprotective efficiency of soybean lecithin-based extenders for bull semen. *Agricultural Biology*. 2017;52(2):306-313. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.306eng>

12. Shatalina O.S. The association between blood group and reproductive performance in cattle. *Agricultural Biology*. 2018;53(2):309-317. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.309rus>

### Information about the authors

**Aleksandr V. Tkachev**, DSc (Agr), Senior Research Associate, Professor at the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation); e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7721-5742>

**Olga L. Tkacheva**, CSc (Agr), lecturer, Technological College, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: tkacheva.o@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5573-6117>

**Alina V. Petryaeva**, additional education teacher at the Department of General Education Disciplines, Institute of the Russian Language, Peoples' Friendship University of Russia (6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation); e-mail: petryaeva-av@rudn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9815-4029>

The article was submitted to the editorial office  
January 28, 2024  
Approved after reviewing March 13, 2024  
Accepted for publication March 20, 2024

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 612.123: 797.12

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>**Изучение показателей липидного обмена у спортсменов-ребцов при разной интенсивности физической нагрузки****Ольга Николаевна Никифорова, Эдуард Васильевич Маркин**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Ольга Николаевна Никифорова, [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru)**Аннотация**

Обеспечение спортивной подготовки в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости, в том числе в академической гребле, связана с процессами адаптации к работе в течение 1-1,5 ч. Источниками энергии при длительной интенсивной работе является не только гликоген мышц, но и жиры и жироподобные вещества. В связи с этим изучали процессы перестройки и адаптации организма спортсменов-ребцов к разной по интенсивности физической нагрузке по показателям липидного обмена. В исследовании принимали участие 15 спортсменов (мужчин) в возрасте от 18 лет до 21 года, имеющие спортивную квалификацию «Кандидат в мастера спорта по академической гребле». Были исследованы основные фракции липидного спектра: фосфолипиды, свободный холестерин, неэтерифицированные жирные кислоты, моно-, ди-, триацилглицерины, эфиры холестерина, а также спектр фракции липопротеидов: хиломикроны, пре- $\beta$ -липопротеиды, ремнанты,  $\beta$ -липопротеиды,  $\alpha$ -липопротеиды, комплекс неэтерифицированных жирных кислот с альбумином. Проведенные исследования показали, что из основных фракций липидного спектра концентрация комплекса неэтерифицированных жирных кислот была выше нормы на 22,6% при 7-минутной работе и на 49,6% при 60-минутной работе, то есть было зафиксировано хорошее функционирование важной в энергообмене транспортной формы для свободных жирных кислот. Отмечалось повышение фосфолипидов на 12,8% при 7-минутной работе и на 17,6% при 60-минутной работе. Также было отмечено повышение свободного холестерина на 25,3% при 7-минутной работе и на 36,8% при 60-минутной работе. Содержание НЭЖК до выполнения тестовых нагрузок соответствовало норме (более 0,45 г/л), но при 7-минутной нагрузке увеличивалось на 49,1% ( $p \leq 0,05$ ). При 60-минутной работе это увеличение сглаживалось, уменьшаясь на 17,7% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с 7-минутной работой, но оставаясь выше начального показателя на 22,6% ( $p \leq 0,05$ ). Сделано заключение о том, что неэтерифицированные жирные кислоты вносят важный вклад в снабжение липидов для окисления во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

**Ключевые слова**

липопротеиды, источники энергии, физические нагрузки, спортсмены

**Для цитирования**

Никифорова О.Н., Маркин Э.В. Изучение показателей липидного обмена у спортсменов-ребцов при разной интенсивности физической нагрузки // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 106-112. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>**Study of lipid metabolic indicators in rowers at different exercise intensities****Olga N. Nikiforova, Eduard V. Markin**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Olga N. Nikiforova; [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru)**Abstract**

Sports training in cyclic sports with the predominant manifestation of endurance, including rowing, is associated with processes of adaptation to the load for 1 to 1.5 hours. The sources of energy during long intensive training are not only muscle glycogen, but also fat and fat-like substances. In this connection, the authors studied the processes of restructuring

and adaptation of the organism of rowers to different intensities of physical load by lipid metabolism. The study involved 15 athletes (males) aged 18 to 21 years with the sport qualification "Candidate Master of Sports in Rowing". The main fractions of the lipid spectrum were studied: phospholipids, free cholesterol, non-esterified fatty acids, mono-, di-, triacylglycerols, cholesterol esters, as well as the spectrum of lipoprotein fractions: chylomicrons, pre- $\beta$ -lipoproteins, remnants,  $\beta$ -lipoproteins,  $\alpha$ -lipoproteins, a complex of non-esterified fatty acids with albumin. The studies showed that among the main fractions of the lipid spectrum, the concentration of the non-esterified fatty acid complex was higher than normal by 22.6% after the 7-minute exercise and by 49.6% after the 60-minute exercise, i.e. good functioning of the transport form for free fatty acids, which is important for energy exchange, was recorded. There was a 12.8% increase in phospholipids after the 7-minute exercise and a 17.6% increase after the 60-minute exercise. There was also a 25.3% increase in free cholesterol after the 7-minute exercise and a 36.8% increase after the 60-minute exercise. Unesterified fatty acid content was normal (greater than 0.45 g/l) before the test exercise, but increased by 49.1% ( $p < 0.05$ ) after the 7-minute exercise. At the 60-minute exercise, this increase flattened and decreased by 17.7% ( $p < 0.05$ ) compared to the 7-minute exercise, but remained 22.6% ( $p < 0.05$ ) above the initial value. It is concluded that non-esterified fatty acids make an important contribution to the supply of lipids for oxidation during endurance exercise.

### Key words

lipoproteins, energy sources, physical activity, athletes

### For citation

Nikiforova O.N., Markin E.V. Study of lipid metabolic indicators in rowers at different exercise intensities. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):106-112. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>

## Введение Introduction

Основой подготовки в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости является выполнение большого объема тренировочных нагрузок в зонах околопредельной (субмаксимальной), умеренной и большой мощности. Длительное время противостоять утомлению и выполнять работу циклического характера, когда цикл движений повторяется, с высоким темпом на средних и длинных дистанциях развивает специальную выносливость в таких видах спорта, как бег, гребля, плавание, лыжные гонки и т.д. К таким зонам мощности относятся большая (аэробно-анаэробная, продолжительностью от 5 до 50 мин при пульсе 140-170 уд/мин) и умеренная (аэробно-развивающая продолжительностью от 50 мин до 4 ч при пульсе 120-140 уд/мин) зоны мощности. Соревновательная работа, особенно перед финишем, происходит в субмаксимальной (аэробно-гликолитической) зоне мощности продолжительностью от 30 с до 5 мин при пульсе 170-190 уд/мин. Источниками энергии при работе в большой и умеренной зонах является не только гликоген мышц и печени, но и липиды [1].

Увеличение доли жиров и жироподобных веществ в процессе энергообеспечения у спортсменов в циклических видах спорта является объективным показателем развития тренированности [2]. В имеющихся данных литературы показано положительное влияние занятий спортом на состояние липидного профиля, при котором отмечается снижение содержания атерогенных форм липопротеинов в плазме крови, что согласуется с общими представлениями об оптимизации функционирования транспортных и метаболических механизмов обеспечения двигательной

активности [3]. В то же время чрезмерные физические нагрузки могут приводить к состоянию острого физического перенапряжения и перетренированности, тем самым оказывая дезадаптивную перестройку в работе систем организма, в том числе метаболического профиля [4]. Выполнение физических нагрузок циклического характера в больших и умеренных зонах мощности зависит от поддержания необходимых биофизических свойств эритроцитарных мембран, в первую очередь – их текучести, что считается необходимым компонентом обеспечения достаточной оксигенации тканей, которая связана с липидным спектром плазмы крови [5, 6].

Таким образом, изучение показателей липидного спектра позволит получить информацию об общем состоянии энергообеспечения организма и особенности его регуляции в зависимости от характера нагрузки, выполняемой спортсменом.

Для видов спорта с преимущественным проявлением выносливости важным критерием ее развития считается выполнение работы на уровне анаэробного порога (ПАНО). Интенсивность работы на уровне ПАНО способствует установлению баланса между активностью гликолитических и окислительных ферментов в мышце и позволяет поддерживать более высокую концентрацию АТФ и КФ в клетках за счет повышения окислительных способностей митохондрий, что помогает выбирать оптимальные режимы работы. Это свидетельствует о том, что ПАНО является надежным показателем адаптации мышц к специфической работе [7, 8]. В то же время в научной литературе существуют данные о том, что у спортсменов могут повышаться уровни триглицеридов и липопротеидов в связи с усилением процесса мобилизации липидов на уровне липазной активности жировой ткани и скелетных мышц [3, 9].

Для практики представляют значительный интерес исследования изменения показателей липидного обмена при работе околопредельной (субмаксимальной), а также на границе большой и умеренной зон мощности у спортсменов в циклических видах спорта при становлении спортивного мастерства.

Исследования предполагали изучение липидного обмена у спортсменов-гребцов в условиях стандартной нагрузки (разной интенсивности), приближенной как к соревновательной, так и тренировочной на гребном тренажере. Выполнение данного теста на гребном тренажере позволяло производить забор крови специалистами без выхода на воду, где проведение данной процедуры было бы затруднительным.

**Цель исследований:** изучение динамики показателей липидного обмена во время физической нагрузки разных зон мощности у спортсменов-гребцов на этапе становления спортивного мастерства.

### Методика исследований

#### Research method

В исследованиях принимали участие 15 спортсменов-мужчин – кандидатов в мастера спорта (КМС) в возрасте 18-21 год, занимающихся академической греблей в течение 1,5-5 лет, когда наступает период становления спортивного мастерства и первых спортивных успехов. Малая выборка испытуемых обусловлена тем, что сложные условия тренировочной деятельности (отсутствие специализированных каналов, дорогостоящее оборудование) позволяют заниматься академической греблей лишь небольшому количеству молодых людей.

Все исследования проводили в весенний сезон, соответствующий окончанию подготовительного и началу соревновательного периодов годового цикла. В качестве тестовых нагрузок на гребном тренажере была выбрана работа околопредельной (субмаксимальной) мощности в течение 7 мин, продолжительность работы которой соответствовала соревновательной деятельности в данном интервале времени, и работа в умеренной зоне мощности (на уровне ПАНО) продолжительностью 60 мин, при которой проявляются процессы долгосрочной адаптации к физической нагрузке и сдвиги в энергообеспечении организма спортсмена. Нагрузка на уровне ПАНО определяет ее интенсивность при частоте сердечных сокращений 150-160 уд/мин.

Тестирование проводили в лабораторных условиях на гребном тренажере два раза с интервалом в одну неделю в соответствии с планом тренировок. Сначала проводили тестирование на гребном тренажере в течение 7 мин, через неделю – в течение 60 мин. Забор крови производили один

раз до выполнения первой тестирующей нагрузки и сразу после окончания 7-минутной и 60-минутной тестирующей нагрузки. Выполнение тестирования на гребном тренажере позволяло производить забор крови специалистами без выхода на воду, где проведение данной процедуры было бы затруднительным.

При исследовании липидного спектра сыворотки крови использовали метод хромато-масс-спектрометрии в лаборатории проблем спортивной подготовки сектора «Биохимия» ВНИИФКа [10]. Были выделены основные фракции: фосфолипиды (ФЛ), свободный холестерин (ХН), незатерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), триацилглицерины (ТГ), эфиры холестерина (ЭХН).

Спектр липопротеидов (ЛП) определялся методом электрофореза в полиакриламидном геле, позволяющим провести прямое полуколичественное измерение холестерина в основных фракциях липопротеинов [8]. Электрофорез проводили в течение 1 ч с последующим денситометрическим измерением и пересчетом в концентрации фракций липопротеинов и субфракций с помощью программного обеспечения. Содержание липопротеидов в сыворотке крови выражали в условных единицах, соответствующих площади пиков (мм<sup>2</sup>) денситограммы. При этом выделялись следующие фракции ЛП: хиломикроны (ХМ), пре-β-липопротеиды (ЛПОНП), β-липопротеиды (ЛПНП), α-липопротеиды (ЛПВП), комплекс НЭЖК с альбумином (КНА).

Экспериментальный материал был обработан методом вариационной статистики с использованием программы MS Excel. При расчете достоверности различий выборки менее 30 спортсменов использовался критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Полученные показатели были представлены в виде среднего и ошибки среднего значения ( $X \pm m$ ). Достоверность различий считалась значимой при  $p \leq 0,05$ , незначимой – при  $p \geq 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

В результате проведенных исследований выявлено, что исходные показатели липидного обмена у обследованных спортсменов до проведения тестов не отличались от соответствующих значений в норме для данного возраста [3]. Компоненты обмена липидов являются важнейшими в аэробной биоэнергетике, выполняют структурную функцию в составе клеточных мембран [13]. Способность поддерживать нормальную клеточную функцию во время физической активности может повышать выносливость и спортивный результат [14].

Показатели липидного обмена сыворотки крови у спортсменов-гребцов в зависимости от интенсивности физической нагрузки представлены в таблице.

