

ТИМИРЯЗЕВСКИЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL

Том 1. № 4 / 2023

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 Туусии, 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, Пуццоно, 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

<https://www.bioscience-journal.com/>

TIMIRYAZEV
BIOLOGICAL JOURNAL
ТИМИРЯЗЕВСКИЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Vol. 1(4)/2023

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. Dzhaliyov**, 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
<https://www.bioscience-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

BOTANY, PLANT PHYSIOLOGY

- Обзорная статья
С.Д. Бакулин, И.А. Савинов
Обзор видовой разнообразия кислиц (*Oxalis* L.)
на территории Российской Федерации 6
- Review article
Semyon D. Bakulin, Ivan A. Savinov
Species diversity of wood sorrel (*Oxalis* L.) in the Russian
Federation: review 6

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ

BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

- Обзорная статья
С.С. Макаров, А.И. Чудецкий, А.Н. Сахоненко,
А.В. Соловьев, Л.Р. Ахметова, А.П. Демидова,
Ю.И. Кондратенко
Создание биоресурсной коллекции ягодных растений
на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 23
- Review article
Sergey S. Makarov, Anton I. Chudetsky,
Alexey N. Sakhonenko, Alexandr V. Solovyov,
Lilia R. Akhmetova, Alena P. Demidova,
Yuliya I. Kondratenko
Creation of a bioresource collection of berry plants on the basis
of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy 23
- Оригинальная научная статья
Ю.И. Агирбов, Р.Р. Мухаметзянов,
Н.В. Арзамасцева, Е.В. Ковалева, А.М. Хезhev,
Т.В. Остапчук, Д.В. Снегирев
Производство яблок в мире и в основных странах:
площади, валовые сборы, урожайность 34
- Original article
Yuri I. Agirbov, Rafail R. Mukhametzyanov,
Natalia V. Arzamastseva, Elena V. Kovaleva,
Akhmed M. Khezhev, Tatiana V. Ostapchuk,
Dmitry V. Snegirev
Apple production: area, gross yield, productivity in the world
and main countries 34
- Оригинальная научная статья
М.Т. Спыну, М.И. Титова, И.А. Серегин,
А.М. Ярославцев, Н.А. Александров
Сравнительная оценка изменения видового состава
растительности на территории западного поля
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 47
- Original article
Marina T. Spynu, Maria I. Titova, Ivan A. Seregin,
Alexey M. Yaroslavtsev, Nikita A. Aleksandrov
Comparative assessment of the change in the species
composition of vegetation on the territory of the western
field of RSAU-MTAA 47

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- Оригинальная научная статья
К.А. Матушкина, В.Д. Давыденкова
Репродуктивные показатели батурской жабы *Bufo*
baturae (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999)
при выращивании на различных живых кормах 59
- Original article
Ksenia A. Matushkina, Vera D. Davydenkova
Impact of live food on the reproductive performance
of the Batur toad, *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein
et Grosse, 1999) in captivity 59
- Оригинальная научная статья
И.В. Тарабрин, В.В. Усенко
Оксигенация крови лошадей как показатель работоспособности 69
- Original article
Ivan V. Tarabrin, Valentina V. Usenko
Equine blood oxygenation as a coefficient of performance 69
- Оригинальная научная статья
И.Г. Рязанов, А.П. Коновалов, И.И. Цепилова
Оценка влияния применения кормовой добавки на основе
хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) на продуктивность
кур кросса Ломан Браун 81
- Original article
Igor G. Ryazanov, Andrey P. Kononov, Irina I. Tsepilova
Evaluation of the effect of a chlorella-based feed additive
(*Chlorella vulgaris* Beijer) on the productivity of Loman
Brown cross laying hens 81
- Оригинальная научная статья
И.И. Корнишин, О.А. Петрова, А.Б. Грачев
Анализ общей физической работоспособности
студентов-киберспортсменов 87
- Original article
Igor I. Kornishin, Oksana A. Petrova, Andrey B. Grachev
Analysis of general physical performance of students-eSportsmen 87
- Оригинальная научная статья
С.В. Рупасов, Е.В. Комарова, Л.Д. Кильпио,
Н.А. Мельников, Т.А. Мельникова, Г.А. Трусов,
У.Ф. Пахлеванова
Фауна и население птиц бассейна среднего течения р.
Кара (Полярный Урал, Большеземельская тундра)
по результатам экспедиционных исследований 2017
и 2023 гг. 94
- Original article
Sergey V. Rupasov, Ekaterina V. Komarova, Lev D. Kilpio,
Nikolai A. Melnikov, Tatyana A. Melnikova,
Georgy A. Trusov, Ulyana F. Pakhlevanova
Fauna and bird population of the basin of the middle reaches
of the Kara River (Polar Urals, Bolshezemelskaya tundra)
based on to the results of expedition studies in 2017
and 2023 94

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

- Оригинальная научная статья
Х.К. Худякова, Е.В. Худякова, М.Н. Степанцевич,
О.А. Моторин, М.В. Журавлев, М.С. Никаноров
Содержание структурных углеводов и лигнина в многолетних
злаковых кормовых травах в зависимости от фазы роста
и цифровые инновации в анализе состава корма 107
- Original article
Hatima K. Khudyakova, Elena V. Khudyakova,
Marina N. Stepanitsevich, Oleg A. Motorin,
Mikhail V. Jouravlev, Mikhail S. Nikanorov
Structural carbohydrate and lignin content of perennial cereal
forage grasses depending on the growth phase and digital
innovations in forage composition analysis 107

ПОЧВЕВЕДЕНИЕ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО,
КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬSOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT,
LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

- Оригинальная научная статья
Б.А. Борисов, О.Е. Ефимов, О.В. Елисеева,
Н.В. Минаев, А.А. Прохоров
Оценка состояния органического вещества и физических
свойств постагрогенной дерново-подзолистой почвы
и ее пахотного аналога 116
- Original article
Boris A. Borisov, Oleg E. Efimov, Olga V. Eliseeva,
Nikolay V. Minaev, Artem A. Prokhorov
Assessment of organic matter state and physical properties
of postagrogenic sod-podzolic soil and its arable analogue 116

БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ /
BOTANY, PLANT PHYSIOLOGY

БОТАНИКА

Обзорная статья

УДК 581.5:581.9(470 + 571)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-6-22>Обзор видового разнообразия кислиц (*Oxalis* L.) на территории Российской Федерации

Семён Дмитриевич Бакулин, Иван Алексеевич Савинов

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

Автор, ответственный за переписку: Бакулин Семён Дмитриевич, bakulinsd@yandex.ru

Аннотация

Oxalis L. – крупный род цветковых растений, богатый представителями с разнообразными жизненными формами и приспособленными к широкому спектру экологических условий. Многие виды *Oxalis* – инвазионные и сорные растения, а также обладающие практическим применением в медицине, озеленении, кулинарии. В статье дан краткий обзор доступных данных по изучению разнообразия *Oxalis* – преимущественно в трудах российских исследователей. Нами выявлено отсутствие четкой согласованности между информацией о видовом разнообразии *Oxalis* в России в отечественных источниках литературы, существующими образцами в гербарии МГУ (MW) и данными базы iNaturalist. По данным литературы, род *Oxalis* на территории России представлен видами: *O. acetosella* L., *O. corniculata* L., *O. debilis* Kunth, *O. dillenii* Jacq., *O. latifolia* Kunth, *O. obtriangulata* Maxim., *O. stricta* L., *O. tetraphylla* Cav., *O. violacea* L. Отмечена частая встречаемость в литературе синонимичных родов: *Xanthoxalis* Small и *Jonoxalis* Small. Гербарные образцы указывают на наличие местонахождений на территории России также вида *O. articulata* Savigny, но отсутствия *O. latifolia*. Согласно базе iNaturalist род *Oxalis* в России представлен следующими видами: *O. acetosella*, *O. articulata*, *O. corniculata*, *O. debilis*, *O. dillenii*, *O. latifolia*, *O. obtriangulata*, *stricta*, *O. tetraphylla*. Анализ приведенных источников показывает неопределенность степени распространения на территории России таких видов, как *O. corniculata*, *O. dillenii* и *O. stricta*; указывает на необходимость проверки местонахождений *O. articulata*, *O. debilis*, *O. latifolia*, *O. tetraphylla*, *O. violacea*; подтверждает аборигенность для территории России *O. acetosella* и *O. obtriangulata*. Дальнейшее изучение данного вопроса позволит пролить свет на видовое разнообразие *Oxalis* в России, в том числе на степень распространенности инвазионных видов: *O. articulata*, *corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta*.

Ключевые слова

Oxalis, кислица, систематика растений, флора, биоразнообразие, гербарные образцы, iNaturalist, *Oxalis acetosella*, *Oxalis articulata*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis debilis*, *Oxalis dillenii*, *Oxalis latifolia*, *Oxalis obtriangulata*, *Oxalis stricta*, *Oxalis tetraphylla*, *Oxalis violacea*

Для цитирования

Бакулин С.Д., Савинов И.А. Обзор видового разнообразия кислиц (*Oxalis* L.) на территории Российской Федерации // Тимирязевский биологический журнал. 2023. № 1(4). С. 6-22. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-6-22>



Species diversity of wood sorrel (*Oxalis* L.) in the Russian Federation: review

Semyon D. Bakulin, Ivan A. Savinov

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

Corresponding author: Semyon D. Bakulin; bakulinsd@yandex.ru

Abstract

Oxalis L. is a large genus of flowering plants, rich in representatives with diverse life forms and adapted to a wide range of ecological conditions. Many *Oxalis* species are invasive and weedy plants and also have practical applications in medicine, landscaping, and cooking. This article attempts provide a brief review of the available data on the study of *Oxalis* diversity, mostly in the works of Russian researchers. The authors have found a lack of clear consistency between information on *Oxalis* species diversity in Russia in domestic literary sources, existing herbarium specimens from the Moscow State University herbarium (MW) and data from the iNaturalist database. According to the literature, the genus *Oxalis* is represented in Russia by the following species: *O. acetosella* L., *O. corniculata* L., *O. debilis* Kunth, *O. dillenii* Jacq., *O. latifolia* Kunth, *O. obtriangulata* Maxim., *O. stricta* L., *O. tetraphylla* Cav., *O. violacea* L. The frequent occurrence of the synonymous genera *Xanthoxalis* Small and *Jonoxalis* Small in the literature has been noted. Herbarium specimens indicate the presence of the species *O. articulata* Savigny in Russia, but the absence of *O. latifolia*. According to the iNaturalist database, the genus *Oxalis* is represented in Russia by the following species: *O. acetosella*, *O. articulata*, *O. corniculata*, *O. debilis*, *O. dillenii*, *O. latifolia*, *O. obtriangulata*, *O. stricta*, *O. tetraphylla*. The analysis of the cited sources shows the uncertainty of the degree of distribution in Russia of such species as *O. corniculata*, *O. dillenii* and *O. stricta* and indicates the need to verify the locations of *O. articulata*, *O. debilis*, *O. latifolia*, *O. tetraphylla*, *O. violacea*. It also confirms the aboriginality of *O. acetosella* and *O. obtriangulata* in Russia. Further study of these issues will shine a spotlight on the species diversity of *Oxalis* in Russia, including the prevalence of invasive species: *O. articulata*, *O. corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta*.

Keywords

Oxalis, wood-sorrel, plants systematics, flora, biodiversity, herbarium specimens, iNaturalist, *Oxalis acetosella*, *Oxalis articulata*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis debilis*, *Oxalis dillenii*, *Oxalis latifolia*, *Oxalis obtriangulata*, *Oxalis stricta*, *Oxalis tetraphylla*, *Oxalis violacea*

For citation

Bakulin S.D., Savinov I.A. Species diversity of wood sorrel (*Oxalis* L.) in the Russian Federation: review. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):6-22. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-6-22>

Введение Introduction

Систематика растений – постоянно развивающееся и динамичное направление ботанических исследований в России и мире. Важно постоянно изучать разнообразие растений для понимания степени богатства флоры и естественных ботанических ресурсов определенных территорий. Необходимо учитывать комплексный исследовательский подход в систематике, опираясь на данные анатомии, морфологии, экологии, геоботаники, таксономии, филогенетики. Принятие во внимание как можно большего количества информации о таксоне или группе таксонов позволяет прогнозировать поведение и развитие их представителей, оценить степень потенциально возможного или существующего влияния со стороны изучаемых растений на естественные экосистемы, хозяйственную жизнь и здоровье человека. Особый интерес

в данном аспекте представляют систематически сложные группы растений, богатые видами, разнообразными по особенностям строения, физиологии, экологии, представляющие интерес для человека в области медицины и озеленения, а также имеющие потенциал инвазионных и сорных видов. Одной из таких групп является род кислица – *Oxalis* L.

Цель исследований: провести обзор сложной, богатой видами группы растений рода *Oxalis* L. для создания эффективных методов борьбы с распространением инвазионных видов растений.

Методы исследования Research method

Oxalis – род травянистых многолетних, или реже – однолетних трав и кустарниковых растений семейства кисличные (*Oxalidaceae* R. Br.). По данным World flora online [1], род включает в себя

688 видов, по данным Plants of the World Online – 565 видов [2].

Род *Oxalis* включает в себя растения с разнообразными жизненными формами: травянистые многолетники (кислица обыкновенная – *O. acetosella* L., кислица слабая – *O. debilis* Kunth и др.), и реже – однолетники (кислица спиральная – *O. spiralis* G. Don, кислица прямостоячая – *O. stricta* L.), кустарники (кислица гигантская – *O. gigantea* Barnéoud), кустарнички (кислица крупнокорневищная – *O. megalorrhiza* Jacq.), полукустарнички (кислица тонколистная – *O. tenuifolia* Jacq.). У различных видов *Oxalis* можно обнаружить разнообразные метаморфозы: столоны (*O. acetosella*); клубни (кислица клубненосная – *O. tuberosa* Molina); луковички (*O. debilis*); корневища (кислица треугольная – *O. triangularis* A. St. – Hil.); каудекс (*O. megalorrhiza*). Побеги видов *Oxalis* могут быть как ортотропными (*O. stricta*), так и плагиотропными (*O. acetosella*), укороченными (кислица разноцветная – *O. versicolor* L.) или удлиненными (кислица Боуи – *O. bowiei* W.T. Aiton ex G. Don). Иногда встречаются розеточные формы роста (кислица четырехлистная – *O. tetraphylla* Cav.). Листья представителей *Oxalis* обычно тройчатые, но встречаются и с большим количеством листочков (кислица желтая – *O. flava* L., кислица пальмолистная – *O. palmifrons* Salter). Листочки сердцевидные (*O. acetosella*), обратнотреугольные (кислица обратнотреугольная – *O. obtriangulata* Maxim), яйцевидно-треугольные (кислица пурпурная – *O. purpurea* L.), овальные (кислица железистая – *O. adenodes* Sond., кислица куполовидная – *O. convexula* Jacq.). Листья зеленые (*O. acetosella*) с пятнами отложений оксалатов (*O. tetraphylla*) или темно-бордовые (кислица рожковая – *O. corniculata* L., *O. triangularis*). Хорошо известна способность листочков *O. acetosella* складываться при ярком солнечном свете или в случае прикосновения к ним [3, 4].

Цветки *Oxalis* собраны в соцветия и реже расположены одиночно. Околоцветник двойной. Чашечка сростнолистная или раздельнолистная. Листочки венчика раздельные или сросшиеся со всем у основания. Окраска венчика разнообразна: белый (*O. acetosella*), розовый (*O. debilis*), фиолетовый (*O. triangularis*), желтый (кислица Диллениуса – *O. dillenii* Jacq.), оранжевый или почти красный (кислица неравная – *O. inaequalis* Weintraub), двухцветный (*O. versicolor*). Андроцей представлен 10 тычинками в двух кругах (двубратственный, пятиильный). Цветки энтомофильные. Гинецей ценокарпный (синкарпный), с анатропными семязачатками. Плод – пятигнездовая коробочка, вскрывающаяся пятью створками. Особенности вскрывания створок определяют виды *Oxalis* как баллистохорных растений. Мелкие семена некоторых видов имеют присемянники, что позволяет распространяться мирмекохорно. Широко известная особенность цветков *O. acetosella* – клейстогамия,

для которой характерно образование недоразвитых и нераскрывающихся цветков, где происходит самооплодотворение, наряду с нормальными аллогамными цветками [4].

Для рода характерна тристилия – наличие в популяциях растений с разной длиной столбиков, расположенных на разных уровнях относительно кругов тычинок: ниже обоих наборов тычинок – короткие, между наборами – средние, над тычинками – длинные [5]. Данное свойство цветков *Oxalis*, а также встречаемость дистильных и гомостильных растений и их различная распространенность в популяциях разных видов являются материалом для многих работ [6-8].

Экологически виды *Oxalis* разнообразны. Встречаются как мезофиты, часто тяготеющие к сциофитному образу жизни (*O. acetosella*), так и ксерофиты, проявляющие все признаки гелиофилии (кислица козья – *O. pes-caprae* L., *O. stricta*). Виды *Oxalis* способны произрастать на бедных почвах. У некоторых видов известен симбиоз с азотфиксаторами рода *Bacillus* Cohn [9].

Многие виды *Oxalis*, например, *O. dillenii*, *O. pes-caprae*, *O. stricta*, являются инвазионными и способны наносить заметный вред аборигенной флоре и сельскохозяйственным культурам [10]. Человек использует некоторые виды *Oxalis* в пищу (*O. tuberosa*), а также в декоративных целях (*O. debilis*, *O. tetraphylla*, *O. triangularis* и др.) [9, 11, 12].