## Показатели липидного обмена сыворотки крови, г/л, у спортсменов

Показатели	Норма	До теста I	7-минутная нагрузка II	60-минутная нагрузка III	Достоверность различий		
					I-II	I-III	II-III
<b>Основные фракции липидного спектра</b>							
ФЛ	1,8-3,2	1,88±0,05	2,12±0,27	2,21±0,21	0,834≤0,05	1,455≤0,05	0,256≤0,05
ХН	≤ 1,0	0,87±0,04	1,09±0,09	1,19±0,04	2,225≥0,05	1,301≥0,05	0,945≥0,05
НЭЖК	≥ 0,45	0,53±0,08	0,79±0,16	0,65±0,06	1,425≤0,05	0,063≤0,05	0,786≤0,05
ТГ	≤2,8	2,22±0,35	2,2±0,23	2,25±0,34	0,011≤0,05	0,013≤0,05	0,063≤0,05
ЭХН	5,0-5,2	5,33±0,20	4,93±0,18	4,70±0,42	1,474≤0,05	1,328≤0,05	1,528≤0,05
<b>Фракции липопротеидов</b>							
ХМ	следы	2,67±0,42	3,82±0,69	3,21±1,10	1,413≤0,05	0,456≤0,05	0,466≤0,05
ЛПОНП	≥0,26	0,72±0,36	0,13±0,06	0,12±0,07	1,607≤0,05	1,633≤0,05	0,145≤0,05
ЛПНП	≤3,37	2,81±0,63	4,04±0,51	3,54±0,50	1,513≤0,05	0,906≤0,05	0,571≤0,05
ЛПВП	≥4,0	2,22±0,96	3,23±10,4	4,18±1,30	0,705≤0,05	1,205≤0,05	0,697≤0,05
КНА	≤0,95	0,98±0,31	0,40±0,18	0,82±0,14	0,792≤0,05	0,493≤0,05	0,490≤0,05

Table

## Indicators of serum lipid metabolism (g/l) in athletes

Indicators	Standard	Before the test I	7-minute exercise II	60-minute exercise III	Significance of differences		
					I-II	I-III	II-III
<b>The main fractions of the lipid spectrum</b>							
FL	1.8-3.2	1.88±0.05	2.12±0.27	2.21±0.21	0.834≤0.05	1.455≤0.05	0.256≤0.05
FC	≤ 1.0	0.87±0.04	1.09±0.09	1.19±0.04	2.225≥0.05	1.301≥0.05	0.945≥0.05
UFA	≥ 0.45	0.53±0.08	0.79±0.16	0.65±0.06	1.425≤0.05	0.063≤0.05	0.786≤0.05
TG	≤2.8	2.22±0.35	2.2±0.23	2.25±0.34	0.011≤0.05	0.013≤0.05	0.063≤0.05
CE	5.0-5.2	5.33±0.20	4.93±0.18	4.70±0.42	1.474≤0.05	1.328≤0.05	1.528≤0.05
<b>Lipoprotein fractions</b>							
CM	traces	2.67±0.42	3.82±0.69	3.21±1.10	1.413≤0.05	0.456≤0.05	0.466≤0.05
VLDL	≥0.26	0.72±0.36	0.13±0.06	0.12±0.07	1.607≤0.05	1.633≤0.05	0.145≤0.05
LDL	≤3.37	2.81±0.63	4.04±0.51	3.54±0.50	1.513≤0.05	0.906≤0.05	0.571≤0.05
HDL	≥4.0	2.22±0.96	3.23±10.4	4.18±1.30	0.705≤0.05	1.205≤0.05	0.697≤0.05
CUA	≤0.95	0.98±0.31	0.40±0.18	0.82±0.14	0.792≤0.05	0.493≤0.05	0.490≤0.05

**Note:** Phospholipids – FL, free cholesterol – FC, unesterified fatty acids – UFA, triacylglycerols – TG, cholesterol esters – CE, chylomicrons – CM, pre-β-lipoproteins – VLDL, β-lipoproteins – LDL, α-lipoproteins – HDL, complex of UFA with albumin – CUA

Уровень фосфолипидов, который в исходном состоянии не отличался от нормы (1,8-3,2 г/л), при 7-минутной работе околопредельной (субмаксимальной) мощности возрастал на 12,8% ( $p \leq 0,05$ ) практически у всех испытуемых. При 60-минутной работе на границе большой и умеренной зон мощности уровень фосфолипидов повышался на 17,6% ( $p \leq 0,05$ ), то есть оставался на достаточно высоком уровне при длительной работе.

Исходный уровень свободного холестерина также не отличался от нормы (менее 1,0 г/л), было отмечено повышение свободного холестерина на 25,3% ( $p \geq 0,05$ ) при 7-минутной работе и на 36,8% ( $p \geq 0,05$ ) при 60-минутной работе. Отрицательно направленная корреляция позволила предположить, что существует взаимосвязь между содержанием свободного холестерина и НЭЖК при выполнении нагрузки.

Содержание НЭЖК до выполнения тестовых нагрузок соответствовало норме (более 0,45 г/л), но при 7-минутной нагрузке увеличивалось на 49,1% ( $p \leq 0,05$ ). При 60-минутной работе (на уровне ПАНО) это увеличение сглаживалось, уменьшаясь на 17,7% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с 7-минутной работой, но оставаясь выше начального показателя на 22,6% ( $p \leq 0,05$ ). Это говорит о том, что околопредельная (субмаксимальная) нагрузка у спортсменов приводила к активизации липолитических процессов и их преобладанию над процессами липосинтеза. При снижении интенсивности физической нагрузки и увеличении ее длительности эти процессы немного стабилизировались. Следовательно, неэтерифицированные жирные кислоты вносят важный вклад в снабжение липидов для окисления во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

Изменения показателя ТГ в динамике напрямую отражают аэробную производительность при выполнении мышечной работы.

Уровень ТГ у спортсменов-гребцов оставался до выполнения тестовых нагрузок незначительно ниже нормы в среднем на 20,6% ( $p \leq 0,05$ ). При всех видах физической работы он находился примерно на одном уровне, что свидетельствовало о хорошей мобилизации их из депо и элиминации их из кровяного русла.

Вышеописанные изменения показателя ТГ позволяют обосновать зависимость уровня аэробной биоэнергетики, связанной с липидным обменом, от двух факторов: уровня физической подготовки и специфики спортивной направленности. Данное явление свидетельствует о первостепенном значении аэробной биоэнергетики (в частности, компонентов липидного обмена) в обеспечении краткосрочного восстановительного периода у спортсменов-гребцов.

Исходный уровень эфиров холестерина был незначительно выше нормы, а при работе 7-минутной и 6-минутной длительности уменьшился

на 0,40 г/л и 0,63 г/л соответственно, то есть этерификация холестерина тормозилась.

Исследование соотношения между фракциями липопротеидов (ХМ, ЛПОНП, ЛПНП, ЛПВП, КНА) позволило оценить влияние систематических физических нагрузок, особенно циклического характера, на липидный обмен (табл.).

Исходный уровень хиломикроненосителей превышал норму, что позволяло судить о задержке элиминации экзогенных липидов из крови у спортсменов. Это подтверждается и другими исследователями [3, 6, 7]. Под влиянием физических нагрузок уровень ХМ у отдельных спортсменов проявлял себя разнонаправленно. Средний показатель ХМ у спортсменов-гребцов при 7-минутной нагрузке повысился на 43,1% ( $p \leq 0,05$ ), при 60-минутной нагрузке произошло некоторое снижение показателя – на 16% ( $p \leq 0,05$ ), но все же было выше на 20,2% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с показателем до тестирования.

В результате исследований отмечен относительно высокий уровень пре- $\beta$ -липопротеидов (ЛПОНП), резко снижающийся при околопредельной (субмаксимальной) физической нагрузке 7-минутного теста – на 81,9% ( $p \leq 0,05$ ), при 60-минутной нагрузке на границе умеренной и большой зон мощности – на 83,3% ( $p \leq 0,05$ ). Аналогичной была картина в отношении ремнантов – промежуточных форм липопротеидов.

Уровень  $\beta$ -липопротеидов (ЛПНП) был весьма вариабелен при общей тенденции повышения – на 43,8% ( $p \leq 0,05$ ) при 7-минутной нагрузке околопредельной (субмаксимальной) мощности, незначительно снижен при 60-минутной нагрузке – на 26% ( $p \leq 0,05$ ).

Уровень  $\alpha$ -липопротеидов (ЛПВП) находился в пределах нормы до тестирующих нагрузок. При физической работе околопредельной (субмаксимальной) мощности содержание  $\alpha$ -липопротеидов увеличилось на 45,5% ( $p \leq 0,05$ ) околопредельной (субмаксимальной) мощности, при работе большой и умеренной мощности – на 88,3% ( $p \leq 0,05$ ). Выявленное значительное повышение ЛПВП в плазме крови у спортсменов-гребцов свидетельствовало об их сорбционной и дренажной функции, обеспечивающей непосредственное участие в поддержании оксидантного баланса [13].

Концентрация комплекса НЭЖК с альбумином (КНА) отличалась снижением показателя при 7-минутной нагрузке на 59,2% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с показателем до начала тестирования. При 60-минутной нагрузке произошло повышение показателя в два раза по сравнению с 7-минутной нагрузкой, но всего на 16,3% ( $p \leq 0,05$ ) – по отношению к исходному показателю. Стабилизация показателя КНА с ростом продолжительности физической нагрузки подтверждает важность вклада неэтерифицированных жирных кислот в обеспечение энергообмена во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

## Выводы Conclusions

В состоянии покоя показатели липидного спектра плазмы крови у спортсменов-гребцов имели благоприятный характер, который был отмечен в более низких значениях показателей триглицеридов, свободного холестерина,  $\beta$ -липопротеидов,  $\alpha$ -липопротеидов и в более высоких показателях неэтерифицированных жирных кислот, пре- $\beta$ -липопротеидов.

Показатели окисления жиров (фосфолипиды, свободный холестерин, НЭЖК) увеличивались в результате относительного увеличения использования внутримышечных триглицеридов и постоянных физических нагрузок на выносливость в зонах умеренной, большой и околопредельной мощности.

Следует отметить, что постепенное возрастание фосфолипидов в крови в зависимости от повышения продолжительности и интенсивности

физической нагрузки свидетельствовало о наличии процесса адаптации организма спортсменов-гребцов к выполняемой работе. Фосфолипиды способствовали кислородному снабжению интенсивно работающих мышц, в результате чего увеличивается выносливость и ускоряется их восстановление.

Особенностью липидного спектра спортсменов-гребцов является возможность участия  $\alpha$ -липопротеидов (ЛПВП) в поддержании окислительного баланса в различные периоды спортивной подготовки, связанные с выполнением мышечной работы. Показатель ЛПВП может являться критерием высокого уровня адаптации к воздействию физических нагрузок.

Исследование индивидуальных показателей липидного обмена у спортсменов в гребном спорте имеет целый ряд практических применений: коррекцию интенсивности тренировочной нагрузки, определение уровня тренированности, прогнозирование спортивных результатов, контроль за уровнем функционального состояния.

## Список источников

1. Никифорова О.Н., Хотеева М.В., Прохорова Т.И. Направленное повышение функциональных возможностей студентов-полиатлетов при подготовке к бегу на выносливость // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2019. Т. 14, № 1. С. 38-44. <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2019-14-1-38-44>
2. Людина А.Ю., Гарнов И.О., Бушманова Е.А., Нутрихин А.В. и др. Оценка взаимосвязи скорости окисления жира с показателями аэробной способности лыжников-гонщиков // *Человек. Спорт. Медицина*. 2020. Т. 20, № 1. С. 5-12. EDN: OCVYTQ
3. Опарина О.Н., Тома Ж.В., Дворянинова Е.В. Влияние физической нагрузки на особенности липидного обмена у спортсменов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020. Т. 95, № 5. С. 173-175. EDN: CYWSUN
4. Парастаев С.А., Анисимов Е.А., Жолинский А.В., Бадтиева В.А. и др. Синдром перетренированности: современные подходы к диагностике (обзор литературы) // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2020. Т. 1, № 155. С. 4-13. EDN: ORMUZZ
5. Осочук С.С., Марцинкевич А.Ф., Осочук А.С. Физико-химические свойства мембран эритроцитов и липопротеинов высокой плотности спортсменов циклических видов спорта // *Прикладная спортивная наука*. 2016. № 1 (3). С. 84-89. EDN: WITJWJ
6. Еликов А.В. Особенности липидного спектра у спортсменов разного уровня и специфики подготовки при различных состояниях, связанных с мышечной активностью // *Современные вопросы биомедицины*. 2024. Т. 8, № 1. [https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024\\_08\\_01\\_28](https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_28)
7. Каунина Д.В., Видулов А.Д. Физическая работоспособность и липидный обмен спортсменов-пловцов высокой квалификации // *Ярославский педагогический вестник*. 2012. Т. 3, № 4. С. 141-144. EDN: PXMNBF

## References

1. Nikiforova O.N., Khoteeva M.V., Prokhorova T.I. Directed increase of functional abilities among students-polyathletes during training for endurance race. *Russian journal of physical education and sport*. 2019;14(1):38-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2019-14-1-38-44>
2. Lyudinina A.Yu., Garnov I.O., Bushmanova E.A., Nutrikhin A.V. et al. The relationship between fat oxidation rate and aerobic performance in ski-racers. *Human Sport. Medicine*. 2020;20(1): 5-12. (In Russ.)
3. Oparina O.N., Toma J.V., Dvoryaninova E.V. Influence of physical activity on the features of lipid metabolism in athletes. *International Research Journal*. 2020;5(95):173-175. (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.032>
4. Parastaev S.A., Anisimov E.A., Zholinsky A.V., Badtieva V.A. et al. The syndrome of overtraining: modern approaches to diagnostics (literature review). *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina*. 2020;1(155):4-13. (In Russ.)
5. Osochuk S.S., Martsinkevich A.F., Osochuk A.S. Physical-chemical properties of erythrocytes membranes and high-density lipoproteins of sportsmen of cyclic sports. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2016;3(1):84-89. (In Russ.)
6. Elikov A.V. Lipid spectrum in athletes of different levels and training specifics at various states associated with muscle activity. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2024;8(1). (In Russ.) [https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024\\_08\\_01\\_28](https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_28)
7. Kaunina D.V., Vikulov A.D. The physical working capacity and blood lipids composition of highly qualified swimmers' blood plasma. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2012;4(3):141-144. (In Russ.)

8. Никифорова О.Н., Маркин Э.В., Сорокин Д.В., Хотеева М.В. Спортивная подготовка в летнем полиатлоне на основе рационального распределения тренировочных нагрузок // *Теория и практика физической культуры*. 2023. № 1. С. 94-96. EDN: YSZELX

9. Котляр Н.Н., Цапов Е.Г., Коробейников Е.В., Жарова К.Е. Биохимические основы здорового питания спортсменов в условиях активного мышечного анаболизма // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*. 2019. Т. 10, № 2. С. 139-143. EDN: DZCCET

10. Sargeant J.A., Gray L.J., Bodicoat D.H., Willis S.A. et al. The effect of exercise training on intrahepatic triglyceride and hepatic insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*. 2018;19(10):1446-1459. <https://doi.org/10.1111/obr.12719>

11. Harrison M., Moyna N.M., Zderic T.W., O’Gorman D.J. et al. Lipoprotein particle distribution and skeletal muscle lipoprotein lipase activity after acute exercise. *Lipids Health Dis*. 2012;11:64. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-64>

12. Jäger R., Purpura M., Kingsley M. Phospholipids and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4:5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-5>

13. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П., Веселова М.В. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20. EDN: SMRFTD

14. Еликов А.В. Состояние оксидантного баланса спортсменов различных категорий при выполнении дозированной физической нагрузки и в краткосрочном восстановительном периоде // *Современные вопросы биомедицины*. 2023. Т. 7, № 1 (22). [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2023\\_07\\_01\\_26](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2023_07_01_26)

8. Nikiforova O.N., Markin E.V., Sorokin D.V., Khoteeva M.V. Sports training in summer polyathlon based on the rational distribution of training loads. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2023;1:94-96. (In Russ.)

9. Kotlyar N.N., Tsapov E.G., Korobeynikov E.V., Zharova K.E. Biochemical foundations of healthy nutrition for athletes in conditions of active muscle anabolism. *Aktual’nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya*. 2019;10(2):139-143. (In Russ.)