Систематика *Oxalis*. Род *Oxalis* входит в семейство Oxalidaceae порядка кисличноцветные (Oxalidales Bercht. & J. Presl). Положение данных семейства и порядка на сегодняшний день до конца является неясным. В системе А.Д. Кронквиста [13] семейство Oxalidaceae входит в порядок Geraniales. По данным системы А.Л. Тахтаджяна 1997 г. [14], порядок Oxalidales включен в надпорядок Geraniaeae. В системе А.Л. Тахтаджяна 2009 г. [15] Oxalidales находится в составе надпорядка Rutanae. По последним данным, Oxalidales занимает место в кладе «СОМ» (Celastrales, Oxalidales, Malpighiales). По некоторым данным, указанные порядки имеют гибридогенное происхождение от скрещивания представителей групп Rosids и Fabids [16].

Единственный полный видовой обзор *Oxalis* дал R. G.P. Knuth [5], распределивший все известные на тот момент виды (791) по 37 секциям. Работы более поздних авторов посвящены систематике отдельных секций *Oxalis*, а также изучению разнообразия *Oxalis* в границах определенных флористических царств, фитоценозов и государств.

Центры разнообразия *Oxalis* – Южная Африка и Южная Америка, последняя является центром происхождения рода [17]. Большинство работ по систематике *Oxalis* выполнено на видах, произрастающих в данных регионах. Большой вклад в изучение *Oxalis* внесли морфологические исследования Salter [18], палинологические данные L.L. Dreyer [19], серия работ А. Lourteig [20-26],

публикации С. Obone [27], а также комплексные исследования особенностей генетики, морфологии и анатомии *Oxalis*, выполненные К.С. Oberlander et al. [28-30] и М. Jooste et al. [9, 31]. В работах Oberlander и Jooste удалось найти достоверные связи между полиморфизмами в определенных генах пластома (гены *trn*) и ITS с некоторыми анатомическими и морфологическими признаками листьев, луковиц, пыльцы. Данные К.С. Oberlander и М. Jooste не согласуются с системами взглядов Т.М. Salter и А. Lourteig, но подтверждают исследования L.L. Dreyer.

Другие исследования посвящены отдельным секциям, экологическим и биоморфологическим группам *Oxalis*. Известны объемные работы по систематике секции *Corniculatae* [32-34], *Oxalis* [35-37], а также по разнообразию видов рода на территориях различных государств [38-42].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Специальные исследования, посвященные разнообразию видов *Oxalis* на территории России, не проводились. Русскоязычные источники, где фигурирует видовое разнообразие *Oxalis* в России, – это общие флористические работы. Объем данного таксона в России до конца является непонятным. В зависимости от автора, года публикации и исследованной территории существует множество взглядов на разнообразие *Oxalis* в Российской Федерации.

Первая систематизация рода *Oxalis* дана в справочнике «Флора СССР» С.Г. Горшковой и др. [43]. Автор приводит 6 видов для территории СССР: *O. acetosella*, *O. corniculata*, *O. pes-caprae*, *O. obtriangulata*, *O. stricta*, *O. violacea*. *O. pes-caprae* отмечена в Абхазии и Грузии. Следующая опубликованная инвентаризация рода (уже для территории России) – С.К. Черепанова [44]. Наряду с *Oxalis* С.К. Черепанов принимает род *Xanthoxalis*, чьи представители могут рассматриваться как синонимы соответствующих видов *Oxalis*. Для рода *Oxalis* отмечаются виды *O. acetosella*, *O. obtriangulata*, *O. pes-caprae*, *O. violacea*. Для *Xanthoxalis* указываются виды *X. corniculata*, *X. dillenii*, *X. fontana*, *X. stricta*. Интересно, что в работе С.К. Черепанова в качестве синонима *X. fontana* имеет кислую двусмысленную – *O. ambigua* Salisb., тогда как по современным данным *X. fontana* – это синоним *O. stricta*, равноценный *O. fontana* Bunge [1, 34]. Сегодня *O. ambigua* является признанным самостоятельным видом, характерным для западного побережья Южной Африки [30]. В более поздней своей работе [45] С.К. Черепанов принимает род *Jonoxalis* с видами *J. pes-caprae* и *J. violacea* как синоним рода *Oxalis*. Здесь род *Oxalis* впервые для России дополнен видом *O. latifolia*. В то же время в роде

Xanthoxalis вид *X. dillenii* понижен до синонима для *X. stricta* и указан новый вид – *X. grenadensis*, являющийся на сегодняшний день синонимом *O. corniculata* [1].

Во «Флоре СССР» [43] и в работах С.К. Черепанова [44, 45] указываются виды *Oxalis*, не отмеченные на территории России в последних данных: *O. pes-caprae*, *O. violacea*. Ближайшие местонахождения *O. pes-caprae* к территории России – Турция, Европа и Япония [46]. *O. violacea* является североамериканским видом [47, 48].

Согласно «Флоре Восточной Европы» [49] семейство Oxalidaceae на территории Европейской части бывшего СССР включает в себя 3 рода: *Xanthoxalis*, *Jonoxalis*, *Oxalis*. Род *Xanthoxalis* представлен 3 видами: *X. corniculata* с подвидами *X. corniculata* subsp. *corniculata*, *X. corniculata* subsp. *repens*, отличающимися особенностями строения побегов; *X. stricta* с подвидами *X. stricta* subsp. *stricta*, *X. stricta* subsp. *villicaulis*, различающиеся степенью опушения стеблей и плодов; *X. dillenii*. К роду *Jonoxalis* относится один вид – *J. tetraphylla*. К роду *Oxalis* Н.Н. Цвелев относит также один вид – *O. acetosella*.

Существует цикл работ, посвященных флоре Кавказа, в которых также отражен род *Oxalis*. Так, В.И. Липский в своем труде 1899 г. [50] указывает для флоры Кавказа 2 вида: *O. acetosella* и *O. corniculata*. По данным А.А. Гроссгейма [51], во флоре Кавказа насчитывается 5 видов *Oxalis*: *O. acetosella*, *O. cernua*, *O. corniculata*, *O. stricta*, *O. violacea*. *O. cernua* сегодня – синоним *O. pes-caprae* [1]. Как и С.Г. Горшкова [43], А.А. Гроссгейм указывает местонахождение синонимичного *O. pes-caprae* вида на территориях Абхазии и Грузии. Согласно работе А.И. Галушко [52] во флоре Северного Кавказа представлен вид *O. acetosella*, а также 2 вида *Xanthoxalis*: *X. corniculata* и *X. stricta*. Более поздние работы по распространению видов *Oxalis* на Кавказе были осуществлены А.С. Зерновым в рамках изучения местной флоры. В определителе сосудистых растений Причерноморья [53] А.С. Зернов указывает 2 вида: *O. corniculata* и *O. stricta*. Во «Флоре Северо-Западного Кавказа» [54] А.С. Зерновым перечисляются 6 видов *Oxalis*: *O. acetosella*, *O. corniculata*, *O. corymbosa*, *O. latifolia*, *O. stricta*, *O. violacea*. *O. corymbosa* – сегодня подвид *O. debilis* согласно World Flora Online [1]. По данным А.С. Зернова 2010 г. [55], на российском Западном Кавказе произрастают лишь *O. acetosella* и *O. violacea*.

Виды *Oxalis* локально известны из других территорий России. Во флоре Сибири и конкретно во флоре болот Юго-Востока Западной Сибири изначально была отмечена только *O. acetosella* [56-60]. П.Н. Крыловым также отмечается форма *O. acetosella* f. *subpurpurascens* [56]. Позже, по дополненным данным для флоры Сибири, также указывается *O. stricta* как *X. stricta* [61]. Такое же указание таксонов сохраняется в справочнике «Конспект

Состав рода *Oxalis* L. на территории России по различным источникам

Автор, год публикации	Территория	Указанные виды в источнике
Горшкова С.Г., 1949	СССР	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. pes-caprae</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> , кислица фиолетовая – <i>O. violacea</i> L.
Черепанов С.К., 1981	СССР	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> L., <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. pes-caprae</i> , <i>O. violacea</i> Желтокислица – <i>Xanthoxalis</i> Small: Желтокислица рожковая – <i>X. corniculata</i> (L.) Small, Жёлтокислица Диллениуса – <i>X. dillenii</i> (Jacq.) Holub., желтокислица прямая – <i>X. fontana</i> (Bunge) Holub., <i>X. stricta</i> (L.) Small.
Черепанов С.К., 1995	Россия и сопредельные страны (бывшие участники СССР)	Клубнекислица – <i>Jonoxalis</i> Small: клубнекислица козья – <i>J. pes-caprae</i> (L.) Small, клубнекислица фиолетовая – <i>J. violacea</i> (L.) Small <i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> L., кислица широколистная – <i>O. latifolia</i> Kunth, <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. pes-caprae</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> , <i>X. fontana</i> , желтокислица гренадская – <i>X. grenadensis</i> (Urb.) Tzvel., <i>X. stricta</i> .
Цвелёв Н.Н., 1996	Восточная Европа	<i>Jonoxalis</i> : клубнекислица четырехлистная – <i>J. tetraphylla</i> (Cav.) J. Rose. <i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> . <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> с подвидами <i>X. c.</i> subsp. <i>corniculata</i> , желтокислица рожковая ползучая – <i>X. c.</i> subsp. <i>repens</i> (Thunb.) Tzvel. comb. nova; <i>X. stricta</i> с подвидами <i>X. s.</i> subsp. <i>stricta</i> , желтокислица прямая вьющаяся – <i>X. s.</i> subsp. <i>villicaulis</i> (Wieg.) Tzvel. Comb. nova.; <i>X. dillenii</i> .
Липский В.И., 1899	Кавказ	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i>
Гроссгейм А.А., 1962	Кавказ	<i>O. acetosella</i> , кислица наклоненная – <i>O. cernua</i> Thunb. (Абхазия, Грузия), <i>O. corniculata</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. violacea</i>
Галушко А.И., 1980	Северный Кавказ	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> , <i>X. stricta</i>
Зернов А.С., 2002	Российское Причерноморье	<i>O. corniculata</i> , <i>O. stricta</i>
Зернов А.С., 2006	Северо-Западный Кавказ	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , кислица щитковидная – <i>O. corymbosa</i> DC., <i>O. latifolia</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. violacea</i>
Зернов А.С., 2010	Западный Кавказ	<i>O. acetosella</i> , <i>O. violacea</i>
Крылов П.Н., 1935; Попов М.Г., 1957; Пешкова Г.А., 1979, 1996; Лапшина Е.Д., 2004	Сибирь	<i>O. acetosella</i>
Доронькин В.М., 2003	Сибирь	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. stricta</i>
Мальшев Г.А. и др., 2012	Азиатская часть России (от Урала до Дальнего Востока)	<i>O. acetosella</i> , <i>O. obtriangulata</i>
Антипова Е.М., 2012	Средняя Сибирь	<i>O. acetosella</i>
Ильминских Н.Г., 2021	Экофлора Урала и Сибири	<i>O. acetosella</i>
Руперхт Ф.И., 1854; Говорухин В.С., 1937; Горчаковский П.Л., 1966	Урал	<i>O. acetosella</i>
Ворошилов В.Н., 1996	Дальний Восток	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i>
Цвелёв Н.Н., 2006	Дальний Восток	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> <i>Xanthoxalis</i> : желтокислица ползучая – <i>X. repens</i> (Thunb.) Dostal
Зозулин Г.М., Федяева В.В., 1984	Бассейн нижнего течения р. Дон	Кислица европейская – <i>O. europaea</i> (Jord.) Mold. (<i>O. stricta</i> auct.)
Черненко Т.В., Шорина Н.И., 1990	Москва и Московская область (биологическая флора)	<i>O. acetosella</i>
Варлыгина Т.И. и др., 2007	Москва	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. stricta</i>
Майоров С.Р. и др., 2012	Москва (адвентивная флора)	<i>O. corniculata</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. tetraphylla</i>
iNaturalist, 2023	Россия	<i>O. acetosella</i> , <i>O. articulata</i> Savigny, <i>O. corniculata</i> , <i>O. debilis</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. latifolia</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. tetraphylla</i>

Composition of the genus *Oxalis* L. in Russia according to various sources

Author, year of publication	Territory	Species listed in the source
Gorshkova G.S., 1949	USSR	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. pescaprae</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> , violet wood-sorrel – <i>O. violacea</i> L.
Cherepanov S.K., 1981	USSR	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> L., <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. pes-caprae</i> , <i>O. violacea</i> Yellow wood-sorrel – <i>Xanthoxalis</i> Small: Horn yellow wood-sorrel – <i>X. corniculata</i> (L.) Small, Dillenius yellow wood-sorrel – <i>X. dillenii</i> (Jacq.) Holub., straight yellow wood-sorrel – <i>X. fontana</i> (Bunge) Holub., <i>X. stricta</i> (L.) Small
Cherepanov S.K., 1995	Russia and neighboring states (within the former USSR)	Tuber wood-sorrel – <i>Jonoxalis</i> Small: goat tuber wood-sorrel – <i>J. pes-caprae</i> (L.) Small, violet tuber wood-sorrel – <i>J. violacea</i> (L.) Small <i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> L., broadleaf wood-sorrel – <i>O. latifolia</i> Kunth, <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. pes-caprae</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> , <i>X. fontana</i> , grendis yellow wood-sorrel – <i>X. grenadensis</i> (Urb.) Tzvel., <i>X. stricta</i>
Tzvelev N.N., 1996	East Europe	<i>Jonoxalis</i> : four-leaf tuber wood-sorrel – <i>J. tetraphylla</i> (Cav.) J. Rose <i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> with subspecies <i>X. c.</i> subsp. <i>corniculata</i> , horn creeping yellow wood-sorrel – <i>X. c.</i> subsp. <i>repens</i> (Thunb.) Tzvel. comb. nova; <i>X. stricta</i> with subspecies <i>X. s.</i> subsp. <i>stricta</i> , straight curly yellow wood-sorrel – <i>X. s.</i> subsp. <i>villicaulis</i> (Wieg.) Tzvel. Comb. nova.; <i>X. dillenii</i>
Lipskiy V.I., 1899	Caucasus	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i>
Grossgeym A.A., 1962	Caucasus	<i>O. acetosella</i> , tilted wood-sorrel – <i>O. cernua</i> Thumb. (Abkhazia, Georgia), <i>O. corniculata</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. violacea</i>
Galushko A.I., 1980	North Caucasus	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. corniculata</i> , <i>X. stricta</i>
Zernov A.S., 2002	Russian Black Sea region	<i>O. corniculata</i> , <i>O. stricta</i>
Zernov A.S., 2006	North-West Caucasus	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , thyroid wood-sorrel – <i>O. corymbosa</i> DC., <i>O. latifolia</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. violacea</i>
Zernov A.S., 2010	West Caucasus	<i>O. acetosella</i> , <i>O. violacea</i>
Krylov P.N., 1935; Popov M.G., 1957; Peshkova G.A., 1979, 1996; Lapshina E.D., 2004	Siberia	<i>O. acetosella</i>
Doronkin V.M., 2003	Siberia	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> <i>Xanthoxalis</i> : <i>X. stricta</i>
Malyshev G.A., et al., 2012	Asian part of Russia (from the Urals to the Far East)	<i>O. acetosella</i> , <i>O. obtriangulata</i>
Antipova E.M., 2012	Middle Siberia	<i>O. acetosella</i>
Ilminskiyh E.G., 2021	Ecoflora of the Urals and of the Siberia	<i>O. acetosella</i>
Ruperht F.I., 1854; Govorukhin V.S., 1937; Gorchakovskiy P.L., 1966	Urals	<i>O. acetosella</i>
Voroshilov V.N., 1996	Far East	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i>
Tzvelev N.N., 2006	Far East	<i>Oxalis</i> : <i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> <i>Xanthoxalis</i> : creeping yellow wood-sorrel – <i>X. repens</i> (Thunb.) Dostal
Zozulin G.M., Fedyayeva V.V., 1984	The basin of the lower reaches of the river Don	European wood-sorrel – <i>O. europaea</i> (Jord.) Mold. (<i>O. stricta</i> auct.)
Chemenkova T.V., Shorina N.I., 1990	Moscow and Moscow region (biological flora)	<i>O. acetosella</i>
Varlygina T.I. et al., 2007	Moscow	<i>O. acetosella</i> , <i>O. corniculata</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. stricta</i>
Mayorov S.R. et al., 2012	Moscow (adventive flora)	<i>O. corniculata</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. tetraphylla</i>
iNaturalist, 2023	Russia	<i>O. acetosella</i> , <i>O. articulata</i> Savigny, <i>O. corniculata</i> , <i>O. debilis</i> , <i>O. dillenii</i> , <i>O. latifolia</i> , <i>O. obtriangulata</i> , <i>O. stricta</i> , <i>O. tetraphylla</i>

флоры Сибири» [62]. При этом в книге «Конспект флоры Азиатской России» на территории от Урала до Дальнего Востока отмечается не только *O. acetosella*, но и *O. obtriangulata* [63]. *O. acetosella* отмечена Е.М. Антиповой [64] и Н.Г. Ильминских [65] как единственная из *Oxalis* для флоры внутренних островных лесостепей Средней Сибири и экофлоры Урала и Сибири соответственно.

Для флоры Урала в источниках литературы указывается лишь вид *O. acetosella* [66-68]. Для синантропной флоры Уральского региона виды *Oxalis* не отмечаются [69].

Известны данные о наличии видов *Oxalis* во флоре Дальнего Востока. В книге «Флора Советского Дальнего Востока» В.Н. Ворошиловым [70] отмечены 4 вида: *O. acetosella*, *O. corniculata*, *O. obtriangulata*, *O. stricta*. В дополнениях к труду В.Н. Ворошилова [70] Н.Н. Цвелевым [71] отмечается также *X. repens* – сегодня синоним *O. corniculata* [1].

Во «Флоре Нижнего Дона» [72] отмечается лишь вид *O. europaea* – нынешний синоним *O. stricta* [1].

Oxalis указывается в работах, посвященных изучению флоры Москвы и Московской области. Для биологической флоры Москвы *O. acetosella* указан как единственный представитель рода [73]. Во «Флоре Москвы» 2007 г. [74] отмечены виды *O. acetosella*, *O. corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta*. Для адвентивной флоры Москвы С.Р. Майоровым отмечаются 4 вида: *O. corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta* и *O. Tetraphylla* – в качестве декоративного растения, изредка высаживающегося в теплое время года в открытый грунт [75].

Таким образом, в отечественной литературе нет устоявшейся точки зрения о количестве видов *Oxalis*, произрастающих на территории России сегодня. Некоторые гербарные образцы *Oxalis*, собранные на территории России, хранятся в гербарии МГУ (MW) (табл. 2).

Таблица 2

Количество и места сбора гербарных образцов *Oxalis* на территории России, хранящиеся в гербарии МГУ (MW)

Вид	Отдел гербария	Район гербария	Количество образцов, шт.
<i>O. acetosella</i> (367)	Восточная Европа (294)	Волжско-Камский район	19
		Восточный район	11
		Западный район	9
		Московская область и Москва	143
		Северный район	28
		Северо-Западный район	16
		Средневолжский район	4
		Центральный лесной район	13
		Центральный лесостепной район	1
		Центральный район	50
	Кавказ (13)	Краснодарский край и Адыгея	4
		Северная Осетия, Ингушетия и Чечня	3
		Ставропольский край, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария	6
	Сибирь (60)	Алтай и Саяны	10
		Дальний Восток	30
		Западная Сибирь	9
		Прибайкалье и Забайкалье	5
		Центральная Сибирь	4
		Чукотка и Камчатка	2

Вид	Отдел гербария	Район гербария	Количество образцов, шт.
<i>O. articulata</i>	Кавказ	Черноморское побережье (от Новороссийска до Адлера)	1
<i>O. corniculata</i> (97)	Восточная Европа (71)	Московская область и Москва	54
		Нижеволжский район	2
		Северный район	2
		Центральный район	13
	Кавказ (19)	Краснодарский край и Адыгея	1
		Ставропольский край, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария	2
		Черноморское побережье (от Новороссийска до Адлера)	16
Крым	Крым	6	
Сибирь	Дальний Восток	1	
<i>O. debilis</i>	Кавказ	Черноморское побережье (от Новороссийска до Адлера)	1
<i>O. dillenii</i>	Восточная Европа (13)	Московская область и Москва	7
		Средневолжский район	1
		Центральный лесостепной район	5
<i>O. obtriangulata</i>	Сибирь	Дальний Восток	6
<i>O. stricta</i> (77)	Восточная Европа (60)	Волжско-Камский район	1
		Западный район	4
		Московская область и Москва	19
		Северо-Западный район	3
		Средневолжский район	2
		Центральный район	31
	Кавказ (10)	Краснодарский край и Адыгея	5
		Северная Осетия, Ингушетия и Чечня	1
		Черноморское побережье (от Новороссийска до Адлера)	4
	Сибирь (7)	Алтай и Саяны	5
Западная Сибирь		2	
<i>O. tetraphylla</i>	Восточная Европа	Московская область и Москва	2
<i>O. violacea</i>	Кавказ	Черноморское побережье (от Новороссийска до Адлера)	3

Table 2

**Number and places of collection of *Oxalis* herbarium specimens in Russia,
stored in the herbarium of Moscow State University (MW)**

Species	Herbarium Department	Herbarium region	Number of samples, pcs
<i>O. acetosella</i> (367)	East Europe (294)	Volzhsko-Kama region	19
		Eastern region	11
		Western region	9
		Moscow region and Moscow	143
		Northen region	28
		North-Western region	16
		Srednevolzhsky region	4
		Central forest region	13
		Central forest-steppe region	1
		Central region	50
	Caucasus (13)	Krasnodar Kray and Adygea	4
		Severnaya Ossetia, Ingushetia and Chechnya	3
		Stavropol Kray, Karachay-Cherkessia, Kabardino-Balkaria	6
	Siberia (60)	Altai and Sayans	10
		Far East	30
		Western Siberia	9
		Baikal region and Transbaikalia	5
		Central Siberia	4
		Chukotka and Kamchatka	2
<i>O. articulata</i>	Caucasus	Black Sea coast (from Novorossiysk to Adler)	1
<i>O. corniculata</i> (97)	East Europe (71)	Moscow region and Moscow	54
		Nizhnevolzhsky region	2
		North region	2
		Central region	13
	Caucasus (19)	Krasnodar Kray and Adygea	1
		Stavropol Kray, Karachay-Cherkessia, Kabardino-Balkaria	2
		Black Sea coast (from Novorossiysk to Adler)	16
	Crimea	Crimea	6
Siberia	Far East	1	
<i>O. debilis</i>	Caucasus	Black Sea coast (from Novorossiysk to Adler)	1
<i>O. dillenii</i>	East Europe (13)	Moscow region and Moscow	7
		Srednevolzhsky region	1
		Central forest-steppe region	5

Species	Herbarium Department	Herbarium region	Number of samples, pcs
<i>O. obtriangulata</i>	Siberia	Far East	6
<i>O. stricta</i> (77)	East Europe (60)	Volzhsko-Kama region	1
		Western region	4
		Moscow region and Moscow	19
		North-West region	3
		Srednevolzhsky region	2
		Central region	31
	Caucasus (10)	Krasnodar Kray and Adygea	5
		North Ossetia, Ingushetia and Chechnya	1
		Black Sea coast (from Novorossiysk to Adler)	4
	Siberia (7)	Altai and Sayans	5
Western Siberia		2	
<i>O. tetraphylla</i>	East Europe	Moscow region and Moscow	2
<i>O. violacea</i>	Caucasus	Black Sea coast (from Novorossiysk to Adler)	3

В коллекциях гербария МГУ из территории России хранятся образцы таких видов, как *O. acetosella* (367 гербарных образцов), *O. articulata* (1), *O. corniculata* (97), *O. debilis* (1), *O. dillenii* (13), *O. obtriangulata* (6), *O. stricta* (77), *O. tetraphylla* (2), *O. violacea* (3) [76]. Исходя из просмотренных гербарных образцов в электронном гербарии МГУ [76] заметно широкое распространение *O. acetosella* в умеренных и субтропических широтах России, *O. obtriangulata* – исключительно в составе флоры Дальнего Востока. В более южных местообитаниях больше распространены синантропные виды секции *Corniculatae*, зачастую трудно отличимые друг от друга: *O. corniculata*, *O. dillenii* и *O. stricta*. Интересно, что большинство сборов *O. corniculata* и *O. stricta* известны с территорий как Восточной Европы, так и Кавказа. В то же время находки *O. dillenii* менее обильны и сосредоточены только на территориях регионов России, относящихся к Восточной Европе. Малое количество образцов известно для видов, обнаруженных вдоль Черноморского побережья: *O. articulata*, *O. debilis* и *O. violacea*, а также для *O. tetraphylla* – вида, зафиксированного в Москве, иногда дичающего из культуры.

По данным ресурса iNaturalist [77], на территории Российской Федерации известны точки местонахождения 9 видов *Oxalis*: *O. acetosella* (7330 наблюдений), *O. articulata* (4), *O. corniculata* (311),

O. debilis (3), *O. dillenii* (30), *O. latifolia* (9), *O. obtriangulata* (20), *O. stricta* (2678), *O. tetraphylla* (1). Среди них – 2 абoriginalных для России вида: *O. acetosella*, встречающийся повсеместно в умеренных и субтропических широтах страны [43], и *O. obtriangulata* – эндемик Дальнего Востока, компонент флоры Восточной и Юго-Восточной Азии [78]. Другие виды можно классифицировать как синантропные, чужеродные и инвазионные. Синантропные виды представлены секцией *Corniculatae* с видами *O. corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta*. Данные 3 вида распространены в населенных пунктах и не встречаются в естественных фитоценозах, обладают инвазионным потенциалом. По убыванию степени распространения можно выстроить ряд: *O. stricta* – *O. corniculata* – *O. dillenii*. Виды *O. articulata*, *O. debilis* и *O. latifolia* известны с территории Кавказского Причерноморья. Для *O. Tetraphylla*, по данным iNaturalist, известно одно местонахождение на территории России – в г. Ставрополь [79].

На сегодняшний день из всех указанных видовых таксонов в источниках литературы лишь некоторые обладают признанным видовым рангом (табл. 3)

Многочисленные синонимы характерны для видов секции *Corniculatae*, а также для *O. pes-caprae*, скорее всего в силу высокой степени их полиморфизма [32].

Таблица 3

Признанные видовые таксоны и их синонимы *Oxalis* из числа указанных в проанализированных источниках литературы в соответствии с мировыми базами данных видов растений

Plants of The World Online	World Flora Online	Синонимы
<i>O. acetosella</i> L.	<i>O. acetosella</i> L.	–
<i>O. ambigua</i> Jacq.	<i>O. ambigua</i> Jacq.	–
<i>O. articulata</i> Savigny	<i>O. articulata</i> Savigny	–
<i>O. corniculata</i> L.	<i>O. corniculata</i> L.	<i>X. corniculata</i> (L.) Small <i>X. grenadensis</i> (Urb.) Tzvel. <i>X. c. subsp. corniculata</i> <i>X. c. subsp. repens</i> (Thunb.) Tzvel. comb. nova <i>X. repens</i> (Thunb.) Moldenke
<i>O. debilis</i> Kunth	<i>O. debilis</i> Kunth	–
<i>O. dilleniid</i> Jacq.	<i>O. dilleni</i> Jacq.	<i>X. dilleni</i> (Jacq.) Holub.
<i>O. latifolia</i> Kunth	<i>O. latifolia</i> Kunth	–
<i>O. obtriangulata</i> Maxim.	<i>O. obtriangulata</i> Maxim.	–
<i>O. pes-caprae</i> L.	<i>O. pes-caprae</i> L.	<i>J. pes-caprae</i> (L.) Small <i>O. cernua</i> Thumb.
<i>O. stricta</i> L.	<i>O. stricta</i> L.	<i>X. fontana</i> (Bunge) Holub. <i>X. stricta</i> (L.) Small. <i>X. s. subsp. stricta</i> <i>X. s. subsp. villicaulis</i> (Wieg.) Tzvel. Comb. nova.
<i>O. tetraphylla</i> Cav.	<i>O. tetraphylla</i> Cav.	<i>J. tetraphylla</i> (Cav.) J. Rose.
<i>O. violacea</i> L.	<i>O. violacea</i> L.	<i>J. violacea</i> (L.) Small

Table 3

Accepted species taxa and their synonyms of *Oxalis* from those listed in the analyzed literature sources according to world plant species databases

Plants of the World Online	World Flora Online	Synonims
<i>O. acetosella</i> L.	<i>O. acetosella</i> L.	–
<i>O. ambigua</i> Jacq.	<i>O. ambigua</i> Jacq.	–
<i>O. articulata</i> Savigny	<i>O. articulata</i> Savigny	–
<i>O. corniculata</i> L.	<i>O. corniculata</i> L.	<i>X. corniculata</i> (L.) Small <i>X. grenadensis</i> (Urb.) Tzvel. <i>X. c. subsp. corniculata</i> <i>X. c. subsp. repens</i> (Thunb.) Tzvel. comb. nova <i>X. repens</i> (Thunb.) Moldenke
<i>O. debilis</i> Kunth	<i>O. debilis</i> Kunth	–
<i>O. dilleniid</i> Jacq.	<i>O. dilleni</i> Jacq.	<i>X. dilleni</i> (Jacq.) Holub.
<i>O. latifolia</i> Kunth	<i>O. latifolia</i> Kunth	–
<i>O. obtriangulata</i> Maxim.	<i>O. obtriangulata</i> Maxim.	–
<i>O. pes-caprae</i> L.	<i>O. pes-caprae</i> L.	<i>J. pes-caprae</i> (L.) Small <i>O. cernua</i> Thumb.
<i>O. stricta</i> L.	<i>O. stricta</i> L.	<i>X. fontana</i> (Bunge) Holub. <i>X. stricta</i> (L.) Small. <i>X. s. subsp. stricta</i> <i>X. s. subsp. villicaulis</i> (Wieg.) Tzvel. Comb. nova.
<i>O. tetraphylla</i> Cav.	<i>O. tetraphylla</i> Cav.	<i>J. tetraphylla</i> (Cav.) J. Rose.
<i>O. violacea</i> L.	<i>O. violacea</i> L.	<i>J. violacea</i> (L.) Small

Выводы Conclusions

Таким образом, разнообразие видов *Oxalis* на территории Российской Федерации остается до конца неясным. Уверенно можно судить о произрастании на территории России двух видов секции *Oxalis*: *O. acetosella* и *O. obtriangulata*. *O. obtriangulata* занимает ограниченный ареал на территории РФ, *O. acetosella* распространен широко в умеренных и субтропических широтах России. В дополнительном изучении нуждается степень

Список источников

1. *Oxalis* // *World Flora Online*. 2023. URL: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000027521> (дата обращения: 06.12.2023).
2. *Oxalis* // *Plants of the World Online*. 2023. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000622-2> (дата обращения: 06.12.2023).
3. Баталин А.О. Новые наблюдения над движением листьев у *Oxalis* // *Труды Императорского Санкт-Петербургского Ботанического сада*. 1872. Т. 1, Вып. 1. С. 35-42.
4. Семейство кисличные (Oxalidaceae) // *Жизнь растений*: в 6 т. / Под ред. А.Л. Тахтаджяна; Гл. ред. – чл.-корр. АН СССР, проф. А.А. Федоров. М.: Просвещение, 1974.
5. Knuth R.G.P. Oxalidaceae // *Das Pflanzenreich*. Editor Engler A. Leipzig, 1930.
6. Luo Shixiao, Zhang Dianxiang, Renner Susanne S. *Oxalis debilis* in China: Distribution of Flower Morphs, Sterile Pollen and Polyploidy. *Annals of Botany*. 2006;98(2):459-464. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl121>
7. Rosenfeldt S., Galati B.G. Embryological studies of *Oxalis debilis* Kunth. *Plant Systematics and Evolution*. 2012;298(8):1567-1573. <https://doi.org/10.1007/s00606-012-0659-8>
8. Hoshino Yusuke, Hoshino Minori, Yoshioka Kazuki, Washio Tsubasa, Nakamura Makoto, Maki Masayuki, Dohzono Ikumi The effects of inbreeding depression and pollinator visitation on the maintenance of herkogamy in *Oxalis corniculata*, a species derived from a heterostylous ancestor. *Plant Species Biology*. 2022;37(6):349-360. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12387>
9. Jooste M., Roets F., Midgley G.F. et al. Nitrogen-fixing bacteria and *Oxalis* – evidence for a vertically inherited bacterial symbiosis. *BMC Plant Biology*. 2019;19(1):441. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2049-7>
10. Groom Q.J., Hoste I., Janssens S.A. confirmed observation of *Oxalis dillenii* in Spain. *Collectanea Botanica*. 2017;36(4):1-6. <https://doi.org/10.3989/collectbot.2017.v36.004>
11. Agoston J. Investigation of the ornamental value of bulbous *Oxalis* species and cultivars. *Lucrari Ştintifice Managment Agricol*. 2017;19(1):5-10.
12. Taha R.M., Mahmud N., Yaacob J.S., Abdulah N., Mohajer S. Synthetic Seeds Production and Regeneration of *Oxalis triangularis* for Mass Propagation and Conservation. *International Journal of Environ-*

распространенности синантропных видов секции *Corniculatae* (*O. corniculata*, *O. dillenii*, *O. stricta*), обладающих широким полиморфизмом и способных скрещиваться между собой. Существуют затруднения в визуальном отличии *O. stricta* от видов, обладающих большей степенью инвазивности: *O. corniculata* и *O. dillenii*. Интерес представляет наличие на территории России местонахождений двух близких видов из секции *Jonoxalis*: *O. debilis* и *O. latifolia*. Уточнения требуют ареалы на территории Российской Федерации таких видов, как *O. articulata*, *O. tetraphylla*, *O. violacea*.