10. Sargeant J.A., Gray L.J., Bodicoat D.H., Willis S.A. et al. The effect of exercise training on intrahepatic triglyceride and hepatic insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*. 2018;19(10):1446-1459. <https://doi.org/10.1111/obr.12719>

11. Harrison M., Moyna N.M., Zderic T.W., O’Gorman D.J. et al. Lipoprotein particle distribution and skeletal muscle lipoprotein lipase activity after acute exercise. *Lipids Health Dis*. 2012;11:64. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-64>

12. Jäger R., Purpura M., Kingsley M. Phospholipids and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4:5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-5>

13. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P., Veselova M.V. Technology of milk herbal tea “Stevilakt”. *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)

14. Elikov A.V. State of oxidative balance in athletes of different categories during dosed exercise and in the short-term recovery period. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2023;7(1(22)). (In Russ.) [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2023\\_07\\_01\\_26](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2023_07_01_26)

#### Сведения об авторах

**Ольга Николаевна Никифорова**, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

**Эдуард Васильевич Маркин**, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [markin.ev@rgau-msha.ru](mailto:markin.ev@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

Статья поступила в редакцию 29.02.2024  
Одобрена после рецензирования 18.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

#### Information about the authors

**Olga N. Nikiforova**, CSc (Ped), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

**Eduard V. Markin**, CSc (Ped), Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [markin.ev@rgau-msha.ru](mailto:markin.ev@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

The article was submitted to the editorial office February 29, 2024  
Approved after reviewing March 18, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024



МИКРОБИОЛОГИЯ, МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ /  
MICROBIOLOGY, MOLECULAR BIOLOGY

МИКРОБИОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 619: 639.122: 616.34

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-113-123>



**Реактивность костного мозга и микробиоценоз кишечника здоровых  
и больных кандидамикозом перепелов под влиянием продуктов пчеловодства**

**Дмитрий Валерьевич Свистунов, Рамзия Тимергалеевна Маннапова, Альфир Габдуллович Маннапов**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Рамзия Тимергалеевна Маннапова, [ram.mannapova55@mail.ru](mailto:ram.mannapova55@mail.ru)

**Аннотация**

Кандидамикозы пищеварительного тракта наносят существенный экономический ущерб птицеводству. У перепелов они мало изучены, возникают внезапно и в 90-100% случаев завершаются летально. Причиной кандидамикозов пищеварительного тракта перепелов служат различные факторы: нарушение условий и технологий содержания, кормления, проведение ветеринарных манипуляций, которые организмом молодняка воспринимаются как стрессорные факторы. В стрессированном организме активизируется размножение условно-патогенных *Candida albicans* с повышенными факторами вирулентности. В этой связи необходим поиск препаратов, не оказывающих супрессивного влияния на организм перепелов, способствующих восстановлению нарушенного на фоне развития кандидамикозов иммунного статуса и микробиоценоза. К таким препаратам относятся биологически активные продукты пчеловодства. В костном мозге больных кандидамикозами пищеварительного тракта перепелов при внесении в рацион экстрактов восковой моли, трутневого гомогената и прополиса: а) стабилизируется выработка псевдоэозинофилов и восстанавливается фагоцитоз; б) купируются воспалительные реакции, что проявляется в снижении количества лимфоцитов; в) повышается продукция клеток эритроидного ростка. Экстракты восковой моли, трутневого гомогената и прополиса способствуют восстановлению микробиоты толстого отдела кишечника: а) увеличивается содержание нормофлоры (*Lactobacillus* spp. – в 6,38; 10,0 и 8,84 раза, *Bifidobacterium* spp. – в 4,53; 8,31 и 6,81 раза); б) затормаживается размножение в сторону референсных значений условно-патогенных микроорганизмов (*Candida albicans* – в 3,3; 4,61 и 3,97 раза; *Staphylococcus aureus* – в 4,0; 7,78 и 4,51; *Pseudomonas* spp. – в 3,05; 5,32 и 3,95 раза).

**Ключевые слова**

Кандидамикозы, перепела, экстракт, восковая моль, трутневый гомогенат, прополис, миелограмма, микробиоценоз, кишечник, влияние продуктов пчеловодства

**Для цитирования**

Свистунов Д.В., Маннапова Р.Т., Маннапов А.Г. Реактивность костного мозга и микробиоценоз кишечника здоровых и больных кандидамикозом перепелов под влиянием продуктов пчеловодства // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 113-123. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-113-123>

МИКРОБИОЛОГИЯ

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-113-123>



**Bone marrow reactivity and intestinal microbiocenosis of healthy  
and CDT-infected quails under the influence of bee products**

**Dmitriy V. Svistunov, Ramziya T. Mannapova, Alfir G. Mannapov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Ramziya T. Mannapova; [ram.mannapova55@mail.ru](mailto:ram.mannapova55@mail.ru)

**Abstract**

Candidamycosis of the digestive tract (CDT) causes significant economic damage to the poultry industry. It is poorly studied in quails, appears suddenly and is fatal in 90-100% of cases. The causes of CDT of quails are various factors: violation

of conditions and technologies of keeping, feeding, veterinary manipulations, which are perceived by the organism of young quails as stress factors. In the stressed organism the reproduction of opportunistic *Candida albicans* with increased virulence factors is activated. In this regard, it is necessary to search for drugs that do not have a suppressive effect on the quail organism and contribute to the restoration of the disturbed immune status and microbiocenosis against the background of the development of *Candida albicans*. Such preparations include biologically active bee products (BAPP). In the bone marrow of CDT-infected quails, when wax moth extracts (EWM), drone homogenate extracts (EDH) and propolis extracts (EP) are added to the diet: a) the production of pseudo-eosinophils is stabilized and phagocytosis is restored; b) inflammatory reactions are stopped, which is manifested by a decrease in the number of lymphocytes; c) the production of erythroid cells is increased. These extracts contribute to the restoration of the microbiota of the large intestine: a) the content of normoflora increases (*Lactobacillus* spp. – 6.38; 10.0 and 8.84 times, *Bifidobacterium* spp. – 4.53; 8.31 and 6.81 times); b) the multiplication of opportunistic microorganisms is inhibited compared to the reference values (*Candida albicans* – 3.3; 4.61 and 3.97 times; *Staphylococcus aureus* – 4.0; 7.78 and 4.51 times; *Pseudomonas* spp. – 3.05; 5.32 and 3.95 times).

### Keywords

candidamycosis, quail, extract, wax moth, drone homogenate, propolis, myelogram, microbiocenosis, intestine, influence of bee products

### For citation

Svistunov D.V., Mannapova R.T., Mannapov A.G. Bone marrow reactivity and intestinal microbiocenosis of healthy and CDT-infected quails under the influence of bee products. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):113-123. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-113-123>

## Введение Introduction

Кандидамикозы пищеварительного тракта (КПТ) перепелов остаются слабо изученными. Наиболее хорошо в литературе освещены КПТ гусей и кур. При несвоевременном принятии срочных мер КПТ птиц приводят к вторичным иммунодефицитам, дисбактериозам, изменениям биохимических реакций организма, нарушениям функциональной активности поджелудочной железы и печени [1-5]. Причинами КПТ перепелов могут служить различные факторы, связанные с нарушениями условий содержания, кормления, проведения ветеринарных и зоотехнических мероприятий, которые служат стрессовым фактором для организма молодняка, способствующим нарушению колонизационной резистентности. В стрессированном организме птиц активизируется размножение условно-патогенных *Candida albicans*. Это приводит к усилению у них факторов вирулентности: изменения в механизмах адгезии, синтеза протеолитических ферментов, ингибирования факторов естественной защиты (АЛФА, АИГА, АЛА, АКА), появления гифальных форм с псевдомицелием, образующих биопленки, – защищая кандид от иммунных механизмов организма и от действия лечебных препаратов [6-11]. В этой связи необходим поиск препаратов, не оказывающих супрессивного влияния на организм перепелов, способствующих восстановлению нарушенных иммунных механизмов, колонизационной резистентности. К таким препаратам относятся БАПП (биологически активные продукты пчеловодства). Нами выбраны экстракты восковой моли (ЭВМ), трутневого гомогената (ЭТГ) и прополиса (ЭП).

Экстракты трутневого гомогената и восковой моли служат источником витаминов, в том числе А, D, E и группы В, минералов (К, Na, Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu, I, P, Ni, Co, Cr и др.), белков (более 30 аминокислот, в том числе – все незаменимые), протеаз, липаз, нуклеотидов, полиненасыщенных жирных кислот класса омега 3, 6, деценовой кислоты, стероидных гормонов, серотонина. Уникальный и разносторонний химический состав, сочетание компонентов, исключая антагонизм, благодаря переработке ферментами мандибулярных желез пчел трутневого гомогената, прополиса и восковой моли, определяют их биологическую активность, свойства и экологичность в отличие от традиционных химически синтезированных антимикотических препаратов, попадающих через пищевую цепочку в организм человека [12-16]. Это определяет востребованность, своевременность и актуальность исследований.

**Цель исследований:** изучение влияния экстрактов восковой моли, трутневого гомогената и прополиса на степень иммуноклеточной реактивности красного костного мозга и состояние микробиоты толстого отдела кишечника здоровых и больных КПТ перепелов.

## Методика исследований Research method

Работа выполнялась в лабораториях кафедры пчеловодства и аквакультуры, микробиологии и иммунологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Опыты проводили на перепелах мясной японской породы в количестве 270 гол., которых инкубировали в условиях инкубатора птичника кафедры частной зоотехнии. Птиц содержали в клеточных батареях БВМ-Ф-4Ц для молодняка,

оборудованных ниппельными поилками (с каплеулавливателями). Для обогрева молодняка применяли инфракрасные лампы ИКЗК-250. Освещенность, Т °С, влажность в помещении, плотность посадки соответствовали рекомендациям ВНИТИП. Перепела контрольной и опытных групп получали основной рацион: с 1 по 6 недели – комбикорм ПК-5, с 6 недели и далее – ПК-1.

Перед началом опытов в птичнике стал регистрироваться внезапный падеж птиц. Первое предположение возникновения энтеробактериоза, энтерококкоза, стрептококкоза, орнитобактериоза, эшерихиоза, а также выделения из кишечника птиц бактерий рода *Serratia* не дали положительного результата. Из содержимого кишечника, объектов окружающей среды были выделены на средах Сабуро с хлорамфениколом и на хромогенной среде Никерсона *Candida albicans* (в толстом отделе кишечника их содержимое колебалось в пределах не менее 6,00-13,0 lgКОЕ/г, референтные значения – 2,0-2,7 lgКОЕ/г). *Candida albicans* были идентифицированы и подтверждены с использованием системы *API-System S.A.*, а также масс-спектрометрическим методом на *MALDI Biotypes* (ФГОУ НМЦ гематологии Минздрава России).

Изучением чувствительности выделенных изолятов *C. albicans* к разным дозам БАПП: ЭВМ, ЭТГ и ЭП – была установлена высокая чувствительность ко всем изученным продуктам пчеловодства и определены оптимальные дозы применения их в зависимости от массы тела перепелят.

Птицы 1 группы служили контролем – здоровые (без включения в рацион БАПП). Эти перепелята были получены инкубированием после проведения тщательной дезинфекции инкубаторов и объектов окружающей среды с последующим содержанием в другом помещении в клеточных батареях, созданием соответствующих условий. Перепела 2, 3 и 4 групп – здоровые с включением в рацион БАПП: экстрактов восковой моли (ЭВМ), трутневого гомогената (ЭТГ) и прополиса (ЭП). В рацион птиц 2 группы добавляли ЭВМ. Расчет ЭВМ: 70 капель, растворенных в 350 мл воды, на 35 птиц. Ежедневно в воду добавляли 350 мл х 30 дней – 11,6 мл на курс ЭВМ. В рацион перепелов 3 группы добавляли ЭТГ. Расчет ЭТГ – 35 гранул, растворенных в 350 мл воды, на 35 птиц. На курс по группе на 30 дней необходимо 11,6 мл ЭТГ. В рацион перепелов 4 группы вносили ЭП. Для этого настойка прополиса на этиловом спирте 70° разводится из расчета 5 мл на 1000,0 мл воды. Из него готовится ЭП – 3,5 мл разведенной настойки прополиса на 35 птиц, растворенной в 350 мл воды. Дозы: ЭВМ – 0,33 мл/гол., ЭТГ – 0,33 мл/гол., ЭП – 0,1 мл/гол. Выпаивание экстрактов БАПП во 2, 3 и 4 группах осуществляли ежедневно в течение 30 сут., внося суточную дозу 1 раз в день в поилки с питьевой водой.

Перепела 5-8 групп – спонтанно зараженные КПП. Их содержали в отдельном соседнем помещении, в клеточных батареях. Каждая группа содержалась в 2 клетках, отдельно, по 8 клеток в серии со здоровыми и с больными птицами, по 35 птиц в каждой группе (по 17 и 18 гол. в клетке).

В рацион птиц 5 группы (контроль – больные), как и 1 контрольной, БАПП не вносили. Больным КПП перепелам 6 группы вносили ЭВМ, больным 7 группы – ЭТГ, больным 8 группы – ЭП, удвоив для лечения суточную дозу здоровых перепелов и выпаивая 2 раза в день с питьевой водой (утром и днем). Дозы составляли: ЭВМ – 0,66 мл/гол.; ЭТГ – 0,66 мл/гол.; ЭП – 0,2 мл/гол.

Забой перепелов для взятия материала проводили на 7, 10, 20, 30, 60, и 90 сутки от начала опыта. Мазки из пунктата костного мозга (грудины) окрашивали по Паппенгейму. Для дифференцировки клеток в миелограмме пользовались гематологическим атласом [17, 18].

Для изучения микрофлоры кишечника его содержимое забирали в стерильную посуду с 9-10 мл изотонического раствора натрия хлорида с глицерином. Посев суспензии проводили на ряд элективных и дифференциальных сред. *Lactobacillus* spp. выделяли в микроанаэроstate (на среде МРС с использованием *GasPak Anaerobic System*. *Bifidobacterium* spp. идентифицировали на среде Блаурокка. Для культивирования *Candida albicans* применяли агар Сабуро с хлорамфениколом 2 (фирма «Biomerieux»). Идентифицировали *Candida albicans* масс-спектрометрическим методом на *MALDI Biotyperu* (в ФГОУ НМЦ гематологии Минздрава России). Культивировали *Candida albicans* на среде Сабуро со стрептомицином (100 ЕД/л), ставили реакцию на ферментацию глюкозы и мальтозы. Чистую культуру клинических штаммов кандид выделяли на хромогенной среде Никерсона. *Pseudomonas* spp. культивировали на селективном агаре AP-3, King BS, агар ISO, агар цетримидный. *Staphylococcus aureus* выделяли на кровяном и желточно-солевом МПА. Результаты переводили в десятичные логарифмы и устанавливали относительное соотношение различных групп микроорганизмов толстого отдела кишечника перепелов.

Статистический анализ количественных данных проводили с использованием программ *Statistica 6.1* и приложения *Excel* из пакета *MS Office 2007*.