References

1. *Oxalis*. *World Flora Online*. 2023. URL: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000027521>
2. *Oxalis*. *Plants of the World Online*. 2023. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30000622-2>
3. Batalin A.O. New observations on the movement of leaves in *Oxalis*. *Trudy Imperatorskogo Sankt-Peterburgskogo Botanicheskogo sada*. 1872;1(1):35-42. (In Russ)
4. Oxalis family (Oxalidaceae). Plant life: in 6 volumes. Ed. by A.L. Takhtadzhyan; Ch. ed. – Corresponding Member of USSR Academy of Sciences, prof. A.A. Fedorov. M.: Prosveshchenie, 1974. (In Russ)
5. Knuth R.G.P. Oxalidaceae. *Das Pflanzenreich*. Ed. by Engler A. Leipzig, 1930.
6. Luo Shixiao, Zhang Dianxiang, Renner Susanne S. *Oxalis debilis* in China: Distribution of Flower Morphs, Sterile Pollen and Polyploidy. *Annals of Botany*. 2006;98(2):459-464. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl121>
7. Rosenfeldt S., Galati B.G. Embryological studies of *Oxalis debilis* Kunth. *Plant Systematics and Evolution*. 2012;298(8):1567-1573. <https://doi.org/10.1007/s00606-012-0659-8>
8. Hoshino Yusuke, Hoshino Minori, Yoshioka Kazuki, Washio Tsubasa, Nakamura Makoto, Maki Masayuki, Dohzono Ikumi The effects of inbreeding depression and pollinator visitation on the maintenance of herkogamy in *Oxalis corniculata*, a species derived from a heterostylous ancestor. *Plant Species Biology*. 2022;37(6):349-360. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12387>
9. Jooste M., Roets F., Midgley G.F. et al. Nitrogen-fixing bacteria and *Oxalis* – evidence for a vertically inherited bacterial symbiosis. *BMC Plant Biology*. 2019;19(1):441. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2049-7>
10. Groom Q.J., Hoste I., Janssens S.A. confirmed observation of *Oxalis dillenii* in Spain. *Collectanea Botanica*. 2017;36(4):1-6. <https://doi.org/10.3989/collectbot.2017.v36.004>
11. Agoston J. Investigation of the ornamental value of bulbous *Oxalis* species and cultivars. *Lucrari Ştintifice Managment Agricol*. 2017;19(1):5-10.
12. Taha R.M., Mahmud N., Yaacob J.S., Abdulah N., Mohajer S. Synthetic Seeds Production and Regeneration of *Oxalis triangularis* for Mass Propagation and Conservation. *International Journal of Environ-*

- mental Science and Development*. 2013;4(5):461-4. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2013.V4.394>
13. Cronquist A. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press, 1981.
14. Takhtajan A.L. *Diversity and classification of flowering plants*. New York, Columbia University Press, 1997.
15. Takhtajan A.L. *Flowering Plants*. Springer Verlag, 2009.
16. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016 Mar 24;181(1):1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
17. Gardner A.G., Vaio M., Guerra M., Emshwiler E. Diversification of the American bulb-bearing *Oxalis* (Oxalidaceae): Dispersal to North America and modification of the tristylous breeding system. *American Journal of Botany*. 2012 Jan 1;99(1):152-164. <https://doi.org/10.3732/ajb.1100152>
18. Salter T.M. The genus *Oxalis* in South Africa: a taxonomic revision. *South African Journal of Botany*, 1994;1:1-355.
19. Dreyer L.L. *A palynological review of Oxalis (Oxalidaceae) in southern Africa*. Thesis (PhD). University of Pretoria, 1996. 194 pp.
20. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae. I. *Oxalis*, L. *Sectio Thamnoxys Planchon*. *Phytologia*. 1974;29:449-71. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.13114>
21. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae II. *Oxalis* L. *Sectio Corniculatae* DC. // *Phytologia*, 1979;42:57-198. Доступно по ссылке: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/38832>
22. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae III. *Oxalis* L. Subgenus *Monoxalis* Lourteig. *Phytologia*. 1980;46:1-459. Доступно по ссылке: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/219843>
23. Lourteig A. *Oxalis*. In: Correa M.N. (eds.). *Flora Patagónica, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. 1988;8(1.5):1-29.
24. Lourteig A. *Oxalis* L. subgénero *Thamnoxys* (Endl.) Reiche emend. Lourt. *Bradea*. 1994;7:1-199.
25. Lourteig A. *Oxalis*, L. Subgenus *Trifidus* Lourt. n. Subgen. *Bradea*. 1995;6:389-395.
26. Lourteig A. *Oxalis* L. subgéneros *Monoxalis* (Small) Lourt., *Oxalis* y *Trifidus* Lourt. *Bradea*. 2000;7:201-629.
27. Obone Charline The Systematic Significance of the Fruit and Seed Morphology and Anatomy in Selected *Oxalis* L. (Oxalidaceae) species. *Assignment submitted in partial fulfillment of the requirements for degree of Masters of Science in Systematics and Biodiversity Science in the faculty of Natural Sciences Department of Botany and zoology at University of Stellenbosch South Africa*, 2005.
28. Oberlander K.C., Dreyer L.L., Bellstedt D.U., Reeves G. Systematic relationships in southern African *Oxalis* L. (Oxalidaceae): congruence between palynological and plastid *trnLF* evidence. *TAXON*. 2004 Nov 1;53(4):977-85. <https://doi.org/10.2307/4135564>
29. Oberlander K.C. Molecular systematic study of Southern African *Oxalis* (Oxalidaceae). *Dissertation*
- mental Science and Development*. 2013;4(5):461-4. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2013.V4.394>
13. Cronquist A. *An integrated system of classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press, 1981.
14. Takhtajan A.L. *Diversity and classification of flowering plants*. New York: Columbia University Press, 1997.
15. Takhtajan A.L. *Flowering Plants*. Springer Verlag, 2009.
16. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016;181(1):1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
17. Gardner A.G., Vaio M., Guerra M., Emshwiler E. Diversification of the American bulb-bearing *Oxalis* (Oxalidaceae): Dispersal to North America and modification of the tristylous breeding system. *American Journal of Botany*. 2012;99(1):152-164. <https://doi.org/10.3732/ajb.1100152>
18. Salter T.M. The genus *Oxalis* in South Africa: a taxonomic revision. *South African Journal of Botany*. 1994;1:1-355.
19. Dreyer L.L. *A palynological review of Oxalis (Oxalidaceae) in southern Africa*. PhD thesis. University of Pretoria, 1996:194.
20. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae. I. *Oxalis*, L. *Sectio Thamnoxys Planchon*. *Phytologia*. 1974;29:449-71. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.13114>
21. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae II. *Oxalis* L. *Sectio Corniculatae* DC. *Phytologia*. 1979;42:57-198. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/38832>
22. Lourteig A. Oxalidaceae extra-austroamericanae III. *Oxalis* L. Subgenus *Monoxalis* Lourteig. *Phytologia*. 1980;46:1-459. URL: <https://www.biodiversitylibrary.org/part/219843>
23. Lourteig A. *Oxalis*. In: Correa M.N. (eds.). *Flora Patagónica, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. 1988;8(1.5):1-29.
24. Lourteig A. *Oxalis* L. subgénero *Thamnoxys* (Endl.) Reiche emend. Lourt. *Bradea*. 1994;7:1-199.
25. Lourteig A. *Oxalis*, L. Subgenus *Trifidus* Lourt. n. Subgen. *Bradea*. 1995;6:389-395.
26. Lourteig A. *Oxalis* L. subgéneros *Monoxalis* (Small) Lourt., *Oxalis* y *Trifidus* Lourt. *Bradea*. 2000;7:201-629.
27. Obone Charline The Systematic Significance of the Fruit and Seed Morphology and Anatomy in Selected *Oxalis* L. (Oxalidaceae) species. *Assignment submitted in partial fulfillment of the requirements for degree of Masters of Science in Systematics and Biodiversity Science in the faculty of Natural Sciences Department of Botany and zoology at University of Stellenbosch South Africa*, 2005.
28. Oberlander K.C., Dreyer L.L., Bellstedt D.U., Reeves G. Systematic relationships in southern African *Oxalis* L. (Oxalidaceae): congruence between palynological and plastid *trnLF* evidence. *TAXON*. 2004;53(4):977-85. <https://doi.org/10.2307/4135564>
29. Oberlander K.C. Molecular systematic study of Southern African *Oxalis* (Oxalidaceae). *Dissertation*

presented for the degree of Doctor of Philosophy at Stellenbosch University, 2009.

30. Oberlander Kenneth C., Dreyer Léanne L., Bellstedt Dirk U. Molecular phylogenetics and origins of southern African *Oxalis*. *Taxon*. 2011;60(1.6):1667-1677. <https://doi.org/10.1002/tax.606011>

31. Jooste M., Dreyer L.L., Oberlander K.C. The phylogenetic significance of leaf anatomical traits of southern African *Oxalis*. *BMC Evolutionary Biology*. 2016;16(1):225. <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0792-z>

32. Eiten G. Taxonomy and regional variation of *Oxalis* section *Corniculatae*. *The American Midland Naturalist*. 1963;69(2):257-309.

33. Bahadur Bir, Bhaskar K. Vijaya, Farooqui S.M. LM and SEM studies of Sedd-coat in Five Species of *Oxalis* L. (Oxalidaceae). *Proceedings of the Indian National Science Academy*. 1981;49(4):348-353.

34. Vaio M., Gardner A., Emshwiller E, Guerra M. Molecular phylogeny and chromosome evolution among the creeping herbaceous *Oxalis* species of sections *Corniculatae* and *Ripariae* (Oxalidaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2013;68(2):199-211. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.03.019>

35. Kyu Huh Man, Byoung-Ki Choi. Genetic Diversity and Phenetic Relationships of Genus *Oxalis* in Korea Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. *Journal of Life Science*. 2014;24(7)6:707-712. <https://doi.org/0.5352/JLS.2014.24.7.707>

36. Aoki S., Ohi-Toma T., Li P. et al. Phylogenetic, cytological and morphological comparisons of *Oxalis* subsect. *Oxalis* (Oxalidaceae) in East Asia. *Phytotaxa*. 2017;324(3):266-278. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.324.3.3>

37. Aoki S., Ohi-Toma T., Murata J. Taxonomic Revision of *Oxalis* subsect. *Oxalis* (Oxalidaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. 2019;70(3):159-172. <https://doi.org/10.18942/apg.201906>

38. Young D.P. *Oxalis* in the British Isles. *Watsonia*. 1958;4(2):51-69.

39. Moodley R. Ansuria A taxonomic review of the Natal members of the genus *Oxalis* L. In partial fulfilment of the degree of master of science in the department of botany. University of Durban-Westville, 1988.

40. Nesom G.L. Taxonomic Notes on acaulescent *Oxalis* (Oxalidaceae) in the United States. *Phytologia*. 2009;91(3):501-527.

41. Lopez A., Panseri A.F., Urtubey E. Revision of *Oxalis* section *Palmatifoliae* DC. (Oxalidaceae). *Phytotaxa*. 2013;138(1):1-14. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.138.1.1>

42. Shams E.M., Draz A.A., Hosni H.A., Hussein S.R. Taxonomic revision of genus *Oxalis* L. (Oxalidaceae) in the flora of Egypt. *Taeckholmia*. 2021;41(1):56-69. <https://doi.org/10.21608/TAEC.2022.118726.1036>

43. Горшкова С.Г. Род Кислица – *Oxalis* L. // Флора СССР. Л., М.: Издательство академии наук СССР, 1949. Т. 14. С. 76-83.

44. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР / Отв. ред. А.А. Фёдоров. Л., 1981. 509 с.

45. Cherepanov S.K. *Vascular Plants of Russia and Neighboring States (within the Former USSR)*. Mir I Semya, Sankt Petersburg, 1995.

presented for the degree of Doctor of Philosophy at Stellenbosch University, 2009.

30. Oberlander Kenneth C., Dreyer Léanne L., Bellstedt Dirk U. Molecular phylogenetics and origins of southern African *Oxalis*. *Taxon*. 2011;60(1.6):1667-1677. <https://doi.org/10.1002/tax.606011>

31. Jooste M., Dreyer L.L., Oberlander K.C. The phylogenetic significance of leaf anatomical traits of southern African *Oxalis*. *BMC Evolutionary Biology*. 2016;16(1):225. <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0792-z>

32. Eiten G. Taxonomy and regional variation of *Oxalis* section *Corniculatae*. *The American Midland Naturalist*. 1963;69(2):257-309.

33. Bahadur Bir, Bhaskar K. Vijaya, Farooqui S.M. LM and SEM studies of Sedd-coat in Five Species of *Oxalis* L. (Oxalidaceae). *Proceedings of the Indian National Science Academy*. 1981;49(4):348-353.

34. Vaio M., Gardner A., Emshwiller E, Guerra M. Molecular phylogeny and chromosome evolution among the creeping herbaceous *Oxalis* species of sections *Corniculatae* and *Ripariae* (Oxalidaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2013;68(2):199-211. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2013.03.019>

35. Kyu Huh Man, Byoung-Ki Choi. Genetic Diversity and Phenetic Relationships of Genus *Oxalis* in Korea Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. *Journal of Life Science*. 2014;24(7)6:707-712. <https://doi.org/0.5352/JLS.2014.24.7.707>

36. Aoki S., Ohi-Toma T., Li P. et al. Phylogenetic, cytological and morphological comparisons of *Oxalis* subsect. *Oxalis* (Oxalidaceae) in East Asia. *Phytotaxa*. 2017;324(3):266-278. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.324.3.3>

37. Aoki S., Ohi-Toma T., Murata J. Taxonomic Revision of *Oxalis* subsect. *Oxalis* (Oxalidaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. 2019;70(3):159-172. <https://doi.org/10.18942/apg.201906>

38. Young D.P. *Oxalis* in the British Isles. *Watsonia*. 1958;4(2):51-69.

39. Moodley R. Ansuria A taxonomic review of the Natal members of the genus *Oxalis* L. In partial fulfilment of the degree of master of science in the department of botany. University of Durban-Westville, 1988.

40. Nesom G.L. Taxonomic Notes on acaulescent *Oxalis* (Oxalidaceae) in the United States. *Phytologia*. 2009;91(3):501-527.

41. Lopez A., Panseri A.F., Urtubey E. Revision of *Oxalis* section *Palmatifoliae* DC. (Oxalidaceae). *Phytotaxa*. 2013;138(1):1-14. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.138.1.1>

42. Shams E.M., Draz A.A., Hosni H.A., Hussein S.R. Taxonomic revision of genus *Oxalis* L. (Oxalidaceae) in the flora of Egypt. *Taeckholmia*. 2021;41(1):56-69. <https://doi.org/10.21608/TAEC.2022.118726.1036>

43. Gorshkova S.G. Genus *Oxalis* – *Oxalis* L. Flora of the USSR. L., M.: Izdatel'stvo akademii nauk SSSR, 1949;14:76-83. (In Russ)

44. Cherepanov S.K. Vascular plants of the USSR. Ed. by A.A. Fedorov. Leningrad, 1981:509. (In Russ)

45. Cherepanov S.K. *Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)*. Sankt Petersburg: Mir i semya, 1995. (In Russ.)

46. *Oxalis pes-caprae* L. // iNaturalist. 2023. URL: https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&taxon_id=53169 (дата обращения: 6.12.2023).
47. Shaw J.M.H. *Oxalis* Oxalidaceae. Egli U., Nyffeler R. (eds) Dicotyledons: Rosids. Illustrated Handbook of Succulent Plants. Springer, Cham., 2022.
48. *Oxalis violacea* L. // iNaturalist. 2023. URL: https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&taxon_id=81796 (дата обращения: 6.12.2023).
49. Семейство *Oxalidaceae* R.Br. *Кислицевые* / Коллектив авторов // Флора Восточной Европы. Т. 9; Отв. ред., ред. тома Н.Н. Цвелёв. СПб.: Мир и семья-95, 1996. 456 с.
50. Липский В.И. *Флора Кавказа*. СПб., 1899. 584 с.
51. Гроссгейм А.А. *Флора Кавказа*. Т. 6 / Акад. наук СССР. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Академии наук СССР, 1962. 424 с.
52. Галушко А.И. *Флора Северного Кавказа*. Определитель. Т. 2. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1980. 352 с.
53. Зернов А.С. *Определитель сосудистых растений севера Российского Причерноморья*. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2002. 283 с.
54. Зернов А.С. *Флора Северо-Западного Кавказа*. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 664 с.
55. Зернов А.С. *Растения Российского Западного Кавказа*. Полевой атлас. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 449 с.
56. Крылов П.Н. *Флора Западной Сибири*. Вып. VIII. Geraniaceae – Cornaceae. Томск, 1935. 285 с.
57. Попов М.Г. *Флора Средней Сибири*. Т. 1. [Pteridophyta – Empetraceae]. М. – Л., 1957. 558 с.
58. Пешкова Г.А. Семейство Oxalidaceae – Кисличные // *Флора Центральной Сибири*. Т. 2. Новосибирск, 1979. 1046 с.
59. Пешкова Г.А. Семейство Oxalidaceae – Кисличные / Сост. М.Г. Пименов, Н.В. Власова, В.В. Зуев и др // *Флора Сибири: В 14 т. Т. 10. Geraniaceae – Cornaceae*. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 254 с.
60. Лапшина Е.Д. *Флора болот юго-востока Западной Сибири*. Томск: Изд-во Томского университета, 2003. 296 с.
61. *Флора Сибири*. Т. 14: Дополнения и исправления. Алфавитные указатели / Сост. В.М. Доронькин, А.В. Положий, В.И. Курбатский и др. Новосибирск. 2003. 188 с.
62. *Конспект флоры Сибири: сосудистые растения* / Сост. Л.И. Малышев, Г.А. Пешкова, К.С. Байков, О.Д. Никифорова, Н.В. Власова, В.М. Доронькин, В.В. Зуев, Н.К. Ковтонюк, С.В. Овчинникова. Новосибирск: Наука, 2005. 362 с.
63. Малышев Л.И. [и др.]. *Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения* / Под ред. К.С. Байкова; Российская академия наук, Сибирское отделение, Центр. сиб. бот. сад. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 640 с.
64. Антипова Е.М. *Флора внутриконтинентальных островных лесостепей Средней Сибири*: 46. *Oxalis pes-caprae* L. iNaturalist. 2023. URL: https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&taxon_id=53169
47. Shaw J.M.H. *Oxalis* Oxalidaceae. Ed. by Egli U., Nyffeler R. Dicotyledons: Rosids. Illustrated Handbook of Succulent Plants. Springer, Cham., 2022.
48. *Oxalis violacea* L. iNaturalist. 2023. URL: https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&subview=map&taxon_id=81796
49. Team of authors. Family *Oxalidaceae* R.Br. *Oxalis*. Flora of Eastern Europe. Vol. 9. Ed. by N.N. Tsvetlev. St. Petersburg: Mir i semya-95, 1996:456. (In Russ.)
50. Lipskiy V.I. Flora of the Caucasus. St. Petersburg, 1899:584. (In Russ)
51. Grossgeim A.A. Flora of the Caucasus. Vol. 6. 2nd ed., rev. and add. Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, 1962:424. (In Russ)
52. Galushko A.I. Flora of the North Caucasus. Determinant. Vol. 2. Rostov-on-Don: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1980:352. (In Russ.)
53. Zernov A.S. Key to vascular plants of the north of the Russian Black Sea region. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2002:283. (In Russ.)
54. Zernov A.S. Flora of the North-West Caucasus. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2006:664. (In Russ.)
55. Zernov A.S. Plants of the Russian Western Caucasus. Field atlas. M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010:449. (In Russ.)
56. Krylov P.N. Flora of Western Siberia. Vol. VIII. Geraniaceae – Cornaceae. Tomsk, 1935:285. (In Russ.)
57. Popov M.G. Flora of Central Siberia. Vol. 1. [Pteridophyta – Empetraceae]. M. – L., 1957:558. (In Russ.)
58. Peshkova G.A. Family Oxalidaceae – Oxalaceae. Flora of Central Siberia. Vol. 2. Novosibirsk, 1979:1046. (In Russ.)
59. Peshkova G.A. Family Oxalidaceae – Oxalaceae. Comp. by M.G. Pimenov, N.V. Vlasova, V.V. Zuev et al. Flora of Siberia: In 14 volumes. Vol. 10. Geraniaceae – Cornaceae. Novosibirsk: Nauka, Sibirskaya izdatel'skaya firma RAN, 1996:254. (In Russ.)
60. Lapshina E.D. Flora of swamps in the southeast of Western Siberia. Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 2003:296. (In Russ.)
61. Doron'kin V.M., Polozhiy A.V., Kurbatskiy V.I. et al. Flora of Siberia. Vol. 14: Add. and corr. Alphabetical indexes. Novosibirsk, 2003:188. (In Russ.)
62. Malyshev L.I., Peshkova G.A., Baykov K.S., Nikiforova O.D., Vlasova N.V., Doron'kin V.M., V Zuev V., Kovtonyuk N.K., Ovchinnikova S.V. Abstract of the flora of Siberia: vascular plants. Novosibirsk: Nauka, 2005:362. (In Russ.)
63. Malyshev L.I. et al. Abstract of the flora of Asian Russia: Vascular plants. Ed. by K.S. Baykov. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012:640. (In Russ.)
64. Antipova E.M. Flora of inland island forest-steppes of Central Siberia: Monograph. Krasnoyarsk:

Монография / Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2012. 662 с.

65. Ильминских Н.Г. *Экофлора Урала и Западной Сибири (формализованные параметры видов)*: Монография. Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. 480 с.

66. Рупрехт Ф.И. *Флора Северного Урала. О распространении растений на Северном Урале*. СПб., 1854. 55 с.

67. Говорухин В.С. *Флора Урала*. Свердловск, 1937. 539 с.

68. Горчаковский П.Л. *Флора и растительность высокогорий Урала*. Свердловск, 1966. 270 с.

69. Третьякова А.С., Мухин В.А. *Синантропная флора Среднего Урала*. Екатеринбург, 2001. 148 с.

70. Ворошилов В.Н. *Флора Советского Дальнего Востока*. Москва: Наука, 1966. 577 с.

71. Цвелёв Н.Н. Кислицевые – Oxalidaceae R.Br. // *Флора Российской Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока»*. Т. 1-8 (1985-1996) / Отв. ред. А.Е. Кожевников, Н.С. Пробатова. Владивосток: Дальнаука, 2006. 456 с.

72. *Флора Нижнего Дона (определитель)*. Ч. 2 / Под ред. Г.М. Зозулина, В.В. Федяевой. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1985. 240 с.

73. Черненко Т.В., Шорина Н.И. Кислица обыкновенная // *Биологическая флора Московской области* / Под ред. В.Н. Павлова, Т.А. Работнова, В.Н. Тихомирова. М.: Изд-во МГУ, 1990. 272 с.

74. *Флора Москвы* / Т.И. Варлыгина, Б.Н. Головкин, К.В. Кисилдева, С.Р. Майоров, Э.П. Немченко, В.С. Новиков, А.Н. Швецов, А.В. Щербаков; Под общ. ред. проф. В.С. Новикова / Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. М.: Голден-Би, 2007. 512 с.

75. *Адвентивная флора Москвы и Московской области* / С.Р. Майоров, В.Д. Бочкин, Ю.А. Насимович, А.В. Щербаков. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 532 с.

76. Серегин А.П. Цифровой гербарий МГУ. М.: МГУ, 2023. – Режим доступа: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 07.12.2023).

77. Наблюдения видов *Oxalis* L. на территории России // *iNaturalist*. 2023. https://www.inaturalist.org/observations?place_id=7161&subview=map&taxon_id=47758&view=species (дата обращения: 06.12.2023).

78. Прокопенко С.В. Новые данные по распространению охраняемых видов растений в Приморском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2016. № 4. С. 90-95.

79. Наблюдение *O. tetraphylla* Cav. от @tls-60 // *iNaturalist*. 2023. – Режим доступа: <https://www.inaturalist.org/observations/128766151> (дата обращения: 06.12.2023).

Krasnoyarskiy gosudarstvenniy pedagogicheskiy universitet im. V.P. Astaf'eva, 2012:662. (In Russ.)

65. Il'minskikh N.G. Ecoflora of the Urals and Western Siberia (formalized parameters of species): Monograph. Izhevsk: Izdatel'skiy tsentr "Udmurtskiy universitet", 2021:480. (In Russ.)

66. Ruprekht F.I. Flora of the Northern Urals. On the distribution of plants in the Northern Urals. St. Petersburg, 1854:55. (In Russ.)

67. Govorukhin V.S. Flora of the Urals. Sverdlovsk, 1937:539. (In Russ.)

68. Gorchakovskiy P.L. Flora and vegetation of the high mountains of the Urals. Sverdlovsk, 1966:270. (In Russ.)

69. Tretyakova A.S., Mukhin V.A. Synanthropic flora of the Middle Urals. Ekaterinburg, 2001:148. (In Russ.)

70. Voroshilov V.N. Flora of the Soviet Far East. Moscow: Nauka, 1966:577. (In Russ.)

71. Tsvelev N.N. Oxalidaceae – Oxalidaceae R.Br. Flora of the Russian Far East: Additions and changes to the publication "Vascular plants of the Soviet Far East". Vol. 1-8 (1985-1996). Ed. by A.E. Kozhevnikov, N.S. Probatova. Vladivostok: Dal'nauka, 2006:456. (In Russ.)

72. Flora of the Lower Don (identifier). Part 2. Ed. by G.M. Zozulin, V.V. Fedyayeva. Rostov-on-Don: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1985:240. (In Russ.)

73. Chernen'kova T.V., Shorina N.I. Common sorrel. Biological flora of the Moscow region. Ed. by V.N. Pavlov, T.A. Rabotnov, V.N. Tikhomirov. M.: Izd-vo MGU, 1990:272. (In Russ.)

74. Varlygina T.I., Golovkin B.N., Kisildeva K.V., Mayorov S.R., Nemchenko E.P., Novikov V.S., Shvetsov A.N., Shcherbakov A.V. Flora of Moscow. Ed. by prof. V.S. Novikov. M.: Golden-Bi, 2007:512. (In Russ.)

75. Mayorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. Adventive flora of Moscow and the Moscow region. M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012:532. (In Russ.)

76. Seregin A.P. Digital herbarium of Moscow State University. M.: MGU, 2023. (In Russ.) URL: <https://plant.depo.msu.ru/>

77. Observations of *Oxalis* L. species in Russia. *iNaturalist*. 2023. (In Russ.) https://www.inaturalist.org/observations?place_id=7161&subview=map&taxon_id=47758&view=species

78. Prokopenko S.V. New data on the distribution of protected plant species in the Primorsky Territory. *Vestnik KrasGAU*. 2016;4:90-95. (In Russ.)

79. Observation of *O. tetraphylla* Cav. from @tls-60. *iNaturalist*. 2023. (In Russ.) URL: <https://www.inaturalist.org/observations/128766151>

Информация об авторах

Семён Дмитриевич Бакулин, аспирант по направлению подготовки 1.5.9 – «Ботаника», Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия; e-mail: bakulinsd@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2136-4973>

Иван Алексеевич Савинов, профессор кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, д-р биол. наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия; e-mail: i.savinov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8673-0052>.

Статья поступила в редакцию 10.12.2023
Одобрена после рецензирования 19.12.2023
Принята к публикации 27.12.2023

Information about the authors

Semyon D. Bakulin, postgraduate student in the field of study 1.5.9 – “Botany”, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: bakulinsd@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8673-0052>

Ivan A. Savinov, Associate Professor, Professor at the Department of Botany, Breeding and Seed Production of Horticultural Crops, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russian Federation); e-mail: i.savinov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8673-0052>

The article was submitted to the editorial office 10 Dec 2023
Approved after reviewing 19 Dec 2023
Accepted for publication 27 Dec 2023

Обзорная статья

УДК 634.7:631.527(470-25)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-23-33>



Создание биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Сергей Сергеевич Макаров, Антон Игоревич Чудецкий, Алексей Николаевич Сахоненко,
Александр Валерьевич Соловьев, Лилия Рафисовна Ахметова, Алена Павловна Демидова,
Юлия Игоревна Кондратенко

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

Автор, ответственный за переписку: Сергей Сергеевич Макаров; s.makarov@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье приведены результаты работы по формированию биоресурсной коллекции ягодных растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на основе сортоиспытательного участка лесных ягодных растений и коллекции видов Дендрологического сада имени Р.И. Шредера. На сортоиспытательном участке представлены ягодные растения из родов *Vaccinium* (*V. corymbosum* – 8 сортов; *V. angustifolium* – 4 сорта; *V. corymbosum* × *V. angustifolium* – 3 сорта; *V. oxycoccos* – 2 сорта; *V. macrocarpon* – 3 сорта; *V. vitis-idaea* – 4 сорта) и *Rubus* (*R. arcticus* – 9 сортов; *R. chamaemorus* – 1 сорт). В коллекции Дендрологического сада имени Р.И. Шредера представлены преимущественно интродуцированные ягодные растения со съедобными плодами из 24 родов: *Actinidia* (4 вида), *Amelanchier* (5 видов), *Aronia* (2 вида), *Berberis* (2 съедобных вида), *Cornus* (2 вида), *Crataegus* (более 10 видов), *Elaeagnus* (2 съедобных вида), *Fragaria* (2 вида), *Hippophae* (1 вид), *Lonicera* (1 съедобный вид), *Mahonia* (1 вид), *Morus* (2 вида), *Prunus* (13 видов), *Ribes* (4 вида), *Rosa* (6 съедобных видов), *Rubus* (6 видов), *Sambucus* (1 съедобный вид), *Schisandra* (1 вид), *Shepherdia* (1 вид), *Sorbus* (более 10 видов и ряд культиваров), *Vaccinium* (дикорастущие формы 5 видов), *Viburnum* (более 5 видов), *Vitis* (3 вида). Все растения, включенные в биоресурсную коллекцию, имеют пищевую и лекарственную ценность, достаточно устойчивы в росте, развитии и плодоношении в условиях микроклимата г. Москвы. Начаты работы по созданию генетического банка *in vitro* хозяйственно-ценных, редких и трудно размножаемых видов, сортов и форм ягодных растений для поддержания биоресурсной коллекции, сохранения биологического разнообразия и ускоренного выращивания посадочного материала с последующим получением плодовой продукции в условиях импортозамещения.

Ключевые слова

ягодные растения, сорт, биоресурсная коллекция, коллекция ягодных растений, Дендрологический сад имени Р.И. Шредера РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, интродукция, голубика, клюква, брусника, княженика, морошка, съедобные плоды

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» (соглашение от 16.02.2023 г. № 075-15-2023-220).

Для цитирования

Макаров С.С., Чудецкий А.И., Сахоненко А.Н., Соловьев А.В., Ахметова Л.Р., Демидова А.П., Кондратенко Ю.И. Создание биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1(4). С. 23-33. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-23-33>

BIOLOGICAL RESOURCES

Review article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-23-33>**Creation of a bioresource collection of berry plants on the basis of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy****Sergey S. Makarov, Anton I. Chudetsky, Alexey N. Sakhonenko, Alexandr V. Solovyov, Lilia R. Akhmetova, Alena P. Demidova, Yuliya I. Kondratenko**

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

Corresponding author: Sergey S. Makarov; s.makarov@rgau-msha.ru**Abstract**

The article presents the results of work on the formation of a bioresource collection of berry plants of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy based on a variety testing area of forest berry plants and a collection of species of the Dendrological Garden named after R.I. Schroeder. The variety testing area includes berry plants of the genera *Vaccinium* (*V. corymbosum* – 8 species; *V. angustifolium* – 4 species; *V. corymbosum* × *V. angustifolium* – 3 species; *V. oxycoccos* – 2 species; *V. macrocarpon* – 3 species; *V. vitis-idaea* – 4 species) and *Rubus* (*R. arcticus* – 9 species; *R. chamaemorus* – 1 species). Introduced berry plants with edible fruits from the 24 genera are mainly represented in the collection of the Dendrological Garden named after R.I. Schroeder: *Actinidia* (4 species), *Amelanchier* (5 species), *Aronia* (2 species), *Berberis* (2 edible species), *Cornus* (2 species), *Crataegus* (more than 10 species), *Elaeagnus* (2 species), *Fragaria* (2 species), *Hippophae* (1 species), *Lonicera* (1 edible species), *Mahonia* (1 species), *Morus* (2 species), *Prunus* (13 species), *Ribes* (4 species), *Rosa* (6 edible species), *Rubus* (6 species), *Sambucus* (1 edible species), *Schisandra* (1 species), *Shepherdia* (1 species), *Sorbus* (more than 10 more than 10 species and a number of cultivars and a number of cultivars), *Vaccinium* (wild forms of 5 species), more than 5 species), *Vitis* (3 species). All plants included in the bioresource collection have nutritional and medicinal value and are quite stable in growth, development and fructification in the Moscow microclimate. Work has begun on the creation of an *in vitro* genetic bank of economically valuable, rare and difficult to propagate species, varieties and forms of berry plants. The aim is to maintain a bioresource collection, preserve biological diversity and accelerate the cultivation of planting material with subsequent fruit production under conditions of import substitution.

Keywords

berry plants, species, cultivar, bioresource collection, collection of berry plants, Dendrological Garden named after R.I. Schroeder of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, introduction, blueberry, cranberry, bilberry, arctic bramble, cloudberry, edible fruits

Acknowledgements

The work was carried out at the expense of the University Development Program within the framework of the Priority-2030 Strategic Academic Leadership Program (agreement dated 16.02.2023 No. 075-15-2023-220).

For citation

Makarov S.S., Chudetsky A.I., Sakhonenko A.N., Solovyov A.V., Akhmetova L.R., Demidova A.P., Kondratenko Yu.I. Creation of a bioresource collection of berry plants on the basis of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):23-33. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-23-33>

Введение Introduction

С научной и экономической точки зрения для развития сельского хозяйства большую ценность представляет создание биоресурсных коллекций. Биоресурсная (биологическая) коллекция обычно представляет собой научную коллекцию, образованную фондом (совокупностью) биологических объектов (ботанических, зоологических, генетических, микробиологических и др.) и которую можно использовать в инновационной, научной, научно-технической, научно-просветительской или образовательной деятельности, в том числе для

сохранения биоразнообразия и использования биологических ресурсов [1]. При этом определяющим моментом таких работ является биологическая и ресурсная оценка природных запасов полезных растений, выявление видов – носителей биологически и физиологически активных веществ, исследование динамики этих соединений в растительном сырье, основные направления в их изучении как в природных условиях, так и при первичной интродукции [2]. В настоящее время в ботанических садах и научных центрах России имеется ряд биоресурсных коллекций ценных в пищевом, лекарственном и декоративном отношении растений, которые продолжают пополняться [3-7].

В связи с увеличением потребительского спроса на ягодную продукцию особое внимание уделяется промышленному производству высокоценных в пищевом и лекарственном отношении лесных ягодных растений (голубика, брусника, клюква, жимолость, морошка, княженика и др.), которые находят широкое применение не только в пищевой промышленности, медицине, но и в декоративном садоводстве.

Выращивание ягодных культур на сегодняшний день является одним из ключевых направлений развития отечественного садоводства, перспективных для сельскохозяйственных организаций, крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей. В том или ином ассортименте промышленное выращивание ягодников может быть организовано практически на всей территории России, в различных природно-климатических условиях, и в некоторых регионах страны наблюдается значительный рост объемов такого производства [8-12].

На большинстве имеющихся ягодных плантаций, в том числе в России, выращивают преимущественно зарубежные сорта голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.), клюквы крупноплодной (*V. oxycoccos* L.), брусники обыкновенной (*V. vitis-idaea* L.), многие из которых далеко не всегда пригодны для выращивания в более северных регионах страны. Однако имеются результаты работы российских селекционеров по созданию отечественных сортов лесных ягодных растений (голубика, клюква, брусника, княженика и др.), адаптированных к природно-климатическим условиям тех или иных регионов, отличающихся от зарубежных большей морозостойкостью, крупноплодностью, высокой урожайностью и устойчивостью к поражению болезнями и вредителями. Перспективность их использования для выращивания подтверждается научным и производственным опытом в некоторых регионах страны [13-19].