## Результаты и их обсуждение

### Results and discussion

В красном костном мозге состав клеток может изменяться в зависимости от многих факторов в организме [18]. Уровень всех видов псевдоооцинофильных клеток в красном костном мозге перепелов 1 контрольной группы составил к началу

опытов 42,3% (табл. 1). В процессе опыта этот показатель на препаратах костного мозга перепелов контрольной группы увеличивался в возрастном аспекте: на 30, 60 и 90 сут. – в 1,1; 1,25 и 1,32 раза. Однако уровень их соответствовал лишь нижней границе физиологических норм. Внесение

в рацион здоровых птиц БАПП способствовало значительному повышению продукции псевдоэозинофилов в костном мозге. Максимально этот процесс был выражен под влиянием ЭТГ и превысил контрольный уровень на 30, 60 и 90 сут. в 1,28, 1,51 и 1,32 раза.

Таблица 1

**Динамика содержания псевдоэозинофилов в миелограмме здоровых и больных КПТ перепелов под влиянием БАПП, %**

Группы	Стат. показ.	Сроки опыта (сут. опыта/возраст)			
		Фон /10	30/40	60/70	90/100
<b>КЗ (1)</b>	<b>M±m</b>	<b>42,3±0,8</b>	<b>46,8±0,5</b>	<b>50,6±0,8</b>	<b>54,9±1,0</b>
КЗ + ЭВМ (2)	M±m	44,9±0,9*	48,5±0,6*	56,3±1,0***	59,3±0,9***
КЗ + ЭТГ (3)	M±m	52,9±1,1***	60,2±1,2***	76,5±1,6***	72,7±1,5***
КЗ + ЭП (4)	M±m	47,9±1,0***	56,7±0,9***	68,9±1,0***	64,8±1,1***
<b>КПТ (5)</b>	<b>M±m</b>	<b>29,7±0,5***</b>	<b>25,3±0,6***</b>	<b>20,6±0,4***</b>	<b>18,3±0,3***</b>
КПТ + ЭВМ (6)	M±m	34,0±0,4***	40,3±0,6***	45,7±0,8***	48,6±0,6***
КПТ + ЭТГ (7)	M±m	40,4±0,5***	52,6±0,8***	60,4±0,9***	65,7±0,9***
КПТ + ЭП (8)	M±m	36,9±0,6***	48,5±0,9***	53,8±1,5***	56,3±1,3***

*Примечание* – \*P<sup>3</sup>0,95; \*\*P<sup>3</sup>0,99; \*\*\*P<sup>3</sup>0,999; КЗ – контроль-здоровые; КПТ – кандидамикозы пищеварительного тракта.

Table 1

**Dynamics of pseudoeosinophil content in the myelogram of healthy and CDT-infected quails under the influence of BAPP, %**

Groups	Statistic indicator	Terms of the experiment (days of experiment/age)			
		Background/10	30/40	60/70	90/100
<b>CH (1)</b>	<b>M±m</b>	<b>42.3±0.8</b>	<b>46.8±0.5</b>	<b>50.6±0.8</b>	<b>54.9±1.0</b>
CH + EWM (2)	M±m	44.9±0.9*	48.5±0.6*	56.3±1.0***	59.3±0.9***
CH + EDH (3)	M±m	52.9±1.1***	60.2±1.2***	76.5±1.6***	72.7±1.5***
CH + EP (4)	M±m	47.9±1.0***	56.7±0.9***	68.9±1.0***	64.8±1.1***
<b>CDT (5)</b>	<b>M±m</b>	<b>29.7±0.5***</b>	<b>25.3±0.6***</b>	<b>20.6±0.4***</b>	<b>18.3±0.3***</b>
CDT + EWM (6)	M±m	34.0±0.4***	40.3±0.6***	45.7±0.8***	48.6±0.6***
CDT + EDH (7)	M±m	40.4±0.5***	52.6±0.8***	60.4±0.9***	65.7±0.9***
CDT + EP (8)	M±m	36.9±0.6***	48.5±0.9***	53.8±1.5***	56.3±1.3***

*Note* – \*P<sup>3</sup>0.95; \*\*P<sup>3</sup>0.99; \*\*\*P<sup>3</sup>0.999; CH – control-healthy; CDT – candidamycosis of the digestive tract.

Продукция псевдоэозинофилов в костном мозге птиц 5 группы (контроль – больные) уступала фоновому значению птиц 1 группы в 1,42 раза, на 30, 60 и 90 сут. опыта – в 1,85; 2,45 и 3,0 раза. Это ответная реакция костного мозга в связи с ослаблением иммунных механизмов птенцов на фоне иммунной супрессии, вызванной интенсивным размножением в толстом отделе кишечника *Candida albicans* [19]. Однако применение продуктов пчеловодства способствовало восстановлению продукции псевдоэозинофилов в миелограмме перепелов. Под влиянием ЭВМ отмечалось умеренное повышение уровня псевдоэозинофилов. Их количество увеличилось по сравнению с показателями птиц 5 группы, не подвергнутых лечебным манипуляциям БАПП, в костном мозге перепелов 6 группы на 30, 60 и 90 сут. исследования в 1,59; 2,22 и 3,0 раза. Это достаточно высокая продукция костным мозгом псевдоэозинофильных клеток по сравнению с их фоновым уровнем, сниженным в связи с развитием в организме КПТ. Однако самая высокая продукция в костном мозге псевдоэозинофилов отмечалась под влиянием ЭТГ – 7 группа, которая превысила показатели перепелов 5 группы на 30, 60 и 90 сут. в 2,08; 2,93 и 3,59 раза. Незначительно ниже продукция

в костном мозге перепелов псевдоэозинофильных клеток была у птиц 8 группы – в 1,91; 2,61, и 3,07 раза. Применение БАПП на фоне КПТ способствовало изменениям количества псевдоэозинофилов в сторону физиологических значений, что свидетельствовало о восстановлении клеточного звена иммунитета перепелов.

Результаты исследования динамики содержания лимфоцитов в миелограмме здоровых и больных КПТ перепелов представлены на рисунке 1 (а, б).

Количество лимфоцитов в миелограмме птиц 1 контрольной группы не имело существенных изменений, что свидетельствовало о ранней стабилизации содержания этих клеток в организме здоровых перепелов [20]. Их показатель изменялся в сторону незначительного повышения по сравнению с фоновым уровнем на 30, 60 и 90 сут. опыта в 1,1; 1,27 и 1,14 раза. Но эти значения продукции костным мозгом лимфоцитов были недостаточными, что вызывало работу иммунной системы здоровых птиц на пределе возможностей. На этом фоне организм является податливым к действию различных факторов внешней и внутренней среды [21]. Возможно, одними из этих факторов являются нарушение баланса и активное

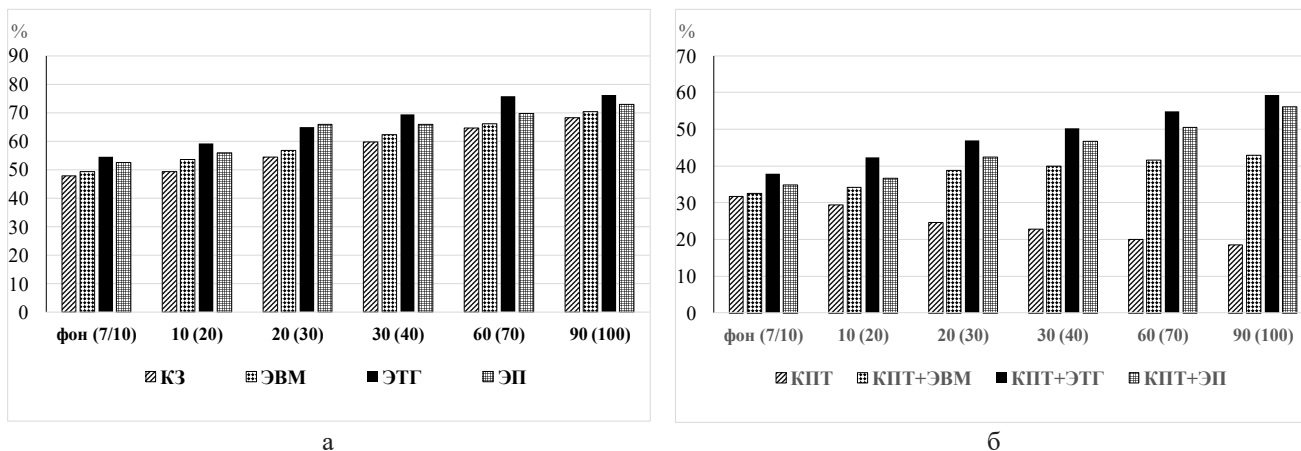


Рис. 1. Динамика содержания лимфоцитов в миелограмме здоровых (а) и больных КПТ (б) перепелов, %

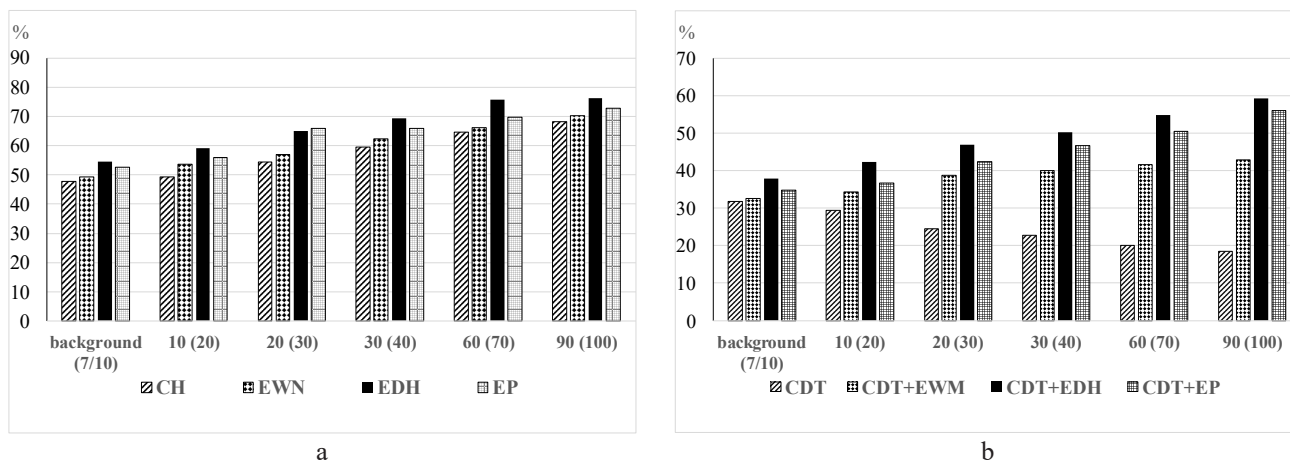


Fig. 1. Dynamics of lymphocyte content in the myelogram of healthy (a) and CDT-infected (b) quails, %

размножение условно-патогенных *Candida albicans* с дальнейшим переходом к развитию КПТ. Применение БАПП способствовало восстановлению уровня лимфоцитов в миелограмме перепелов 2, 3 и 4 групп до физиологического уровня. Содержание лимфоцитов в миелограмме больных КПТ перепелов 5 группы к началу исследований значительно превысило показатель птиц 1 контрольной группы (в 2,89 раза), что в данном случае является негативным моментом, свидетельствующим о развитии в организме воспалительного процесса на фоне усиленного размножения *Candida albicans*.

В последующие сроки опыта на фоне применения БАПП отмечалось постепенное восстановление данного показателя. ЭВМ способствовал снижению уровня лимфоцитов в сторону физиологических значений на 30, 60 и 90 сут. в 1,52; 1,47 и 1,37 раза; ЭТГ – в 2,36; 2,23 и 1,94 раза; ЭП – в 1,95; 2,06 и 2,17 раза.

Таким образом, применение БАПП на фоне развития в организме перепелов КПТ способствует восстановлению в миелограмме лимфоцитов – основных клеток иммунных реакций организма. БАПП на фоне активизации в организме перепелов КПТ способствовали купированию

воспалительных реакций благодаря их выраженным противомикробным, противогрибковым, иммуностимулирующим и иммунокорректирующим свойствам. Это способствовало восстановлению колонизационной резистентности, баланса *Candida albicans* в пищеварительной системе птиц и нормализации воспалительных процессов. Уровень лимфоцитов в миелограмме перепелов 6, 7, 8 опытных групп соответствовал референсным значениям и был ниже показателей больных КПТ птиц 5 группы.

Данные по изучению влияния БАПП на динамику в миелограмме здоровых и больных КПТ перепелов клеток эритроидного ростка представлены на рисунке 2 (а, б).

Эритроциты, пройдя все стадии эмбрионального развития, поступают из костного мозга в кровь, где участвуют в снабжении кислородом органов, тканей и клеток организма. Обратно они забирают углекислый газ и переносят его к легким для удаления. Вместе с кислородом они снабжают органы и ткани питательными веществами, поддерживают рН в организме на постоянном уровне, переносят на поверхности яды фагоцитам для их выведения [18, 19, 21, 22, 23].