Кроме того, промышленная и хозяйственная деятельность, приводящая к техногенному загрязнению экосистем и природным пожарам, а также повышенная антропогенная нагрузка и нерегулируемая эксплуатация ягодных угодий привели к сокращению площадей хозяйственно-ценных дикорастущих ягодников, а некоторые виды оказались под угрозой исчезновения [13, 20-22]. Проблема нарушенных природных экосистем не теряет своей актуальности и в виде больших площадей неиспользуемых земель, оставшихся в результате промышленных разработок (осушение болот, добыча торфа и других природных ресурсов), которые нуждаются в рекультивации (более 1 млн га), и бесхозных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота (более 44 млн га) – в основном в Европейской части России [23, 24]. Мировой опыт успешного культивирования лесных ягодных

растений на выработанных торфяных месторождениях и осушенных болотах подтверждает перспективы их плантационного выращивания на таких территориях в плане как рациональной эксплуатации неиспользуемых земель, так и восполнения сокращающихся природных ресурсов [13, 14, 17, 25-27]. В связи с этим создание биоресурсных коллекций приобретает еще более важное значение в рамках сохранения генофонда видов высокоценных растений и сокращения импортозависимости в посадочном материале и плодовой продукции лесных ягодных растений на отечественном рынке.

Цель исследований: провести анализ имеющихся хозяйственно ценных в пищевом отношении видов ягодных растений и их устойчивости на территории Дендрологического сада имени Р.И. Шредера для включения в биоресурсную коллекцию.

Методика исследований

Research method

На территории Дендрологического сада имени Р.И. Шредера РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) (общая площадь – 12,5 га) в 2023 г. был заложен сортоиспытательный участок лесных ягодных растений на площади 0,2 га. Для сортоиспытания в культуру были введены растения из родов *Vaccinium* (голубика высокорослая *V. corymbosum* L., голубика узколистная *V. angustifolium* Ait., брусника обыкновенная *V. vitis-idaea* L., клюква болотная *V. oxycoccos* L., клюква крупноплодная *V. macrocarpon* Ait.) и *Rubus* (княженика арктическая *Rubus arcticus* L., морошка приземистая *R. chamaemorus* L.) (рис. 1). Растения высажены в количестве 10...30 шт. для разных сортов в траншеи, заполненные торфом верхового типа (рН – 2,8...3,1). Схема посадки – (1,0...1,5)×(2,0...2,5) м. Междурядья мульчировались древесной щепой и опилками хвойных пород.

Рельеф участка ровный. Территория относится к влажной зоне умеренно-холодного пояса с дерново-подзолистыми сезоннопромерзающими почвами под хвойно-широколиственными лесами. Почвообразующая порода – моренный суглинок, верхние слои которого мощностью 40-50 см представлены легким пылевато-песчаным суглинком, а преобладающим фоном почвенного покрова являются дерново-подзолистые почвы, сформированные под воздействием природных процессов почвообразования и под влиянием использования этих почв (мощность дернового горизонта – 5...40 см; рН_{KCl} – 5,0...5,5). Климат – умеренно-континентальный; наибольшая годовая амплитуда перепада температуры – 28°C; зимы отличаются продолжительным и суровым характером. Средние показатели: годовое количество осадков – 708 мм; скорость ветра – 2,3 м/с; влажность воздуха – 78%; высота снежного покрова – до 78 см в год [29, 30].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Голубика узколистная *V. angustifolium* на испытательном участке представлена российскими сортами ('Лакомка', 'Нерль', 'Нея', 'Поморочка'), а также полувисокорослыми гибридными сортами *V. corymbosum* L. × *V. angustifolium* американской ('Northblue', 'Northcountry') и шведской ('Putte') селекции, тогда как голубика високорослая *V. corymbosum* – преимущественно американскими сортами ('Bluecrop', 'Bluegold', 'Bonus', 'Duke', 'Patriot'). Но также присутствуют и сорта австралийской ('Denise Blue'), новозеландской ('Reka') и польской ('Kaz Pliszka') селекции. Отечественными сортами также представлены: брусника обыкновенная *V. vitis-idaea* ('Костромичка', 'Костромская розовая', 'Россияночка', 'Рубин'); клюква болотная *V. oxycoccos* ('Дар Костромы', 'Краса Севера'); клюква крупноплодная *V. macrocarpon* ('Волжанка', 'Мерянка', 'Славянка'). В посадках княженики арктической *R. arcticus* имеются сорта финской ('Astra', 'Aura', 'Elpee', 'Pima'), шведской ('Anna', 'Beata', 'Linda', 'Sofia') и российской ('Галина') селекций. Морошка приземистая *R. chamaemorus* представлена самоплодным сортом шведской селекции 'Nyby', известным в промышленном выращивании. Выращиваемые на участке виды и сорта с различными сроками созревания вошли в состав создаваемой биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимиразева. Проводятся наблюдения за ростом и развитием растений в условиях данного микроклимата.

Кроме представленных на сортоиспытательном участке видов и сортов, в биоресурсную коллекцию ягодных растений включены как произрастающие в Дендрологическом саду имени Р.И. Шредера интродуценты, привезенные из естественных мест обитания (включая редкие и исчезающие виды, некоторые культивируемые формы) и высаженные на территории в разное время, так и дикорастущие виды. При этом особое внимание уделено ценным в пищевом, лекарственном и декоративном отношении ягодным растениям со съедобными плодами, так или иначе устойчивым в данных природно-климатических условиях [30, 31]. Среди них – представители родов *Actinidia*, *Amelanchier*, *Aronia*, *Berberis*, *Cornus*, *Crataegus*, *Fragaria*, *Hippophae*, *Lonicera*, *Mahonia*, *Morus*, *Prunus*, *Ribes*, *Rosa*, *Rubus*, *Sambucus*, *Schisandra*, *Sorbus*, *Vaccinium*, *Viburnum*, *Vitis*.

Род *Actinidia* в коллекции Дендрологического сада представлен видами актинидия коломикта (*A. kolomikta* Maxim), актинидия острая (*A. arguta* Planch. ex Miq.) и недавно интродуцированными: актинидия полигамная (*A. polygama* (Siebold & Zucc.) Maxim.) и актиния Джиральди (*A. giraldii* Diels.). Представителями рода *Amelanchier* в коллекции

являются ирга ольхолистная (*A. ainifolia* Nutt.), ирга канадская (*A. canadensis* (L.) Medic.), ирга обильноцветущая (*A. florida* Lindl.), ирга круглолистная (*A. rotundifolia* Dum-Cours.), ирга колосистая (*A. spicata* C. Koch). Из рода *Aronia* произрастают арония черноплодная (*A. melanocarpa* (Michx) Elliot.) и арония арбутусолистная (*A. arbutifolia* (L.) Pers.). Из рода *Berberis* среди наиболее ценных в пищевом отношении можно выделить барбарис обыкновенный (*B. vulgaris* L.) и барбарис амурский (*B. amurensis* Maxim.); из рода *Cornus* – дерен мужской, или кизил (*C. mas* L.), и дерен лекарственный (*C. officinalis* Sieb. et Zucc.). Род *Crataegus* представляют следующие виды: боярышник обыкновенный (*C. laevigata* (Poir.) DC.), боярышник алмаатинский (*C. almaatensis* A. Pojark.), боярышник вееровидный (*C. flabellata* (Bosc) C. Koch), боярышник крупноколочковый (*C. macracantha* Lodd.), боярышник Максимовича (*C. maximowiczii* C.K. Schneid.), боярышник мягкий (*C. mollis* (Tort. & A. Gray) Scheele), боярышник однопестичный (*C. monogyna* Jacq.), боярышник перистонадрезанный (*C. pinnatifida* Vge.), боярышник приречный (*C. rivularis* Nutt.), боярышник круглолистный (*C. rotundifolia* Moench) и др. Среди произрастающих видов рода *Elaeagnus* съедобные плоды имеют лох многоцветковый (*E. multiflora* Thunb.) и лох зонтичный (*E. umbellata* Thunb.). Из рода *Fragaria* на территории Дендрологического сада можно встретить землянику лесную (*F. vesca* L.) и землянику мускусную (*F. moschata* (Duchesne) Duchesne). Из рода *Hippophae* произрастает облепиха крушиновая (*H. rhamnoides* L.) включая несколько сортов. К ягодным растениям из рода *Lonicera* со съедобными плодами в коллекции можно отнести жимолость съедобную (*L. edulis* Turcz ex Freyn), которая регулярно цветет и плодоносит. Из рода *Mahonia* в коллекции имеется магония падуболистная (*M. aquifolium* Nutt.), из рода *Morus* – шелковица белая (*M. alba* L.) (включая культивар 'Tatarica') и шелковица черная (*M. nigra* L.). Род *Prunus* представлен такими ценными в пищевом отношении видами, как: вишня обыкновенная (*P. cerasus* L.); вишня птичья, или черешня (*P. avium* (L.) Moench); вишня Бессея (*P. besseyi* Sok.); слива растопыренная, или алыча (*P. divaricata* Ledeb.); вишня курильская (*P. kurilensis* Czer.); вишня сахалинская (*P. sachalinensis* Kom.); вишня пильчатая (*P. serrulata* Lindl.); слива колючая, или терн (*P. spinosa* L.); вишня войлочная (*P. tomentosa* Wall.); черемуха обыкновенная (*P. padus* L.); черемуха Грея (*P. grayana* Maxim.); черемуха пенсильванская (*P. pennsylvanica* L.f.); черемуха поздняя (*P. serotina* Ehrh.); черемуха виргинская (*P. virginiana* L.) и др. Из рода *Ribes* присутствуют: смородина золотистая (*R. aureum* Pursh.), смородина черная (*R. nigrum* L.), смородина красная (*R. rubrum* L.), смородина кроваво-красная (*R. sanguineum* Pursh.), крыжовник обыкновенный (*R. uva-crispa* L.).



Рис. 1. Посадки ягодных растений рода *Vaccinium* на сортоиспытательном участке в Дендрологическом саду им. Р.И. Шредера:

а – *V. corymbosum*; *б* – *V. macrocarpon*; *в* – *V. vitis-idaea*

Fig. 1. Planting berry plants of the genus *Vaccinium* at the variety testing area in the Dendrological Garden named after R.I. Schroeder:

a – *V. corymbosum*; *b* – *V. macrocarpon*; *c* – *V. vitis-idaea*

Из представителей рода *Rosa* произрастают наиболее ценные в отношении ягодных ресурсов следующие виды: роза майская (*R. mayalis* Herrm.); роза собачья (*R. canina* L.); роза сизая (*R. glauca* Pourr.); роза Максимовича (*R. maximowicziana* Rgl.); роза бедренцоволистная (*R. pimpinellifolia* L.); роза морщинистая (*R. rugosa* Thunb.).

К имеющимся на территории дендросада видам из рода *Rubus* относятся: малина обыкновенная (*R. idaeus* L.); малина аллеганская (*R. allegheniensis* Porter); ежевика сизая (*R. caesius* L.); малина боярышниковлистная (*R. crataegifolius* Bunge); малина душистая (*R. odoratus* L.); малина мелкоцветковая (*R. parviflorus* Nutt.). Из произрастающих

здесь ягодных видов из рода *Sambucus* пищевую ценность имеет бузина черная (*S. nigra* L.). Род *Schisandra* представлен лимонником китайским (*S. chinensis* (Turcz.) Baill.), род *Shepherdia* – шефердией серебристой (*S. argentea* (Pursh) Nutt.). Среди видов рода *Sorbus* произрастают: рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.); рябина ольхолистная (*S. alnifolia* K. Koch); рябина амурская (*S. amurensis* Koehne); рябина мучнистая (*S. aria* Crantz) (включая привитой культивар ‘Majestica’); рябина кашмирская (*S. cashmiriana* Hedl.); рябина приземистая (*S. chamaemespilus* Crantz); рябина домашняя (*S. domestica* L.); рябина хубэйская (*S. hupehensis* C.K. Schneid.); рябина промежуточная (*S. intermedia* (Ehrh.) Pers.); рябина Кёне (*S. koehneana* Schneid.); рябина Мужо (*S. mougeotii* Soy. – Willem. et Godr.); рябина похуашаньская (*S. pohuashanensis* Hedl.); рябина тюрингская (*S. thuringiaca* Fritsch.); рябина глоговина (*S. torminalis* Crantz), а также несколько гибридных плодовых и декоративных культиваров (‘Apricot Lady’, ‘Kirsten Pink’, ‘Гранатная’, ‘Додонг’, ‘Ликерная’, ‘Рая’, ‘Титан’, ‘Эдулис’ и др.).

Из рода *Vaccinium* на территории имеются посадки дикорастущих форм голубики высокорослой (*V. corymbosum* L.), голубики топяной (*V. uliginosum* L.), черники обыкновенной (*V. myrtillus* L.), черники Смолла (*V. smallii* A. Gray), красники (*V. praestans* Lamb.). Род *Viburnum* представлен видами: калина обыкновенная (*V. opulus* L.) (включая формы ‘Nana’, ‘Roseum’, ‘Жолобовская’); калина шлемовидная (*V. cassinoides* L.); калина канадская (*V. lentago* L.); калина сливолистная (*V. prunifolium* L.); калина Саржента (*V. sargentii* Koehne); калина Райта (*V. wrightii*) и др. Из рода *Vitis* присутствуют такие виды, как виноград прибрежный (*V. riparia* Michx.), виноград амурский (*V. amurensis* Rupr.), а также недавно интродуцированный виноград Куанье, или японский виноград (*V. coignetiae* Pulliat ex Planch.). Периодически происходит пополнение и обновление существующей коллекции видов.

Выводы Conclusions

Созданную биоресурсную коллекцию планируется пополнять другими видами (в том числе редкими и исчезающими), сортами и гибридными формами ягодных растений. В настоящее время на основе коллекции создается генетический банк в культуре *in vitro* с целью сохранения генофонда хозяйственно-ценных, редких и трудно размножаемых видов, сортов и форм ягодных растений,

проведения дальнейших генетико-селекционных работ и ускоренного размножения растений.

Имеющийся научный задел по выращиванию ряда лесных ягодных видов с помощью культуры клеток и тканей подтверждает эффективность и перспективы такого способа их размножения [14-16, 32-45]. Это будет способствовать сохранению ассортимента, адаптированного к природно-климатическим условиям г. Москвы, поддержанию и повышению биологического разнообразия, а также получению оздоровленного посадочного материала, которым в необходимом количестве могут быть обеспечены отечественные производители ягодной продукции, питомники, тепличные комплексы, садовые центры. В условиях импортозамещения на российском рынке плантационное выращивание ягодных растений на основе создаваемой биоресурсной коллекции приобретает особенно важное значение и вполне соотносится с задачами, представленными в «Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в РФ на период до 2030 года»¹, «Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ»², «Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года»³, «Основах государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ на период до 2030 года»⁴, в федеральных проектах «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма» и «Сохранение лесов» (в рамках национального проекта «Экология»)⁵.

¹ Стратегия сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года: Утв. распоряжением Правительства РФ от 17.02.2014 г. № 212-р.

² Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: Утв. постановлением Правительства РФ от 14.05.2021 г. № 731.

³ Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: Утв. распоряжением Правительства РФ от 11.02.2021 г. № 312-р.

⁴ Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года: Утв. распоряжением Правительства РФ от 26.09.2013 г. № 1724-р.

⁵ Паспорт национального проекта «Экология»: Утв. протоколом президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 г. № 16.

Список источников

1. Казанцев М.Ф. Правовое регулирование в сфере биологических коллекций: система, состояние, развитие // *Научный ежегодник Института философии и права УрО РАН*. 2018. № 18 (1). С. 94-143. EDN: YVFJYE <https://doi.org/10.17506/ryipl.2016.18.1.94143>
2. Ткаченко К.Г. Сохранение и воспроизводство биоразнообразия ресурсных видов растений через создание коллекций в ботанических садах // Материалы Всероссийской (с международным участием) научной конференции «Региональные ботанические исследования как основа сохранения биоразнообразия», посвященной 100-летию Воронежского государственного университета, 100-летию кафедры ботаники и микологии, 95-летию Воронежского отд. Русского Ботанического общества. Воронеж: Научная книга, 2018. С. 191-195. EDN: YMUOGO
3. Хлесткина Е.К. Генетические ресурсы России: от коллекций к биоресурсным центрам // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. № 183 (1). С. 9-30. EDN: DSLEEW <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30>
4. Bogdanova E., Lobanov A., Andronov S., Kochkin R., Morell I.A. The Export Potential of Innovative Bioresources of the Arctic in the Economic Zone of the Polar Silk Road. *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2020;131:414-419. EDN: NIKXKZ <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.078>
5. Кустова О.К., Козуб-Птица В.В., Глухов А.З., Кохан Т.П. Оценка биоресурсного потенциала коллекции ароматических и лекарственных растений, интродуцированных в Донецком ботаническом саду // *Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН*. 2020. № 15. С. 72-75. EDN: UFNIFW
6. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of Bioresource Collections on Climatic Rhythms and Phenological Processes. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022;23(3):87-94. EDN: ILLJLL <https://doi.org/10.12912/27197050/147152>
7. Пашченко О.И., Гутиева Н.М., Слепченко Н.А. Результаты селекционных исследований цветочно-декоративных культур в ФИЦ СНГ РАН // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2022. № 82. С. 38-52. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2022-82-38-52>
8. Усков В.С. Рынок плодово-ягодной продукции территории Европейского Севера России: состояние и перспективы развития. Вологда: ИСЭРТ РАН; 2015. 148 с.
9. Набиева А.Р. Потребительская кооперация в структуре рынка дикорастущих плодово-ягодных культур и лесных грибов // *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2019. № 5 (4). С. 470-480. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-4-470-480>
10. Склярченко М. Ягоды растут. Эксперт Северо-Запад. 2019;(11):18-21. URL: <http://expertnw.com/biznes-i-vlast/yagody-rastut/>
11. Латков Н.Ю., Видякин А.В., Коржук А.Б., Латкова Е.В. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ // *Interna-*

References

1. Kazantsev M.F. Legal regulation in the sphere of biological collections: system, state, development. *Nauchnyy ezhegodnik Insttuta filosofii i prava UrO RAN*. 2018;18(1):94-143. (In Russ.) <https://doi.org/10.17506/ryipl.2016.18.1.94143>
2. Tkachenko K.G. Conservation and reproduction of biodiversity of resource plant species through the creation of collections in botanical gardens. Proceedings of the All-Russian (with International Participation) Scientific Conference “Regional Botanical Research as a Basis for Biodiversity Conservation”, dedicated to the 100th anniversary of Voronezh State University, 100th anniversary of the Department of Botany and Mycology, 95th anniversary of the Voronezh Branch of the Russian Botanical Society. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2018:191-195. (In Russ.)
3. Khlestkina E.K. Genetic resources in Russia: from collections to bioresource centers. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(1):9-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-9-30>
4. Bogdanova E., Lobanov A., Andronov S., Kochkin R., Morell I.A. The Export Potential of Innovative Bioresources of the Arctic in the Economic Zone of the Polar Silk Road. *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2020;131:414-419. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.078>
5. Kustova O.K., Kozub-Ptitsa V.V., Glukhov A.Z., Kokhan T.P. Evaluation of the bioresource potential of the collection of aromatic and medicinal plants introduced in the Donetsk Botanical Garden. *Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN*. 2020;15:72-75. (In Russ.)
6. Belyaev A.I., Semenyutina A.V., Khuzhakhmetova A.Sh., Semenyutina V.A. Analysis of Bioresource Collections on Climatic Rhythms and Phenological Processes. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2022;23(3):8794. <https://doi.org/10.12912/27197050/147152>
7. Pashchenko O.I., Gutiyeva N.M., Slepchenko N.A. The results of selection studies of flower and ornamental crops in FRC SSC of RAS. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*. 2022;82:38-52. (In Russ.) <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2022-82-38-52>
8. Uskov V.S. Market of fruit and berry products in the european north of Russia: state and development prospects: monograph. Vologda: ISERT RAN, 2015:148. (In Russ.)
9. Nabieva A.R. Consumer cooperation in the market structure of wild fruit and berry crops and wild mushrooms. *Vestnik of Mari State University. Chapter: Agriculture. Economics*. 2019;5(4):470480. (In Russ.) <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-4-470-480>
10. Sklyarenko M. Berries are growing. *Ekspert Severo-Zapad*. 2019;11:18-21. (In Russ.) URL: <http://expertnw.com/biznes-i-vlast/yagody-rastut>
11. Latkov N.Yu., Vidyakin A.V., Korzhuk A.B., Latkova E.V. Analysis and prospects of berry crop production development in the Russian Federation.

tional Agricultural Journal. 2020. № 6. С. 48-58. <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10231>

12. Минаков И.А., Малуков В.В. Проблемы и перспективы развития ягодоводства в России // *Наука и образование*. 2022. № 5 (2). URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4558>

13. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2016. № 11 (2). С. 43-46. EDN: WHQVNF <https://doi.org/10.12737/20633>

14. Макаров С.С., Виноградова В.С., Тяк Г.В., Бабич Н.А. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. и *Vaccinium angustifolium* Ait.: Монография. Карavaevo: Костромская ГСХА, 2021. 394 с.

15. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Заушинцева А.В. и др. Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2022. № 3. С. 91-102. EDN: KWWNWA <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-91-102>

16. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С. и др. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений: Монография. Москва: Колос-С, 2023. 152 с. EDN: VGKYGZ

17. Коренев И.А., Тяк Г.В., Макаров С.С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) // *Лесохозяйственная информация*. 2019. № 3. С. 180-189. EDN: XDLSL <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15>

18. Makeeva G.Yu., Tyak G.V., Makeev V.A., Makarov S.S. Создание первых российских сортов голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) // *Современное садоводство*. 2023. № 1. С. 1-14. – Режим доступа: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2023/1/1.pdf>. EDN: ORCZRX https://doi.org/10.52415/23126701_2023_010

19. Чудецкий А.И., Бабич Н.А., Мелехов В.И. и др. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium*: Монография. Москва: Колос-С, 2023. 184 с.

20. Гудовских Ю.В., Егошина Т.Л., Кислицына А.В., Лугинина Е.А. Интродукция княженики арктической в условиях Волго-Вятского региона // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2017. № 19 (2). С. 248-251. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2017/2017_2_248_251.pdf. EDN: ZFHZUH.

21. Макаров С.С., Багаев Е.С., Цареградская С.Ю., Кузнецова И.Б. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2019. № 6. С. 118-131. EDN: DSJOXN <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-6-118>

22. Тимошок Е.Е., Скороходов С.Н. Оценка ягодных ресурсов видов семейства Брусничных Томской области, их рациональное использование и охрана // *Сибирский лесной журнал*. 2019. № 4. С. 80-88. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190408>

International Agricultural Journal. 2020;6:48-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10231>

12. Minakov I.A., Malyukov V.V. Problems and prospects for the development of berry growing in Russia. *Nauka i obrazovanie*. 2022;5(2). (In Russ.) URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4558>

13. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological recultivation of degraded peatlands by creating forest berry plants. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2016;11(2):43-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/20633>

14. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Tyak G.V., Babich N.A. Theory and practice of propagation and plantation cultivation of forest berry plants *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. and *Vaccinium angustifolium* Ait.: monograph. Karavaevo: Kostromskaya GSKhA, 2021:394. (In Russ.)

15. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Zaushintseva A.V. et al. Improving the efficiency of multipurpose forest management on depleted peatlands. *Russian Forestry Journal*. 2022;3:91-102. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-91-102>

16. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S. et al. Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants: monograph. Moscow: Kolos-S, 2023:152. (In Russ.)

17. Korenev I.A., Tyak G.V., Makarov S.S. Creation of new varieties of forest berry plants and prospects of their intensive reproduction (*in vitro*). *Forestry Information*. 2019;3:180-189. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15>

18. Makeeva G.Yu., Tyak G.V., Makeev V.A., Makarov S.S. Creation of the First Russian Cultivars of blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Contemporary Horticulture*. 2023;1:1-14. (In Russ.) URL: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2023/1/1.pdf>

19. Chudetsky A.I., Babich N.A., Melekhov V.I., Makarov S.S., Tyak G.V., Feklistov P.A. Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants of the genus *Vaccinium*: monograph. Moscow: Kolos-S, 2023:184. (In Russ.)

20. Gudovskikh Yu.V., Egoshina T.L., Kislitsyna A.V., Luginina E.A. *Rubus Arcticus* L. introduction in the conditions of Volga-Vyatka region. *Izvestiya Samarского научного центра РАН*. 2017;19;2(2):248-251. (In Russ.) URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2017/2017_2_248_251.pdf

21. Makarov S.S., Bagaev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of use and reproduction of phytogenic food and medicinal forest resources on the forest fund lands in the Kostroma region. *Russian Forestry Journal*. 2019;6:118-131. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-6-118>

22. Timoshok E.E., Skorokhodov S.N. Evaluation of Berry resources of the red bilberry family species in Tomsk oblast, their rational use and protection. *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. 2019;4:80-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20190408>

23. Инишева Л.И., Аристархова В.Е., Порохина Е.В., Боровкова А.Ф. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: Изд-во ТГПУ, 2007. 185 с. EDN: QKHDMV
24. Арзамасцева Н.В. Неиспользуемые сельскохозяйственные земли: проблема и перспективы // *Экономика и предпринимательство*. 2021. № 1. С. 572-575. EDN: QZHNTY <https://doi.org/0.34925/EIP.2021.126.01.109>
25. Vahejõe K., Albert T., Noormets M. et al. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*. 2010;16(2):264-272.
26. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloud-berry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat. *Can. J. Plant Sci.* 2015;95:479-489.
27. Рупасова Ж.А., Яковлев А.П., Решетников В.Н. и др. *Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья (физиолого-биохимические аспекты развития)*: Монография. Минск: Беларус. Навука, 2016. 240 с. EDN: YSMVXL
28. *Агроклиматический справочник по Московской области* / Под ред. С.А. Сапожникова; Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Московское управление гидрометслужбы. Москва: Московский рабочий, 1967. 135 с.
29. Игнатъева И.П., Лавриченко Е.В. *Дендрологический сад им. Р.И. Шредера и парк ТСХА: Проспект*. Москва: ТСХА, 1985. 123 с.
30. Сахоненко А.Н., Макаров С.С., Чудецкий А.И., Матюхин Д.Л. Калина. (*Viburnum L.*): морфогенез и структура побеговой системы на ранних этапах онтогенеза: Монография. Москва: МЭСХ, 2023. 156 с.
31. Громадин А.В., Сахоненко А.Н. Коллекция Дендрологического сада имени Р.И. Шредера: вчера, сегодня, завтра // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2022. № 32. С. 18-22. EDN: HGLAVX
32. Макаров С.С., Калашникова Е.А. Влияние состава питательной среды на клональное микропомножение жимолости съедобной // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. № 49. С. 217-222. EDN: YZJZPL
33. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Влияние регуляторов роста на органогенез жимолости при клональном микропомножении // *Вестник НГАУ*. 2018. № 4 (49). С. 36-42. EDN: VPESFX <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42>
34. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Совершенствование технологии клонального микропомножения княженики арктической (*Rubus arcticus L.*) // *Лесохозяйственная информация*. 2018. № 4. С. 91-97. EDN: YRROMP <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.09>
35. Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И., Тяк Г.В. Влияние освещения на процессы побегообразования и ризогенеза брусники обыкновенной при клональном микропомножении // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2021. № 3 (64). С. 102-108. EDN: BOASCC <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.64.3.013>
23. Inisheva L.I., Aristarkhova V.E., Porokhina E.V., Borovkova A.F. Cutaway peat deposits, their characteristics and functioning. Tomsk: Izd-vo TGPU, 2007:185. (In Russ.)
24. Arzamastseva N.V. Unused agricultural land: the problem and prospects. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2021;1;572-575. (In Russ.) <https://doi.org/0.34925/EIP.2021.126.01.109>
25. Vahejõe K., Albert T., Noormets M., Karp K., Paal T., Starast M., Värnik R. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*. 2010;16(2):264-272.
26. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloud-berry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat. *Can. J. Plant Sci.* 2015;95:479-489.
27. Rupasova Zh.A., Yakovlev A.P., Reshetnikov V.N. et al. Cultivation of blueberry in peat workings of Pripyat Polesie (physiological and biochemical aspects of development): monograph. Minsk: Belaruskaya Navuka, 2016:240. (In Russ.)
28. Agroclimatic reference book for the Moscow region. Ed. by Sapozhnikov E.A. Moscow: Moskovskiy rabochiy, 1967:135. (In Russ.)
29. Ignatieva I.P., Lavrichenko E.V. Hand-out. Dendrological Garden named after R.I. Schroeder and the park of Timiryazev Agricultural Academy. Moscow: TSKhA, 1985:123. (In Russ.)
30. Sakhonenko A.N., Makarov S.S., Chudetsky A.I., Matyukhin D.L. *Viburnum (Viburnum L.): Morphogenesis and structure of the shoot system in the early stages of ontogenesis*: monograph. Moscow: MESKh, 2023:156. (In Russ.)
31. Gromadin A.V., Sakhonenko A.N. Collection of the Dendrological Garden named after R.I. Schroeder: yesterday, today, tomorrow. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2022;32:18-22. (In Russ.)
32. Makarov S.S., Kalashnikova E.A. Influence of the nutrient medium composition on clonal micropropagation of honeysuckle edible. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;49:217-222. (In Russ.)
33. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. Influence of growth regulators on the organogenesis of honeysuckle during clonal micropropagation. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2018;4(49):36-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42>
34. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Improving technology of clonal micropropagation of arctic bramble (*Rubus arcticus L.*). *Forestry Information*. 2018;4:91-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.09>
35. Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Tyak G.V. Influence of light on the shoot formation and rhizogenesis of cowberry in clonal micropropagation. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2021;3:102-108. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.64.3.013>

36. Куликова Е.И., Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Особенности культивирования российских и зарубежных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) *in vitro* // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. № 51 (4). С. 712-722. EDN: QH-SFRQ <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-712-722>
37. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Упадышев М.Т. и др. Особенности клонового микро-размножения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. № 51 (1). С. 67-76. EDN: YIWJCE <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-67-76>
38. Макаров С.С., Родин С.А., Кузнецова И.Б. и др. Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клоновом микро-размножении // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. № 51 (3). С. 520-528. EDN: OREXDR <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-520-528>
39. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Rodin S.A. Obtaining High-quality Planting Material for Forest Berry Plants by Clonal Micropropagation for Restoration of Cutover Peatlands. *Russian Forestry Journal*. 2021;2(380):21-29. EDN: ZZIXQR <https://doi.org/10.17238/0536-1036-2021-2-21-29>
40. Чудецкий А.И., Кузнецова И.Б., Макаров С.С., Суров В.В. Получение посадочного материала красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) методом клонового микро-размножения // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2021. № 2 (63). С. 122-128. EDN: AVWVDI <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.63.2.017>
41. Чудецкий А.И., Заушинцева А.В., Родин С.А. и др. Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микро-клоновом размножении брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // *Лесохозяйственная информация*. 2022. № 2. С. 56-66. EDN: JZXKSN <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05>
42. Чудецкий А.И., Родин С.А., Зарубина Л.В. и др. Микроклональное размножение и особенности адаптации к условиям *ex vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* // *Техника и технология пищевых производств*. 2022. № 5 (3). С. 570-581. EDN: UANYXI <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2386>
43. Чудецкий А.И., Макаров С.С., Кузнецова И.Б. и др. Органогенез гибридных форм брусники обыкновенной российской селекции *in vitro* в зависимости от состава питательной среды и росторегулирующих веществ // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2023. № 1 (70). С. 141-149. EDN: UREWYW <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.70.1.017>
44. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П. и др. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20.
45. Чудецкий А.И., Макаров С.С., Родин С.А. и др. Укоренение *in vitro* и адаптация к нестерильным условиям российских сортов брусники обыкновенной // *Лесохозяйственная информация*. 2023. № 2. С. 102-114. EDN: XAUHEQ <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.08>
36. Kulikova E.I., Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I. Russian and foreign cultivars of honeysuckle (*Lonicera edulis* Turcz.): cultivation studies *in vitro*. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):712-722. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-712-722>
37. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Upadyshev M.T., Rodin S.A., Chudetsky A.I. Clonal micropropagation of cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.). *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(1):67-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-67-76>
38. Makarov S.S., Rodin S.A., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Tsaregradskaya S.Yu. Effect of light on rhizogenesis of forest berry plants during clonal micropropagation. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(3):520-528. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-520-528>
39. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Rodin S.A. Obtaining High-quality Planting Material of Forest Berry Plants by Clonal Micropropagation for Restoration of Cutover Peatlands. *Russian Forestry Journal*. 2021;2:2129. <https://doi.org/10.17238/0536-1036-2021-2-21-29>
40. Chudetsky A.I., Kuznetsova I.B., Makarov S.S., Surov V.V. Obtaining planting material for Kamchatka bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) by clonal micropropagation. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2021;2:122-128. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.63.2.017>
41. Chudetsky A.I., Zaushintseva A.V., Rodin S.A. et al. The use of modern growth-promoting eco-preparations for clonal micropropagation of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.]. *Forestry Information*. 2022;2:56-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05>
42. Chudetsky A.I., Rodin S.A., Zarubina L.V. et al. Clonal micropropagation and peculiarities of adaptation to *ex vitro* conditions of forest berry plants of the genus *Vaccinium*. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(3):570-581. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2386>
43. Chudetsky A.I., Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Aleksandrova Yu.V., Kulchitsky A.N. organogenesis of hybrid varieties cowberry of the Russian selection *in vitro* depending on the composition of the nutrient medium and growth-regulating substances. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyajstvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2023;1:141-149. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.70.1.017>
44. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P. et al. Technology of milk herbal tea “Stevilakt”. *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)
45. Chudetsky A.I., Makarov S.S., Rodin S.A., et al. Rooting *in vitro* and adaptation to non-sterile conditions of Russian selection cultivars of lingonberry. *Forestry Information*. 2023;2:102-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.08>

Сведения об авторах

Сергей Сергеевич Макаров, д-р с.-х. наук, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

Антон Игоревич Чудецкий, канд. с.-х. наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: chudetski@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4804-7759>

Алексей Николаевич Сахоненко, канд. биол. наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sahonenko@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Соловьев, канд. с.-х. наук, заведующий кафедрой плодородия, виноградарства и виноделия, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.solovev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>

Лилия Рафисовна Ахметова, аспирант, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru

Алена Павловна Демидова, аспирант, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.demidova@rgau-msha.ru

Юлия Игоревна Кондратенко, аспирант, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: y.kondratenko@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 27.10.2023
Одобрена после рецензирования 13.12.2023
Принята к публикации 18.12.2023

Information about the authors

Sergey S. Makarov, DSc (Agr), Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

Anton I. Chudetsky, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: chudetski@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4804-7759>

Alexey N. Sakhonenko, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: sahonenko@rgau-msha.ru

Alexandr V. Solovyov, CSc (Agr), Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: a.solovev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3186-9767>

Lilia R. Akhmetova, post-graduate student, Assistant at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru

Alena P. Demidova, post-graduate student, Assistant at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: a.demidova@rgau-msha.ru

Yuliya I. Kondratenko, post-graduate student, Assistant at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: y.kondratenko@rgau-msha.ru

The article was submitted to the editorial office 27 Oct 2023
Approved after reviewing 13 Dec 2023
Accepted for publication 18 Dec 2023

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья

УДК 338.439:634.1

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-34-46>



Производство яблок в мире и в основных странах: площади, валовые сборы, урожайность

**Юрий Исуфович Агирбов, Рафаил Рувинович Мухаметзянов,
Наталья Вениаминовна Арзамасцева, Елена Васильевна Ковалева, Ахмед Мухабович Хежев,
Татьяна Владимировна Остапчук, Дмитрий Владимирович Снегирев**

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

Автор, ответственный за переписку: Рафаил Рувинович Мухаметзянов, mrafailr@yandex.ru

Аннотация

В настоящее время размещение производства плодово-ягодной продукции в конкретных регионах и странах мира обусловлено природно-климатическими условиями и биологическими особенностями соответствующих растений. Яблоки – один из важнейших в мире фруктов как по объемам производства, так и по параметрам международной торговли. Для некоторых государств, в том числе России, они являются основой формирования соответствующего продуктового баланса по плодово-ягодной продукции. В связи с этим мы поставили цель изучить тенденции развития яблочного садоводства за 2011-2021 гг. в мире в целом и в странах, которые вошли в двадцатку лидеров (топ-20) по ряду показателей: уборочным площадям под яблоневыми садами, валовым сборам и урожайности яблок. На основе статистических данных ФАО мы выяснили, что за этот период глобальные уборочные площади под яблоневыми садами сократились с 4,961 до 4,822 млн га. Однако в Индии, которая занимает второе место после Китая по этому показателю, они выросли с 0,289 до 0,313 млн га, а в России (третье место в этом рейтинге) – с 0,188 до 0,225 млн га. Эти три государства в 2021 г. занимали первое, пятое и седьмое места по валовым сборам яблок. При этом в России за 2011-2021 гг. объемы производства данного семечкового фрукта выросли с 1,198 до 2,216 млн т, то есть в 1,85 раза. По урожайности ни одна из данных трех стран не вошла в число топ-20 по этому показателю. В целях усиления продовольственной безопасности России в плодово-ягодной продукции следует и дальше способствовать развитию отечественного садоводства яблочного направления на основе использования интенсивных технологий.