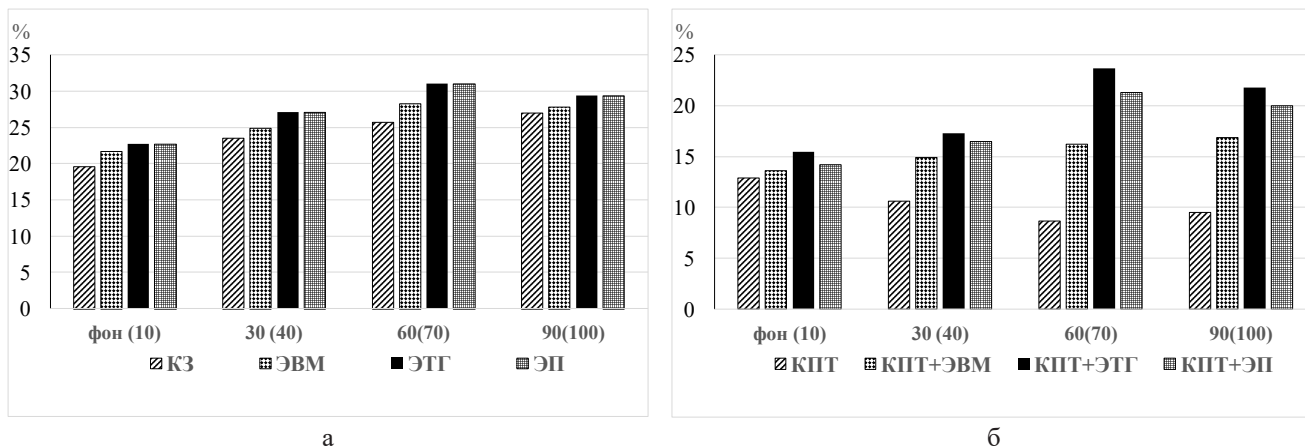


Рис. 2. Динамика содержания клеток эритроидного ростка в миелограмме здоровых (а) и больных КПТ (б) перепелов под влиянием БАПП, %

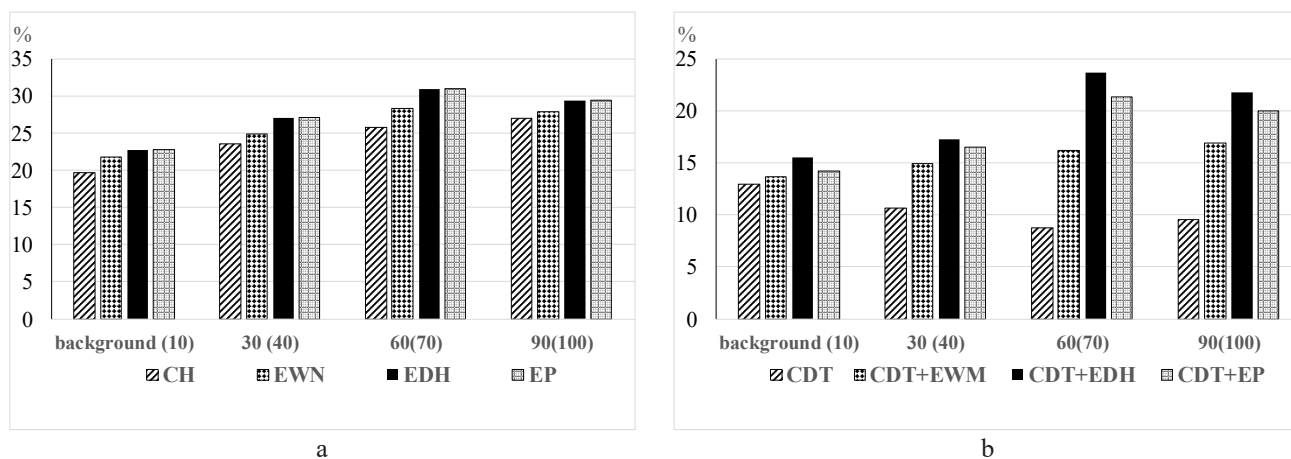


Fig. 2. Dynamics of erythroid lineage cells content in myelogram of healthy (a) and CDT-infected (b) quails under the influence of BAPP, %

Клетки эритроидного роста в миеограмме перепелов 1 контрольной группы изменялись в сторону повышения количества в возрастном аспекте по сравнению с фоновым значением на 30, 60 и 90 сут. в 1,19; 1,31 и 1,38 раза.

Применение БАПП в рационе птиц 2, 3 и 4 групп способствовало умеренному повышению продукции клеток эритроидного роста в организме перепелов. Показатель клеток эритроидного роста в миеограмме больных КПТ птиц 5 группы снизился по сравнению с их значением у перепелов 1 контрольной группы на 30, 60 и 90 сут. опыта в 2,22; 2,95 и 2,84 раза. Включение в рацион больных перепелов БАПП способствовало усилению продукции клеток эритроидного роста в миеограмме птиц на 30, 60 и 90 сут. по 6 группе в 1,4; 1,86 и 1,78 раза; по 7 группе – в 1,63; 2,72 и 2,29 раза; по 8 группе – в 1,55; 2,44 и 2,1 раза.

ЭВМ, ЭТГ и ЭП в разной степени активности способствовали на фоне восстановления иммуноклеточных реакций в костном мозге параллельному восстановлению колонизационной резистентности и баланса микробиоты в толстом отделе кишечника перепелов.

Результаты исследования динамики в кишечнике перепелов *Lactobacillus* spp. представлены в таблице 2.

Содержание лактобацилл к началу опыта у птиц 1 контрольной группы было несколько снижено, что, видимо, связано с воздействием на организм птенцов зоотехнических и ветеринарных манипуляций. Применение ЭВМ, ЭТГ и ЭП в толстом отделе кишечника здоровых перепелов 2-4 групп способствовало повышению и восстановлению содержания *Lactobacillus* spp. Их количество на 60 сут. исследований превысило показатель птиц 1 контрольной группы в 1,81; 2,29 и 2,07 раза и до конца опыта оставалось на высоком уровне. В кишечнике перепелов 5 группы, больных КПТ, по ходу прогрессирования кандидамикозов отмечалось выраженное снижение уровня лактобацилл. Они уступали контрольным цифрам птиц 1 группы к 60 и 90 сут. опыта в 4,3 и 6,0 раза. Применение для лечения больных перепелов 6, 7 и 8 групп ЭВМ, ЭТГ и ЭП способствовало активизации размножения в кишечнике птиц *Lactobacillus* spp. по сравнению с показателями больных перепелов 5 группы. К концу опыта они превышали фоновое значение больных контрольных птиц в 6,38; 10,0 и 8,84 раза. Подобным образом изменялась в толстом отделе кишечника перепелов динамика *Bifidobacterium* spp.

Антимикробная активность молочной кислоты, продуцируемой *Lactobacillus* spp. зависит

Таблица 2

**Динамика содержания в кишечнике здоровых и больных КПТ перепелов *Lactobacillus* spp. под влиянием БАПП, %**

Сроки опыта (сут./возраст)	Группы: 1-4 – здоровые, 5-8 – больные КПТ, lg КОЕ/г							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	КЗ	ЭВМ	ЭТГ	ЭП	КПТ	КПТ+ЭВМ	КПТ+ЭТГ	КПТ+ЭП
Фон (10)	6,7±0,02	7,1±0,11	7,0±0,14	6,8±0,03	4,3±0,20	4,8±0,22	5,4±0,44	5,2±0,22
10 (20)	7,4±0,16	7,9±0,18	8,6±0,25	7,8±0,11	3,8±0,23	5,6±0,25	7,3±0,36	6,9±0,22
		*	***	*	***	***	***	***
20 (30)	7,2±0,22	9,3±0,51	10,8±0,72	10,4±0,61	2,0±0,22	7,9±0,31	9,5±0,42	8,7±0,33
		***	***	***	***	***	***	***
30 (40)	8,0±0,33	10,7±0,41	12,6±0,44	11,9±0,22	1,4±0,14	8,4±0,41	10,7±0,75	9,8±0,55
		***	***	***	***	***	***	***
60 (70)	6,9±0,22	12,5±0,61	15,8±0,65	14,3±0,42	1,6±0,15	9,2±0,63	12,4±0,45	11,0±0,45
		***	***	***	***	***	***	***
90 (100)	7,8±0,33	13,6±0,65	16,2±0,65	15,0±0,15	1,3±0,15	8,3±0,35	13,0±0,63	11,5±0,35
		***	***	***	***	***	***	***

**Примечание** – \*P<sup>3</sup>0,95; \*\*P<sup>3</sup>0,99; \*\*\*P<sup>3</sup>0,999; КЗ – контроль-здоровые; КПТ – кандидамикозы пищеварительного тракта.

Table 2

**Dynamics of *Lactobacillus* spp. content in the intestine of healthy and CDT-infected quails under the influence of BAPP, %**

Terms of the experiment (days/age)	Groups: 1-4 – healthy, 5-8 – CDT-infected, lg CFU/g							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	CH	EWM	EDH	EP	CDT	CDT+ EWM	CDT+ EDH	CDT+ EP
Background (10)	6.7±0.02	7.1±0.11	7.0±0.14	6.8±0.03	4.3±0.20	4.8±0.22	5.4±0.44	5.2±0.22
10 (20)	7.4±0.16	7.9±0.18	8.6±0.25	7.8±0.11	3.8±0.23	5.6±0.25	7.3±0.36	6.9±0.22
		*	***	*	***	***	***	***
20 (30)	7.2±0.22	9.3±0.51	10.8±0.72	10.4±0.61	2.0±0.22	7.9±0.31	9.5±0.42	8.7±0.33
		***	***	***	***	***	***	***
30 (40)	8.0±0.33	10.7±0.41	12.6±0.44	11.9±0.22	1.4±0.14	8.4±0.41	10.7±0.75	9.8±0.55
		***	***	***	***	***	***	***
60 (70)	6.9±0.22	12.5±0.61	15.8±0.65	14.3±0.42	1.6±0.15	9.2±0.63	12.4±0.45	11.0±0.45
		***	***	***	***	***	***	***
90 (100)	7.8±0.33	13.6±0.65	16.2±0.65	15.0±0.15	1.3±0.15	8.3±0.35	13.0±0.63	11.5±0.35
		***	***	***	***	***	***	***

*Note* – \*P<sup>3</sup>0.95; \*\*P<sup>3</sup>0.99; \*\*\*P<sup>3</sup>0.999; CH – control-healthy; CDT – candidamycosis of the digestive tract.

от выработки ими, уксусной и пропионовой кислот, синергизм сочетания которых затормаживает рост патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, CO<sub>2</sub>, вырабатываемый ими, поддерживает анаэробные условия [24]. В результате активизации кислорода лактобациллами флавиносодержащими ферментами или NADH-пероксидазой образуется перекись водорода, которая усиливает антибактериальный эффект. Диацетил, синтезируемый *Lactobacillus* spp. затормаживает скорость роста патогенных микроорганизмов. Подобно динамике лактобацилл в толстом отделе кишечника перепелов изменялось содержание *Bifidobacterium* spp., оказывающих положительное влияние на секреторную функцию кишечника, всасывание, функциональную активность минерального, белкового, липидного обменов, ферментативную и витамин-синтезирующую функции микробиоты [2, 13].

Уровень *Candida albicans* [20] в кишечнике птиц 1 контрольной группы не имел существенных отклонений, и до 30 сут. исследований их значение колебалось в пределах от 3,36 до 3,78 lg КОЕ/г. На 60 и 90 сут. опыта содержание кандид в контроле снизилось в 1,33 и 1,6 раза, что свидетельствует о стабилизации их количества в здоровом организме перепелов в возрастном аспекте. Однако внесение в состав рациона здоровых птиц 2, 3, 4 групп

ЭВМ, ЭТГ и ЭП оказывало выраженное действие на степень снижения кандид в кишечнике перепелов. Это объясняется созданием в толстом отделе кишечника благоприятных условий под влиянием БАПП для активизации и усиленного размножения нормофлоры, продукты метаболизма которых способствовали снижению активности *Candida albicans* [25].

В толстом отделе кишечника перепелов 5 группы (контроль – больные) отмечалось активное размножение кандид. Уже к началу опытов их содержание превысило показатель здоровых птиц 1 группы в 1,88 раза. Эта тенденция нарастала, и на 10, 20, 30, 60, 90 сут. уровень *Candida albicans* в толстом отделе кишечника птиц 5 группы увеличился по сравнению с данными 1 контрольной группы в 2,41; 3,8; 4,6; 7,04 и 8,34 раза. Применение БАПП способствовало динамичному снижению количества *Candida albicans* в кишечнике больных перепелов 6, 7 и 8 групп. Следовательно, БАПП оказывают положительное влияние на восстановление колонизационной резистентности кишечника, способствуют профилактике дисбактериозов и развития КПП [25]. Динамика *Candida albicans* в толстом отделе кишечника здоровых и больных КПП перепелов схожа с динамикой *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas* spp [20].



## Выводы Conclusions

Использование биологически активных продуктов пчеловодства: экстрактов восковой моли, гомогената и прополиса – в перепеловодстве имеет перспективы для отрасли. Эти продукты, обладая адаптогенными свойствами, способствуют укреплению и поддержанию иммунитета перепелов, восстановлению естественной микробиоты кишечника, что приведет к повышению продуктивности и производству высококачественных, экологически чистых диетических продуктов (перепелиного мяса и яиц) без применения антимикотиков и химических добавок в качестве стимуляторов роста. На основании проведенных исследований сделаны изложенные ниже выводы.

1. В миелограмме больных кандидамикозами пищеварительного тракта перепелов при добавлении в рацион экстрактов восковой моли, гомогената

и прополиса регистрируются: а) стабилизация выработки псевдоэозинофилов, направленных на восстановление фагоцитоза; б) купирование воспалительных реакций, что проявляется в снижении количества лимфоцитов в 1,37; 2,09 и 2,17 раза; в) в увеличении продукции клеток эритроидного ростка.

2. Экстракты восковой моли, гомогената и прополиса способствуют восстановлению в толстом отделе кишечника больных кандидамикозами пищеварительного тракта перепелов естественного микробиоценоза:

а) содержание нормофлоры активизацией *Lactobacillus* spp. в 6,38; 10,0 и 8,84 раза, *Bifidobacterium* spp. – в 4,53; 8,31 и 6,81 раза;

б) затормаживание размножения в сторону физиологических значений уровня *C. albicans* в 3,3; 4,61 и 3,97 раза;

в) снижение активности условно-патогенных *Staphylococcus aureus* в 4,0; 7,78 и 4,51 раза, *Pseudomonas* spp. – в 3,05; 5,32 и 3,95 раза.

## Список источников

1. Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н., Легеца В.И., Махаловский В.Н и др. *Основы медицинской радиобиологии: Монография*. СПб.: Фолиант, 2004. 384 с. EDN: QLFOHB

2. Годовалов А.П., Карпунина Т.И. Определение компонентного состава биопленок грамположительных бактерий // *Клиническая лабораторная диагностика*. 2019. Т. 64, № 10. С. 632-634. <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2019-64-10-632-634>

3. Григорьев Е.В., Матвеева В.Г., Шукевич Д.Л., Радивилко А.С. и др. Индуцированная иммуносупрессия в критических состояниях: диагностические возможности в клинической практике // *Бюллетень сибирской медицины*. 2019. Т. 18, № 1. С. 18-29. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-1-18-29>

4. Демина Л.Л., Гордина Е.Н., Устюжанинова Л.В. Биохимический состав гомогената трутневого расплода // *Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): Сборник материалов Всероссийской ежегодной научно-практической конференции, г. Киров, 1-29 апреля 2017 г.* Киров: Вятский государственный университет, 2017. С. 35-39. EDN: YSQSVP

5. Ефанова Н.В., Осина Л.М., Баталова С.В. Влияние трутневого гомогената на элементный и метаболический статус собак // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2019. Т. 24, № 2. С. 58-63. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-24-2-58-63>

6. Иссе М.Я., Маннапова Р.Т. Биологическая активность экстракта пчелиного подмора // *Пчеловодство*. 2016. № 6. С. 53-55. EDN: ZBKVUR

7. Карташова О.Л., Пашкова Т.М., Пашинина О.А., Коваленко А.Л. Влияние циклоферона in vitro на рост и образование биопленок клиническими изолятами микроорганизмов // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2023. Т. 86, № 4. С. 29-33. <https://doi.org/10.30906/0869-2092-2023-86-4-29-33>

8. Козинец Г.И., Сарычева Т.Г., Луговская С.А. *Гематологический атлас: Настольное руководство*

## References

1. Butomo N.V., Grebenyuk A.N., Legeza V.I., Makhlovsky V.N. et al. *Fundamentals of medical radiobiology: Monograph*. Saint Petersburg, Russia: Foliant, 2004:384. (In Russ.)

2. Godovalov A.P., Karpunina T.I. The determination of biofilm composition of gram-positive bacteria. *Clinical Laboratory Diagnostics*. 2019;64(10): 632-634. (In Russ.) <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2019-64-10-632-634>

3. Grigoryev E.V., Matveeva V.G., Shukevich D.L. et al. Induced immunosuppression in critical care: diagnostic opportunities in clinical practice. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019;18(1):18-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-1-18-29>

4. Demina L.L., Gordina S.N., Ustyuzhaninova L.V. Biochemical composition of the homogenate of the drone brood. *Vserossiyskaya ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Obshchestvo. Nauka. Innovatsiya (NPK-2017)". Kirov, April 01-29, 2017*. Kirov, Russia: Vyatka State University, 2017:35-39. (In Russ.)

5. Efanova N.V., Osina L.M., Batalova S.V. Influence of molding homogenates on element and metabolic status of dogs. *Innovations and Food Safety*. 2019;(2):58-63. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-24-2-58-63>

6. Isse M.Ya., Mannapova R.T. Biological activity of extract of dead bees. *Pchelovodstvo*. 2016;6: 53-55. (In Russ.)

7. Kartashova O.L., Pashkova T.M., Pashinina O.A., Kovalenko A.L. Effect of cycloferon in vitro on growth and biofilm formation by clinical isolates of microorganisms. *Experimental and Clinical Pharmacology*. 2023;86(4): 29-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.30906/0869-2092-2023-86-4-29-33>

8. Kozinets G.I., Sarycheva T.G., Lugovskaya S.A. *Hematologic atlas: Desktop manual of a doctor-laborator*

- врача-лаборанта. М.: Практическая медицина, 2015. С. 192
9. Коленкин С.М., Михеева А.И. Основные правила исследования пунктата костного мозга // *Клиническая лабораторная диагностика*. 1999. № 2. С. 41-43
10. Колосова С.Ф., Китапбаева А.А., Кашкарова И.В., Алипина К.Б. Новые аспекты использования личинок восковой моли при создании биологически активных добавок // *Евразийский союз ученых*. 2019. Т. 65, № 8. С. 11-14. EDN: USZVWM
11. Маннапова Р.Т., Шайхулов Р.Р., Маннапов А.Г. Восстановление ультраструктуры печени при кандидомикозах на фоне энзимотерапии с адаптогенами // *Ветеринария*. 2020. № 8. С. 26-32. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.8.26-32>
12. Маннапова Р.Т., Шайхулов Р.Р., Свистунов Д.В. Реакция основных пищеварительных ферментов поджелудочной железы на фоне развития кандидамикозов птиц // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2023. Т. 51, № 3. С. 112-119. EDN: RBHTNM
13. Муравьев Д.В., Калачинская А.М. Трутневый гомогенат и его влияние на гематологические показатели крови кур-несушек // *Аграрная наука*. 2015. № 8. С. 23-24. EDN: UHFZYD
14. Пашина О.А., Пашкова Т.М., Карташова О.Л., Морозова Н.В. Антицитокиновая активность грибов рода *Candida* и их способность к продукции цитокиноподобных веществ // *Российский иммунологический журнал*. 2023. Т. 26, № 1. С. 57-62. <https://doi.org/10.46235/1028-7221-1150-AAO>
15. Саковцева Т.В., Войнова О.А., Ксенофонтова А.А., Савчук С.В. Влияние продуктов жизнедеятельности личинок *Galleria Mellonella* на некоторые биохимические и органолептические показатели яиц перепелов японской породы // Доклады МСХА: Материалы Международной научной конференции, Москва, 5-7 декабря 2017 г. Вып. 290. Ч. 3. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. С. 310-312. EDN: ORZGOX
16. Сачивкина Н.П., Ленченко Е.М., Хайтович А.Б. Оценка интенсивности образования биопленок микроскопическими грибами рода *Candida* // *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2018. Т. 8, № 3. С. 58-65. EDN: YUQTQL
17. Тамбиев Т.С., Тамбиева Ю.Г., Дулетов Е.Г., Федоров В.Х. и др. Антимикробная активность фитогенных препаратов в отношении условно-патогенной микрофлоры кишечника кур // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2023. Т. 58, № 2. С. 27-31. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-2-27-31>
18. Трухачев В.И., Маннапов А.Г. Инновационный прорыв в биологии пчел и технологии производства продуктов пчеловодства // *Пчеловодство*. 2020. № 3. С. 4-6. EDN: FEXQSX
19. Хайтович А.Б., Гаффарова А.С. Факторы патогенности *Candida albicans* и определение их генных детерминант // *Таврический медико-биологический вестник*. 2016. Т. 19, № 3. С. 121-126. EDN: XHWTKX
20. Шайхулов Р.Р. Механизм формирования и становления продуктами пчеловодства микробиоты
- Moscow, Russia: *Practicheskaya meditsina*, 2015:192. (In Russ.)
9. Kolenkin S.M., Mikheeva A.I. Basic rules for the study of bone marrow punctate. *Clinical Laboratory Diagnostics*. 1999;2:41-43. (In Russ.)
10. Kolosova S.F., Kitapbaeva A.A., Kashkarova I.V., Alipina K.B. New aspects of the use of wax moth larvae in the creation of biologically active additives. *Evraziyskiy soyuz uchenykh*. 2019;65(8):11-14. (In Russ.)
11. Mannapova R.T., Shaykhulov R.R., Mannapov A.G. Restoration of liver ultrastructure using enzymotherapy with adaptogenes during candidiasis. *Veterinary Medicine*. 2020;8: 26-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.8.26-32>
12. Mannapova R.T., Shaykhulov R.R., Svistunov D.V. The reaction of the main digestive enzymes of the pancreas against the background of the development of candidiasis of birds. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;51(3):112-119. (In Russ.)
13. Muraviev D.V., Kalachinskaya A.M. Homogenate of drones influence on hematologic indices of laying hens blood. *Agrarian Science*. 2015;8:23-24. (In Russ.)
14. Pashinina O.A., Pashkova T.M., Kartashova O.L., Morozova N.V. Anticytokine activity of fungi of the genus *Candida* and their ability to produce cytokine-like substances. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal*. 2023;26(1):57-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.46235/1028-7221-1150-AAO>
15. Sakovtseva T.V., Voynova O.A., Ksenofontova O.A., Savchuk S.V. Effect of *Galleria mellonella* larvae life products on some biochemical and organoleptic parameters of Japanese quail eggs. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya 130-letiyu N.I. Vavilova. Moscow, December 05-07, 2017. Doklady MSKhA 290(3)*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2018:310-312. (In Russ.)
16. Sachivkina N.P., Lenchenko E.M., Khaitovich A.B. The intensity of biofilm formation by microscopic fungi of the genus *Candida*. *Krymskiy zhurnal eksperimental'noy i klinicheskoy meditsiny*. 2018;8(3):58-65. (In Russ.)
17. Tambiev T.S., Tambieva Yu.G., Duletov E.G., Fedorov V.Kh. et al. Antimicrobial activity of phytogenic preparations against conditionally pathogenic intestinal microflora of chickens. *Aktual'nye voprosy veterinarnoy biologii*. 2023;58(2):27-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-2-27-31>
18. Trukhachev V.I., Mannapov A.G. An innovative breakthrough in the biology of bees and the technology of production of beekeeping products. *Pchelovodstvo*. 2020;3:4-6. (In Russ.)
19. Khaytovich A.B., Gaffarova A.S. Pathogenicity factors of *Candida albicans* and determination of their genes. *Tavrisheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2016;19(3):121-126. (In Russ.)
20. Shaikhulov R.R. The mechanism of formation and formation of intestinal microbiota by beekeeping

кишечника здоровых и больных кандидамикозами птиц / Р.Р. Шайхулов, Р.Т. Маннапова, Д.В. Свистунов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2024. Т. 19, № 1. – С. 176-191. EDN ARVFBX.

21. Abdullahi U.F., Igwenagu E., Mu'azu A., Aliyu S. et al. Intrigues of biofilm: A perspective in veterinary medicine. *Veterinary World*. 2016;9(1):12-8. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.12-18>

22. Bufalo M.C., Bordon-Graciani A.P., Conti B.J., de Assis Golim M., Sforcin et al. The immunomodulatory effect of propolis on receptors expression, cytokine production and fungicidal activity of human monocytes. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2014;66(10):1497-504. <https://doi.org/10.1111/jphp.12279>

23. Савчук С.В., Саковцева Т.В., Сергеенкова Н.А. Динамика гематологических показателей японских перепелов при скармливании продуктов жизнедеятельности личинок восковой моли // *Аграрная наука*. 2018. № 10. С. 20-22. <https://doi.org/10.3263/0869-8155-2018-319-10-20-22>

24. Трухачев В.И., Атанов И.В., Капустин И.В., Грицай Д.И. *Техника и технологии в животноводстве: учебное пособие*. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2015. 404 с. EDN VNBCPH

25. Minamoto Y.L., Otoni C.C., Steelman S.M., Buyukleblebici A.O. et al. Alteration of the fecal microbiota and serum metabolite profiles in dogs with idiopathic inflammatory bowel. *Gut Microbes*. 2015;6(1):33-47. <https://doi.org/10.1080/19490976.2014.997612>

products in healthy birds and those with candidiasis disease/R.R. Shaikhulov, R.T. Mannapova, D.V. Svistunov//Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series: Agronomy and animal husbandry. 2024;19 (1):176-191. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-1-176-191>. (In Russ.)

21. Abdullahi U.F., Igwenagu E., Mu'azu A., Aliyu S. et al. Intrigues of biofilm: A perspective in veterinary medicine. *Veterinary World*. 2016;9(1):12-18. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.12-18>

22. Bufalo M.C., Bordon-Graciani A.P., Conti B.J., de Assis Golim M. et al. The immunomodulatory effect of propolis on receptors expression, cytokine production and fungicidal activity of human monocytes. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2014;66(10):1497-504. <https://doi.org/10.1111/jphp.12279>

23. Savchuk S.V., Sakovceva T.V., Sergeenkova N.A. The dynamics of hematological parameters in Japanese quails after feeding them with waste products of wax moth larvae. *Agrarian science*. 2018;(10):20-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.3263/0869-8155-2018-319-10-20-22>

24. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsai D.I. *Technique and technology in animal husbandry: textbook*. Stavropol: AGRUS Publishing House, 2015: 404. (In Russ.)

25. Minamoto Y.L., Otoni C.C., Steelman S.M., Buyukleblebici A.O. et al. Alteration of the fecal microbiota and serum metabolite profiles in dogs with idiopathic inflammatory bowel. *Gut Microbes*. 2015;6(1):33-47. <https://doi.org/10.1080/19490976.2014.997612>

### Сведения об авторах

**Дмитрий Валерьевич Свистунов**, ассистент кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: svist@rgau-msha.ru

**Рамзия Тимергалеевна Маннапова**, доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии и иммунологии, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 125500, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ram.mannapova55@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9092-9862>

**Альфир Габдуллоевич Маннапов**, доктор биологических наук, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 125500, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: mannapov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5093-9740>

Статья поступила в редакцию 26.02.2024  
Одобрена после рецензирования 17.03.2024  
Принята к публикации 22.03.2024

### Information about the authors

**Dmitriy V. Svistunov**, Assistant at the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: svist@rgau-msha.ru

**Ramziya T. Mannapova**, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: ram.mannapova55@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9092-9862>

**Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: mannapov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5093-9740>

The article was submitted to the editorial office February 26, 2024  
Approved after reviewing March 03, 2024  
Accepted for publication March 22, 2024

Оригинальная научная статья

УДК 631.5: 633.16: 632.51 (470.331)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-124-132>



## Севооборот как биологический фактор регулирования засоренности посевов ярового ячменя в условиях Сонковского района Тверской области

Ангелина Максимовна Болховецкая, Игорь Анатольевич Заверткин,  
Николай Сергеевич Матюк, Владимир Антонович Николаев,  
Ольга Алексеевна Савоськина

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Ангелина Максимовна Болховецкая, [bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru](mailto:bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru)

### Аннотация

Яровой ячмень обширно используется в кормовых и пищевых целях. Системы земледелия в современных условиях предполагают использование короткоротационных севооборотов, что влечет за собой ухудшение фитосанитарного состояния полей, поэтому совершенствование структуры посевных площадей является приоритетной задачей. Потенциал, который заложен в растении, будет раскрыт неполностью при нерациональном использовании внутрихозяйственных ресурсов. Сорные компоненты в свою очередь будут угнетать рост культуры, тем самым снижая количество полученной продукции. Успешная борьба с сорняками осуществляется на основе системного подхода, предусматривающего агротехнические, биологические и химические меры. Стремление к высокой урожайности без оптимизации технологических процессов ведет к низкой рентабельности сельскохозяйственного производства, поэтому правильно выбранный предшественник – залог получения прибыли сельхозпроизводителей. Проведенные исследования заключаются в регулировании засоренности ячменя в условиях Тверской области с применением биологических методов. Самым доступным средством без каких-либо материальных затрат является севооборот. Предшественники оказывают различное влияние на видовой и количественный состав сорных растений. Максимальная засоренность по сумме сорной растительности, в том числе по биологическим группам, была установлена по предшественнику овсу (62 шт/м<sup>2</sup> малолетних сорняков и 53 шт/м<sup>2</sup> – многолетних). Лучшим предшественником для ярового ячменя в опыте является кукуруза на силос, после которого численность желтушника левкойного снизилась до 3 шт/м<sup>2</sup> соответственно, что послужило стимулом для роста урожайности изучаемой культуры с 4,5 до 7,4 т/га.

### Ключевые слова

яровой ячмень, севооборотное звено, сорняки, агрофитоценоз, урожайность, сельскохозяйственные производители, севооборот, технология возделывания, предшественник

### Благодарности

Статья подготовлена по итогам Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых аграрных образовательных и научных организаций России в 2024 г.

### Для цитирования

Болховецкая А.М., Заверткин И.А., Матюк Н.С., Николаев В.А., Савоськина О.А. Использование внутрихозяйственных ресурсов сельскохозяйственных производителей для формирования агрофитоценоза ячменя в условиях Тверской области // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 124-132. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-124-132>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-124-132>

## Crop rotation as a biological factor of weed control in spring barley crop in the Sonkovsky district of the Tver region

Angelina M. Bolkhovetskaya, Igor A. Zavertkin, Nikolay S. Matyuk,  
Vladimir A. Nikolaev, Olga A. Savoskina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Angelina M. Bolkhovetskaya; [bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru](mailto:bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru)

### Abstract

Spring barley is widely used for fodder and food purposes. Modern farming systems involve the use of short crop rotations, which leads to a deterioration in the phytosanitary condition of the fields, so improving the structure of the fields is a priority. The potential of the crop will not be fully exploited if local resources are used irrationally. Weed components, in turn, inhibit crop growth and reduce the amount of product obtained. Successful weed control is based on a systematic approach involving agrotechnical, biological and chemical measures. The pursuit of yield without the optimization of technological processes leads to low profitability of agricultural production, so a properly selected predecessor is the key to profit for agricultural producers. The aim of the study is to regulate barley weeds in the Tver region using biological methods. Crop rotation is the cheapest method without material costs. Predecessors have a different effect on the species and quantitative composition of weeds. The maximum clogging in the sum of weed vegetation, including biological groups, was found for the oat predecessor (62 pcs/m<sup>2</sup> of juvenile weeds and 53 pcs/m<sup>2</sup> of perennial weeds). The best predecessor for spring barley in the experiment is corn for silage, after which the number of *Erysimum cheiranthoides* decreased to 3 pcs/m<sup>2</sup>, which caused an increase in the yield of the studied crop from 4.5 to 7.4 t/ha.

### Keywords

spring barley, crop rotation link, weeds, agrophytocenosis, yield, agricultural producers, crop rotation, cultivation technology, predecessor

### Acknowledgments

The article was prepared on the basis of the results of the All-Russian competition for the best scientific work among students, postgraduate students and young scientists of agrarian educational and scientific organizations of Russia in 2024.

### For citation

Bolkhovetskaya A.M., Zavertkin I.A., Matyuk N.S., Nikolaev V.A., Savoskina O.A. Crop rotation as a biological factor of weed control in spring barley crop in the Sonkovsky district of the Tver region. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):124-132. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-124-132>

### Введение Introduction

Яровой ячмень – основная продовольственная, кормовая и техническая культура [1]. Из его зерна изготавливают муку, суррогат кофе, перловую и ячневую крупу. Для приготовления хлеба ячменная мука малоприспособна, лишь изредка ее добавляют в количестве 20-25% к пшеничной или ржаной муке. В зерне ячменя содержится от 7 до 15% белка, 65% безазотистых экстрактивных соединений, 2% жира, 5,0-5,5% клетчатки, 2,5-2,8% золы [2]. Белок содержит все незаменимые аминокислоты, в том числе особо дефицитные и наиболее ценные – лизин и триптофан. Зерно ячменя применяется в виде концентрированного корма (в 1 кг зерна содержится 1,27 корм. ед. и 100 г усваиваемого белка) для всех видов животных. Большое содержание в зерне гордецина

положительно сказывается на здоровье животных. Ячменная солома по питательности лучше ржаной и пшеничной соломы; в запаренном виде она неплохо съедается животными.

В связи с ростом посевных площадей возникает необходимость соответствующего уровня защиты посевов ярового ячменя от сорных растений [3]. Зарубежные авторы отмечают, что на участках с наиболее интенсивной борьбой с сорняками биомасса сорняков за годы снизилась у всех культур. При этом у ячменя, где обработки не проводились, биомасса сорных растений увеличивалась [4]. Доказано, что уровень урожайности ячменя в основном зависит от метеорологических условий периода вегетации, количества малолетних и многолетних сорняков, предшествующих культур и внесения минеральных удобрений [5].

Как в органическом земледелии, так и в хозяйствах, которые ведут комплексную борьбу

с вредителями, существует потребность в нехимических ее мерах с многолетней сорной флорой [6].

**Цель исследований:** изучение влияния севооборота как биологического фактора засоренности и урожайности ярового ячменя.

### Методика исследований

#### Research method

Исследования проводились в Сонковском районе Тверской области на территории организации ООО «Скопа» в 2023 г.

При проведении опыта использовался количественно-весовой метод учета. Сорняки учитывались инструментальным методом. По каждому из вариантов учет производился путем наложения рамки 0,25 м<sup>2</sup> (50 см × 50 см). Рамки накладывались по диагонали соответствующего участка в четырехкратной повторности. Учет производили в два срока: перед обработкой гербицидом в фазу кущения (31 мая) и через 30 дней после применения гербицида. В площади рамки учитывался количественный и видовой состав сорняков, все данные заносились в ведомости по учету засоренности, а потом – в журнал опыта.

Техническую эффективность рассчитали как процентное отношение численности сорняков на гербицидном и безгербицидном фонах.

Климатический анализ проведен исходя из данных справочно-информационного портала [7], учет урожая полевых культур – сплошным методом<sup>1</sup>. Обработку полученных результатов производили при помощи статистического исследования свойств совокупности объектов, основываясь на изучении свойств только небольшой части

объектов, выборочным методом. Экономический анализ производства выполнен с помощью нормативно-справочных материалов.

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

Урожайность полевых культур складывается из нескольких факторов: почвенное плодородие, предшественники, метеоусловия. Климат Тверской области – умеренно континентальный, переходный от континентального к более влажному с умеренно теплым летом и холодной зимой, короткой весной и облачной, часто дождливой осенью [8]. Температурный режим характеризуется величинами, представленными на рисунке 1.

Самым холодным месяцем является январь. Средняя температура января составила –10,7°С. Наиболее теплым месяцем считается июль. Средние температуры июля составили примерно 17,1°С. Продолжительность вегетационного периода составляет 165-170 дней. Сумма температур за вегетационный период – 1700-2000°С [9]. В 2023 г. температура воздуха за календарный год, в том числе за период вегетации, была на несколько градусов выше средней многолетней, что сдвинуло сроки посева и весенние полевые работы.

Среднегодовое количество осадков составляет 550-750 мм. В 2023 г. наибольшее количество осадков пришлось на июль – период созревания культуры. Это в свою очередь повлияло на сроки уборки ярового ячменя.

Почвы полей ООО «Скопа» – дерново-подзолистые, по механическому составу в основном

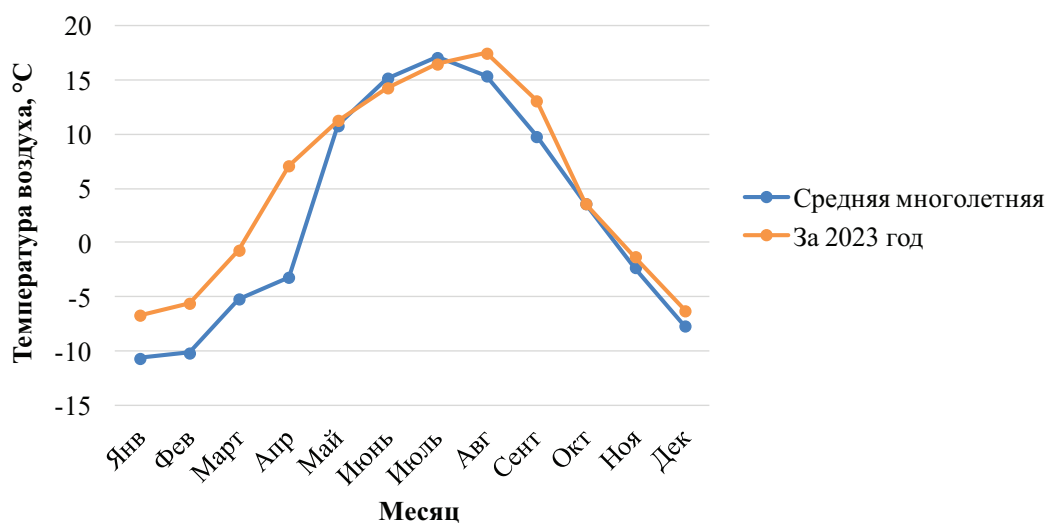


Рис. 1. Сравнение среднемесячной температуры воздуха за 2023 г. со средней многолетней, °С

<sup>1</sup> Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям*. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985. М.: Альянс, 2011. 350 с. EDN QLCQEP

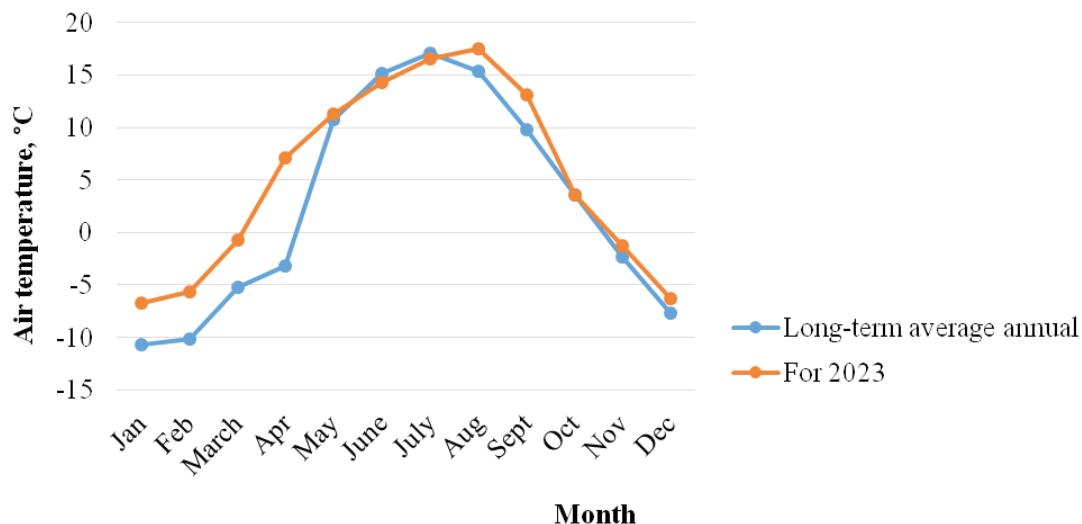


Fig. 1. Comparison of average monthly air temperature for 2023 with the long-term average annual, °C

легкосуглинистые, рН водной вытяжки составляет от 5,1-5,5; содержание гумуса – 2,6-3,0%.

Для проведения опыта было задействовано 2 севооборотных звена с яровым ячменем: 1 – «Озимая пшеница-овес-яровой ячмень»; 2 – «Кукуруза на силос-кукуруза на силос-ячмень». Агротехника – общепринятая в зоне с применением химических средств защиты растений (гербицид Ассолюта Прайм, 0,5 л/га). В год проведения исследований видовой состав, численность сорных растений зависели от погодных условий вегетационного периода, применения гербицидов и степени влияния предшественников ярового ячменя.

Основная часть сорного компонента в посевах ярового ячменя была представлена яровыми ранними: лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.), желтушник левкойный (*Erysimum cheiranthoides* Crantz); зимующими – фиалка полевая (*Viola arvensis* Murray). Многолетние сорняки были представлены в основном корнеотпрысковыми сорняками: осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L.). Среди многолетних наиболее часто встречался осот полевой. Это можно объяснить, во-первых, быстрым размножением корнеотпрысковых сорняков, во-вторых – тем, что при механической обработке почвы корни данных сорняков измельчаются и из почек на отдельных отрезках отрастают новые растения, тем самым создаются проблемы с искоренением [10].

Предшественники ярового ячменя оказывают заметное влияние на формирование сорного компонента агрофитоценоза. Максимальная засоренность по сумме сорной растительности, в том числе по биологическим группам, была установлена по предшественнику овсу (62 шт/м<sup>2</sup> малолетних сорняков). При этом количество и удельный вес лебеды раскидистой составили 22 шт/м<sup>2</sup>, или 19%,

желтушника левкойного – 9 шт/м<sup>2</sup>, или 8% соответственно (рис. 2)

Численность многолетних сорняков составила 53 шт/м<sup>2</sup>, наибольшее распространение наблюдалось за осотом полевым – 27 шт/м<sup>2</sup>, или 24%.

Установлено, что сороочищающим предшественником для ярового ячменя является кукуруза на силос, после которого численность желтушника левкойного снизилась до 3 шт/м<sup>2</sup>, однако в севооборотном звене «Кукуруза на силос-кукуруза на силос-яровой ячмень» наблюдается тенденция увеличения численности лебеды раскидистой (30 шт/м<sup>2</sup>) по сравнению с севооборотным звеном «Озимая пшеница-овес-яровой ячмень». Это объясняется тем, что повторное возделывание, а также более продолжительный период вегетации кукурузы, за который сорняк успевает обсемениться, способствовали пополнению банка семян сорняков в почве.

Полное снижение засоренности полей за счет агротехнических приемов не всегда дает положительный результат, поэтому возникает необходимость применения гербицидов. Засоренность посевов ярового ячменя менялась в зависимости от применения средств защиты растений. Ситуация после обработки гербицидом изменилась в лучшую сторону.

Было установлено, что применение на посевах ярового ячменя препарата Ассолюта Прайм (0,5 л/га) позволило снизить численность малолетних сорняков в звене I на 48,4%; многолетних сорняков – на 86,8%; в звене II – на 78,8 и 67,9% соответственно (табл. 1).

Максимальная урожайность ярового ячменя во втором севооборотном звене после предшественника кукурузы на силос составила (7,4 т/га), что на 2,9 т/га, или на 39,2%, выше по сравнению с первым севооборотным звеном, где предшественником ярового ячменя был овес (табл. 2).

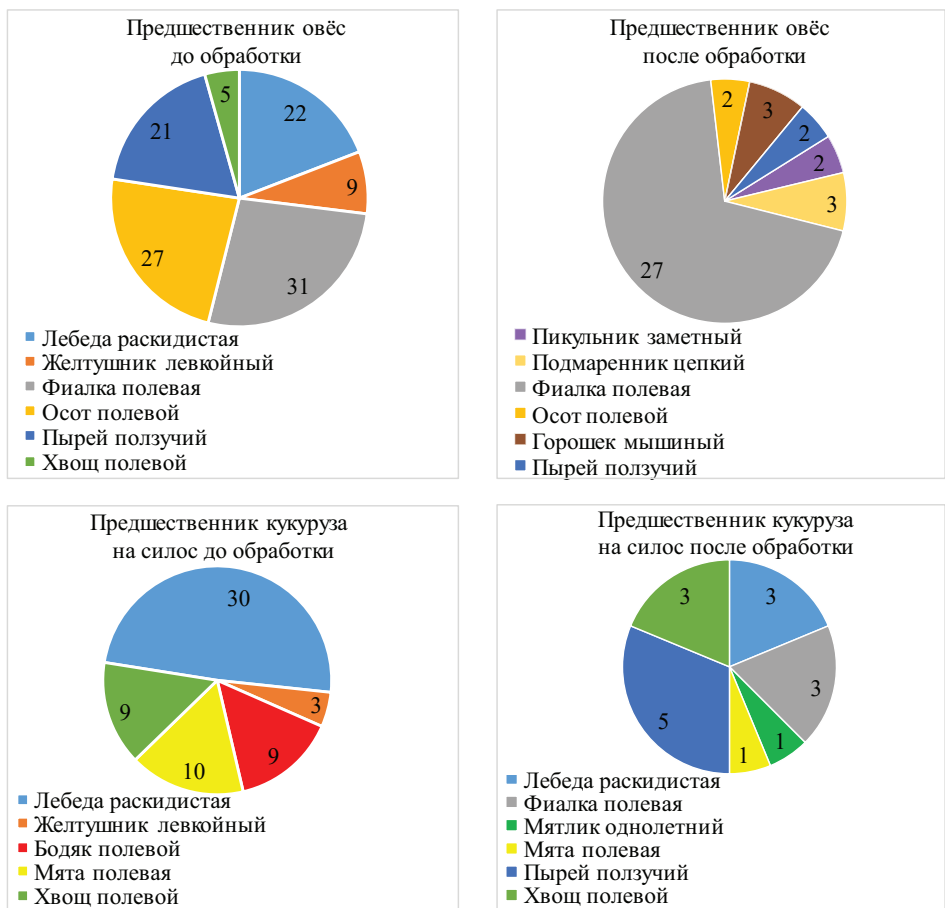


Рис. 2. Карты засоренности полей до и после применения гербицида, шт/м²

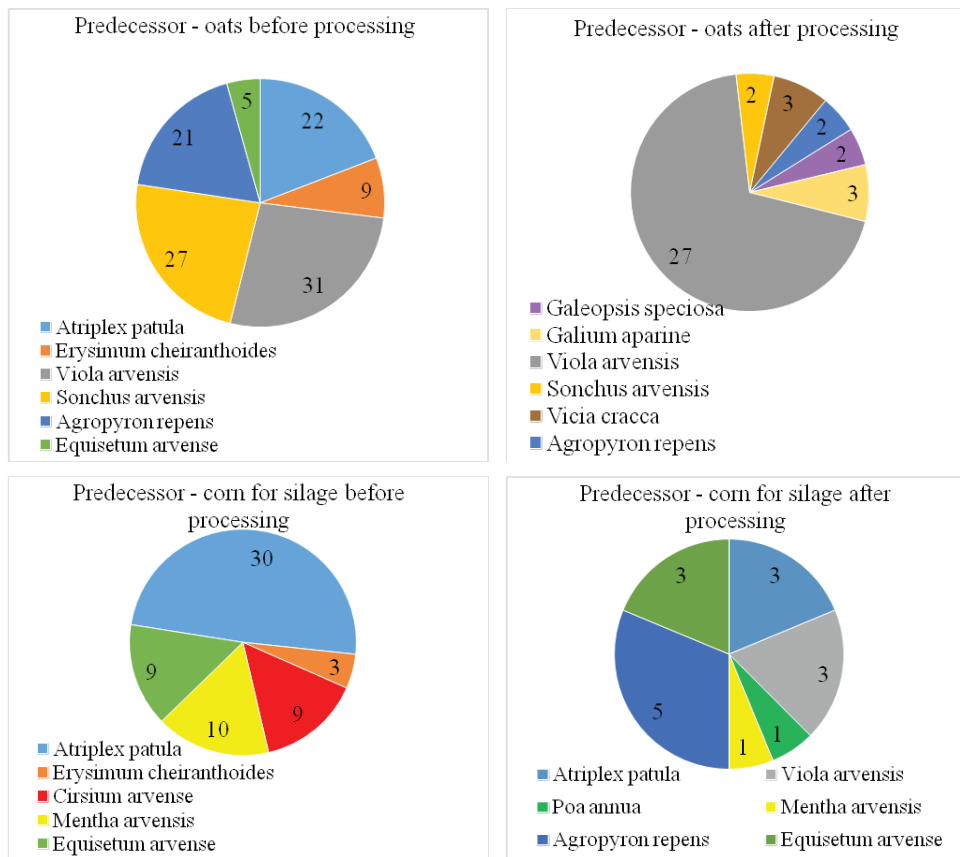


Fig. 2. Maps of field weediness before and after herbicide application, pcs/m²



**Техническая эффективность гербицидов, применяемых в хозяйстве**

Гербицид	Варианты опыта	Эффективность, %	
		малолетние	многолетние
Ассолюта Прайм	Поле 1, предшественник – овес	48,4	86,8
	Поле 2, предшественник – кукуруза на силос	78,8	67,9

Table 1

**Technical efficiency of herbicides used on the farm**

Herbicide	Experimental options	Efficiency, %	
		juvenile	perennial
Assoluta Prime	Field 1, predecessor – oats	48.4	86.8
	Field 2, predecessor – corn for silage	78.8	67.9

Таблица 2

**Урожайность ярового ячменя в 2023 г.**

Культура / Предшественник	Урожайность при влажности 14%, т/га
Яровой ячмень / Овес	4,5
Яровой ячмень / Кукуруза на силос	7,4

Table 2

**Spring barley yield, 2023**

Culture / Predecessor	Yield at humidity 14%, t/ha
Spring barley / Oats	4.5
Spring barley / Corn for silage	7.4

Для учета показателей изменчивости был подсчитан коэффициент вариации по формуле 1:

$$V = \frac{s}{x} \cdot 100 \quad (1)$$

Коэффициент вариации при данной урожайности составил 26,12%. Вариация сильная ( $V > 20\%$ ) означает высокий разброс полученных данных. Также была найдена ошибка выборочной средней по формуле 2:

$$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Ошибка выборочной средней составила 1,08, следовательно, среднее значение выборки отличается от среднего значения генеральной совокупности на полученную величину.

О целесообразности производства ярового ячменя после различных предшественников можно судить по экономическому анализу (табл. 3).

Оценка эффективности севооборотных звеньев показала, что при формировании наибольшей урожайности ячменя в севооборотном звене «Кукуруза на силос-кукуруза на силос-ячмень» уровень рентабельности на 32,3% был выше по сравнению с севооборотным звеном, где предшественником является овес.

Таблица 3

**Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя  
с учетом разных предшественников**

№ п/п	Показатель	предшественник – овес (100 га)	предшественник – кукуруза на силос (100 га)
		1	2
1	Урожайность т/га	4,45	7,36
2	Валовой сбор, т	445,00	736,00
3	Цена реализации 1 т, руб.	18 000,00	18 000,00
4	Выручка от реализации, руб.	8 010 000,00	13 248 000,00
5	Всего затрат на производство, руб.	7 172 035,58	9 202 230,54
6	Прибыль, руб.	837 964,42	4 045 769,46
7	Рентабельность производства, %	11,68	43,97
8	Прямые затраты труда, чел.-ч	262,68	310,19
9	Прямые затраты труда на 1 т, чел.-ч	0,59	0,42
10	Себестоимость 1 т, руб.	16 116,93	12 503,03

Table 3

**Economic efficiency of cultivating spring barley taking into account different predecessors**

No.	Indicator	predecessor – oats (100 ha)	predecessor – corn for silage (100 ha)
		1	2
1	Yield t/ha	4.45	7.36
2	Gross harvest, t	445.00	736.00
3	Sales price 1 t, rub.	18 000.00	18 000.00
4	Sales revenue, rub.	8 010 000.00	13 248 000.00
5	Total production costs, rub.	7 172 035.58	9 202 230.54
6	Profit, rub.	837 964.42	4 045 769.46
7	Production profitability, %	11.68	43.97
8	Direct labor costs, person-hour	262.68	310.19
9	Direct labor costs per 1 ton, person-hour	0.59	0.42
10	Production cost of 1 t, rub.	16 116.93	12 503.03

## Выводы Conclusions

Исходя из полученных результатов, можно прийти к следующему заключению.

1. В 2023 г. температура воздуха была на несколько градусов выше средней многолетней. Наибольшее количество осадков выпало в июле, в период созревания культуры, что повлияло на сроки уборки ярового ячменя.

2. Севооборотное звено «Пшеница-овес-яровой ячмень» способствует росту численности сорных компонентов (62 шт/м<sup>2</sup> малолетних сорняков и 53 шт/м<sup>2</sup> – многолетних). Наиболее часто встречаемые из малолетних – фиалка полевая (31 шт/м<sup>2</sup>) и лебеда раскидистая (22 шт/м<sup>2</sup>), а из многолетних – осот полевой (27 шт/м<sup>2</sup>) и пырей ползучий (21 шт/м<sup>2</sup>).

3. Лучшим предшественником ярового ячменя в условиях Тверской области является кукуруза на силос, где численность сорного компонента снизилась до 33 шт/м<sup>2</sup> малолетних и 28 шт/м<sup>2</sup> – многолетних.

4. Техническая эффективность гербицида Ассюлота Прайм в среднем составила 70% для малолетних и 72,4% – для многолетних сорняков.

5. Максимальная урожайность ярового ячменя отмечена во втором севооборотном звене, где предшественником была кукуруза на силос, составив 7,4 т/га, что на 2,9 т/га выше по сравнению с предшественником овсом, урожайность которого составила 4,5 т/га.

6. Уровень рентабельности на варианте с предшественником «Кукуруза на силос» составила 43,97%, что на 32,3% больше по сравнению с севооборотным звеном «Озимая пшеница-овес-ячмень».

## Список источников

1. Афанасьева Д.С., Кадырова Ф.З. Семенные качества различных генотипов ярового ячменя в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан // *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*. 2022. Т. 1, № 2. С. 12-18. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-38-45>

2. Домась А.С. *Технологии возделывания сельскохозяйственных культур*: Электронное учебное издание. Брест: Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2019. 352 с.

3. Шабалкин А.В., Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засоренностью посевов ячменя // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. Т. 1, № 2. С. 139-144. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11104>

4. Rasmussen I.A., Olesen J.E., Askegaard M., Kristensen K. Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2006;113(1-4):184-195. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.007>

5. Кафтан Ю.В. Влияние засоренности посевов ячменя и минерального питания на урожайность в Центральной зоне Оренбургской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021. Т. 1, № 4. С. 104-108. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108>

6. Brandsæter L.O., Mangerud K., Andersson L., Børresen T. et al. Influence of mechanical weeding and fertilisation on perennial weeds, fungal diseases, soil structure and crop yield in organic spring cereals. *Soil & Plant Science*. 2020; 70(4):318-332. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1728371>

7. Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 19.02.2024).

8. Цыганов А.А. *Физическая география и ландшафты материков и океанов*: Учебное пособие. Тверь: Тверской государственный университет, 2020. 477 с. EDN WYDOU

## References

1. Afanas'eva D., Kadyrova F. Features of properties of seeds of different genotypes of spring barley. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoe zemledelie*. 2022;1(2):12-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-38-45>

2. Domas', A.S. *Crop cultivation technologies: electronic educational publication*. Brest, Belarus: Brest State A.S. Pushkin University, 2019:352. (In Russ.)

3. Shabalkin A.V., Vorontsov V.A., Skorochkin Y.P. The efficiency of different methods of primary tillage and means of intensification in the fight against contamination of crops of barley. *Legumes and Groat Crops*. 2019;1(2):139-144. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11104>

4. Rasmussen I.A., Olesen J.E., Askegaard M., Kristensen K. Effects on weeds of management in newly converted organic crop rotations in Denmark. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 2006;113(1-4):184-195. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.007>

5. Kaftan Yu.V. Influence of infestation of barley crops and mineral nutrition on yield in the Central zone of the Orenburg region Influence of clogging of barley crops and mineral nutrition on yield in the Central zone of the Orenburg region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;1(4):104-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-90-4-104-108>

6. Brandsæter L.O., Mangerud K., Andersson L., Børresen T. et al. Influence of mechanical weeding and fertilisation on perennial weeds, fungal diseases, soil structure and crop yield in organic spring cereals. *Soil & Plant Science*. 2020;70(4):318-332. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1728371>

7. Reference and information portal “Weather and climate”. (In Russ.) URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (accessed: February 19, 2024)

8. Tsyganov A.A. *Physical geography and landscapes of continents and oceans: textbook*. Tver, Russia: Tver State University, 2020:477. (In Russ.)

9. Павлова В.Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // *Метеорология и гидрология*. 2020. Т. 1, № 1. С. 78-94. EDN OPLARE

10. Николаев В.А., Щигрова Л.И. Регулирование сорного компонента и урожайность сахарной свеклы в различных севооборотах // *Владимирский земледелец*. 2022. Т. 1, № 4. С. 17-21. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-4-17-21>

9. Pavlova V.N., Calanca P., Karachenkova A.A. Grain crops productivity in european russia under climate change in recent decades. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2020;1(1):78-94. (In Russ.)

10. Nikolaev V.A., Shchigrova L.I. Regulation of the weed infestation and yield of sugar beet in various crop rotations. *Vladimirskiy zemledelets*. 2022;1(4):17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-4-17-21>

### Сведения об авторах

**Ангелина Максимовна Болховецкая**, студент 4 курса кафедры земледелия и методики опытного дела, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru](mailto:bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0009-9599-7694>

**Игорь Анатольевич Заверткин**, исполняющий обязанности заведующего кафедрой земледелия и методики опытного дела, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [izavyortkin@rgau-msha.ru](mailto:izavyortkin@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

**Николай Сергеевич Матюк**, профессор кафедры земледелия и методики опытного дела, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [nmatyuk@rgau-msha.ru](mailto:nmatyuk@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1142-2810>

**Владимир Антонович Николаев**, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [vnikolaev@rgau-msha.ru](mailto:vnikolaev@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8974-3609>

**Ольга Алексеевна Савоскина**, профессор кафедры земледелия и методики опытного дела, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [osavoskina@rgau-msha.ru](mailto:osavoskina@rgau-msha.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1568-4922>

Статья поступила в редакцию 19.02.2024  
Одобрена после рецензирования 10.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

### Information about the authors

**Angelina M. Bolkhovetskaya**, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru](mailto:bolkhovetskaya.angelina@yandex.ru); <https://orcid.org/0009-0009-9599-7694>

**Igor A. Zavertkin**, CSc (Agr), Associate Professor, Acting Head of the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [izavyortkin@rgau-msha.ru](mailto:izavyortkin@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

**Nikolay S. Matyuk**, DSc (Agr), Associate Professor, Professor at the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [nmatyuk@rgau-msha.ru](mailto:nmatyuk@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1142-2810>

**Vladimir A. Nikolaev**, CSc (Agr), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [vnikolaev@rgau-msha.ru](mailto:vnikolaev@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8974-3609>

**Olga A. Savoskina**, DSc (Agr), Professor, Professor of the Department of Agriculture and Experimental Methodology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [osavoskina@rgau-msha.ru](mailto:osavoskina@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1568-4922>

The article was submitted to the editorial office February 19, 2024  
Approved after reviewing March 10, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024

**ТИМИРЯЗЕВСКИЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ / TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL**

e-mail: [izvestiya\\_bio@rgau-msha.ru](mailto:izvestiya_bio@rgau-msha.ru)  
тел.: +7 (499) 976-07-48 добавочный 2

Адрес редакции:  
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 58, каб. 221  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

---

Принято в печать 28.06.2024 г. Формат 60 84/8 8,3 печ. л.  
Гарнитура шрифта «Times New Roman»

---