Ключевые слова

продовольственное садоводство, яблоня, яблоко, площади, урожайность, валовой сбор, страны-лидеры, Россия

Для цитирования

Агирбов Ю.И., Мухаметзянов Р.Р., Арзамасцева Н.В., Ковалева Е.В., Хежев А.М., Остапчук Т.В., Снегирев Д.М. Производство яблок в мире и в основных странах: площади, валовые сборы, урожайность. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1(4). С. 34-46. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-34-46>

BIOLOGICAL RESOURCES

Original article

УДК 338.439:634.1

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-34-46>



Apple production: area, gross yield, productivity in the world and main countries

**Yuri I. Agirbov, Rafail R. Mukhametzyanov, Natalia V. Arzamastseva, Elena V. Kovaleva,
Akhmed M. Khezhev, Tatiana V. Ostapchuk, Dmitry V. Snegirev**

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

Corresponding author: Rafail R. Mukhametzyanov; mrafailr@yandex.ru

Abstract

At present, the location of fruit and berry production in specific regions and countries of the world is determined by natural and climatic conditions and the biological characteristics of the crops concerned. Apples are one of the most important fruits in the world, both in terms of production volume and international trade parameters. For some countries, including Russia, they are the basis for the formation of the corresponding product balance for fruit and berry products. In this regard, the authors set the goal of analyzing the trends in the development of apple orchards for 2011-2021 in the world as a whole and in the countries ranked in the top 20 by a number of indicators: harvested area of apple orchards, gross yield

and productivity. Based on FAO statistics, it was found that over this period, the global harvested area of apple orchards decreased from 4.961 million ha to 4.822 million ha. However, it increased from 0.289 million ha to 0.313 million ha in India, which ranks second behind China, and from 0.188 million ha to 0.225 million ha in Russia (third in this ranking). These three countries will rank first, fifth and seventh in terms of gross apple yield in 2021. At the same time, the production of this seed fruit in Russia increased from 1.198 to 2.216 million tons between 2011 and 2021, i.e. by a factor of 1.85. In terms of productivity, none of these three countries was among the top 20 for this indicator. In order to strengthen Russia's food security in fruit and berry products, it is necessary to further promote the development of domestic apple horticulture on the basis of intensive technologies.

Keywords

food horticulture, apple tree, apple, area, productivity, gross yield, leading countries, Russia

For citation

Agirbov Yu.I., Mukhametzyanov R.R., Arzamastseva N.V., Kovaleva E.V., Khezhev A.M., Ostapchuk T.V., Snegirev D.V. Apple production: area, gross yield, productivity in the world and main countries. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):34-46. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-34-46>

Введение Introduction

Плодово-ягодные растения выступают одними из наиболее важных биологических ресурсов, которые с незапамятных времен мы используем в своей хозяйственной деятельности. Сначала это осуществлялось посредством собирательства, затем – через окультуривание и целенаправленное выращивание в целях получения продукции, в том числе насыщенной необходимыми для нашего организма нутриентами.

Во многих современных государствах – как развитых, так и развивающихся, продовольственное садоводство является одной из важных подотраслей сельского хозяйства. Фрукты, ягоды и орехи, которые производятся в различных его направлениях, применяются человеком не только как непосредственные продукты питания, но и как сырье для пищевой и некоторых других отраслей промышленности [1]. Кроме того, они и продукты их переработки выступают довольно значимыми объектами международной торговли. За последние несколько десятилетий их объемы значительно возросли как в физическом, так и в стоимостном выражении [2]. Научные труды занимающихся этой проблематикой специалистов свидетельствуют о том, что данная продовольственная группа находится на передовых позициях в интернациональном обороте сельскохозяйственными товарами. Это предопределено тем, что плодово-ягодная продукция, особенно в сыром виде, была и остается очень полезной для здоровья населения, так как является источником витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и других соединений, необходимых для нормального функционирования нашего организма [3].

В разных государствах в зависимости от имеющихся совокупности природно-климатических и социально-экономических факторов получили развитие различные направления продовольственного садоводства. Так, в странах, имеющих более благоприятные почвенно-климатические условия, в том числе по температуре и влажности,

в промышленных масштабах выращиваются такие тропические фрукты, как бананы, ананасы, манго и т.д. Ряд государств в целях получения соответствующих видов продукции культивирует цитрусовые [4] и орехоплодные [5] растения. Как показывают исследования, основной объем свежей плодово-ягодной продукции тропического и субтропического происхождения создается в развивающихся странах. В частности, некоторые государства Южной Америки лидируют в валовых сборах и экспорте товаров этой продовольственной группы [6]. Усиление их специализации на тех или иных направлениях садоводства, направленное на концентрацию производства в них конкретных фруктов, ягод и орехов, было вызвано необходимостью как удовлетворения потребностей собственного населения, так и развития экспортного потенциала данной отрасли [7]. Кроме того, помимо обеспечения занятости и доходов местных жителей, поставки товаров этой продовольственной группы в другие государства обеспечивает приток в соответствующую страну наиболее используемых в интернациональном обороте валют. Это, несомненно, положительно влияет на национальную экономику в рамках современного финансового мироустройства. Однако увеличение производственного и экспортного потенциала садоводства развивающихся стран было бы невозможным без постоянного, в течение XX-XXI вв., роста спроса на плодово-ягодную продукцию тропического и субтропического происхождения со стороны развитых государств. При этом последние, в частности, США и страны Европы, сами являются довольно серьезными производителями и экспортёрами фруктов, ягод и орехов [8]. Например, Испания лидирует в производстве и поставках в международную торговлю плодов ряда цитрусовых культур [9].

В начале текущего столетия существенно увеличился свой спрос на зарубежную плодово-ягодную продукцию Россия, и постепенно в течение первого десятилетия XXI в. она вошла в число ведущих государств по импорту важнейших из них. В частности, наша страна «... в 2011 г. занимала первое место

в мире по ввозу яблок, груш, абрикосов, вишни, апельсинов, слив, мандаринов (включая тангарины и кlementины), чернослива; второе – винограда, лимонов и лаймов, персиков и нектаринов, сушеных абрикосов, грецких орехов очищенных; третье – бананов, грейпфрутов...» [10]. С одной стороны, увеличение их закупок за рубежом способствовало лучшему удовлетворению потребности населения страны в плодово-ягодной продукции, делая ее доступной в физическом и экономическом отношении, особенно в зимний и весенний периоды [11]. С другой стороны, одновременно наблюдалось снижение спроса на товары этой продовольственной группы, производимых отечественными предприятиями, что снижало их конкурентоспособность на отечественном рынке [12].

Возвращение Крыма в состав РФ резко усилило санкционное давление на нашу страну со стороны США и их союзников. В этих условиях руководство России было вынуждено ответить, введя эмбарго на поставки из этих государств широкого спектра продукции растительного и животного происхождения, в том числе плодово-ягодной продукции. Помимо этого, в целях усиления собственной продовольственной безопасности в отечественном садоводстве стали проводить политику импортозамещения. Был принят ряд нормативно-правовых актов и программ его развития. В частности, в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы предусмотрены подпрограммы «Развитие садоводства и питомниководства» и «Развитие виноградарства, включая питомниководство». Итогом этого стал постепенный рост площадей под многолетними насаждениями, в том числе под яблоневыми садами, увеличение урожайности и валовых сборов яблок. Объемы зарубежной плодово-ягодной продукции и их доля в отечественном балансе ресурсов и использования по ней стали постепенно сокращаться. Однако несмотря на эти достижения, в 2021 г. Россия среди прочих государств пока еще находилась на первом месте в мире по объемам импорта рассматриваемого нами семечкового фрукта [13]. Естественно, что за охваченный данным исследованием период, ситуация в садоводстве яблочного направления изменилась не только в Российской Федерации.

Цель исследований: изучение изменения состояния производства яблок в мире и в основных государствах за 2011-2021 гг., а также выявление наиболее значимых тенденций в этом процессе, в том числе в России. Для достижения цели были обозначены следующие задачи:

- рассмотреть трансформацию общемировых размеров и структуры уборочных площадей под яблоневыми садами в разрезе стран, которые в 2021 г. входили в 20 крупнейших по этому показателю;

- проанализировать изменение за 2011-2021 гг. валовых сборов яблок в двадцатке крупнейших на 2021 г. по этому параметру государств;

- выявить страны с наибольшей в 2021 г. урожайностью исследуемого семечкового фрукта, сравнить их прирост относительно 2011 г.;

- показать позиции России в обозначенных выше показателях по глобальному производству яблок.

Методика исследований

Research method

Авторы статьи провели аналитические расчеты, используя данные статической базы Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) [14]. В российской статистике площадь под многолетниками насаждениями, с которой снимают урожай, понимают как «сады в плодоносящем возрасте». В статистике ФАО она в оригинале отражена как «area harvested», что в переводе означает «убранная площадь». В нашем случае в процессе анализа применительно к предмету исследований использовано понятие «уборочная площадь под яблоневыми садами», или для упрощения – «площадь яблоневых садов».

Мы выявили 20 государств, лидирующих в 2021 г. по этому показателю, соотнесли их с аналогичными данными по ним и по миру в целом за 2011 г. Также за эти 2 года нами была найдена доля в соответствующем глобальном показателе попавших в составленный рейтинг стран и ее изменение за охваченный период. Полученные данные мы отразили в таблице 1. Аналогичные манипуляции были проведены относительно валовых сборов яблок (табл. 2). По урожайности исследуемого фрукта также было выявлено 20 государств с их наибольшим уровнем за 2021 г., проведено сравнение относительно 2011 г. Однако в отличие от предыдущих расчетов по занимаемой странами доле мы нашли отличие по ним этого показателя за оба года относительно среднемирового уровня, а затем – его изменение за 2011-2021 гг. (табл. 3).

В статье наименования государств, которые представлены в статистике ФАО, отражены с общепринятыми в нашей стране сокращениями (например, Россия, Сирия, Иран), в том числе аббревиатурными: США, ЮАР, КНР, КНДР и т.д. Данные по Китаю (или КНР) даны без учета Гонконга, Макао и Тайваня, так как они, согласно статистике ФАО, рассматриваются отдельно. Используемый нами термин «основные страны» означает лидирующие по соответствующим показателям страны.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В некоторых научных работах отмечено, что среди прочих видов свежей плодово-ягодной продукции яблоки занимают ведущее место как по объемам глобальных валовых сборов, так и по параметрам международной торговли [15].

В частности, по первому показателю они в последние десятилетия находились на третьем месте, тогда как бесспорное лидерство в глобальном валовом сборе занимали бананы. На второй позиции находились арбузы, которые в отечественной статистике относятся к овощам и бахчевым, и рассматриваются отдельно от фруктов и ягод. Иными словами, если не учитывать арбузы, то яблоки «переместятся» на второе место в соответствующей продовольственной группе. Однако если рассматривать фрукты и ягоды, полученные с древесных насаждений, то яблоки по их значимости вообще окажутся на первой позиции.

В данной работе мы придерживались классификации ФАО, в соответствии с которой в группе свежей плодово-ягодной продукции, обозначенной в оригинале как «Fruit Primary», исследуемый семечковый фрукт по валовым сборам замыкал первую тройку лидеров. Тем не менее, по нашим расчетам, в среднем за 2011-2021 гг. в глобальных объемах ее производства доля яблок составила 10,07%, в общемировом физическом экспорте и импорте товаров этой продовольственной группы – 8,21 и 8,32% соответственно.

По мнению некоторых исследователей, яблоки в отличие от большинства тропических

Таблица 1

Изменение общемировых размеров и структуры уборочных площадей под яблоневыми садами по основным странам (топ-20 в 2021 г.) за 2011-2021 гг. (расчеты авторов по [14])

Страны	Тыс. га		2021 г. к 2011 г., раз	% к миру в целом		2021 г. к 2011 г. (+; -)
	2011 г.	2021 г.		2011 г.	2021 г.	
КНР	2177,320	2092,326	0,96	43,88	43,39	-0,49
Индия	289,100	313,000	1,08	5,83	6,49	0,66
Россия	188,000	225,256	1,20	3,79	4,67	0,88
Турция	166,673	168,811	1,01	3,36	3,50	0,14
Польша	183,526	161,900	0,88	3,70	3,36	-0,34
Иран	197,284	131,815	0,67	3,98	2,73	-1,24
США	133,870	117,441	0,88	2,70	2,44	-0,26
Узбекистан	77,166	111,575	1,45	1,56	2,31	0,76
Украина	105,200	84,400	0,80	2,12	1,75	-0,37
Пакистан	110,411	75,230	0,68	2,23	1,56	-0,67
КНДР	72,800	70,528	0,97	1,47	1,46	0,00
Мексика	56,845	55,874	0,98	1,15	1,16	0,01
Италия	56,860	54,470	0,96	1,15	1,13	-0,02
Франция	39,725	54,210	1,36	0,80	1,12	0,32
Румыния	52,722	53,820	1,02	1,06	1,12	0,05
Молдова	55,790	53,300	0,96	1,12	1,11	-0,02
Марокко	30,073	52,550	1,75	0,61	1,09	0,48
Сирия	51,757	51,647	1,00	1,04	1,07	0,03
Таджикистан	40,000	44,681	1,12	0,81	0,93	0,12
Казахстан	29,127	35,996	1,24	0,59	0,75	0,16
Прочие страны	847,309	813,396	0,96	17,08	16,87	-0,21
Мир в целом	4961,558	4822,226	0,97	100,0	100,0	-

Table 1

**Change in the global size and structure of harvested area under apple orchards
by major countries (top 20 in 2021) for 2011-2021 (authors' calculations based on [33])**

Countries	Thous. ha		2021 to 2011, times	% to the world as a whole		2021 to 2011 (+; -)
	2011	2021		2011	2021	
China	2177.320	2092.326	0.96	43.88	43.39	-0.49
India	289.100	313.000	1.08	5.83	6.49	0.66
Russia	188.000	225.256	1.20	3.79	4.67	0.88
Turkey	166.673	168.811	1.01	3.36	3.50	0.14
Poland	183.526	161.900	0.88	3.70	3.36	-0.34
Iran	197.284	131.815	0.67	3.98	2.73	-1.24
USA	133.870	117.441	0.88	2.70	2.44	-0.26
Uzbekistan	77.166	111.575	1.45	1.56	2.31	0.76
Ukraine	105.200	84.400	0.80	2.12	1.75	-0.37
Pakistan	110.411	75.230	0.68	2.23	1.56	-0.67
North Korea	72.800	70.528	0.97	1.47	1.46	0.00
Mexico	56.845	55.874	0.98	1.15	1.16	0.01
Italy	56.860	54.470	0.96	1.15	1.13	-0.02
France	39.725	54.210	1.36	0.80	1.12	0.32
Romania	52.722	53.820	1.02	1.06	1.12	0.05
Moldova	55.790	53.300	0.96	1.12	1.11	-0.02
Morocco	30.073	52.550	1.75	0.61	1.09	0.48
Syria	51.757	51.647	1.00	1.04	1.07	0.03
Tadjikistan	40.000	44.681	1.12	0.81	0.93	0.12
Qazaqstan	29.127	35.996	1.24	0.59	0.75	0.16
Other countries	847.309	813.396	0.96	17.08	16.87	-0.21
World as a whole	4961.558	4822.226	0.97	100.0	100.0	-

и субтропических фруктов имеют более широкий ареал крупнотоварного производства, в том числе за счет государств, расположенных в умеренном климатическом поясе [16]. Рассмотрим изменение за 2011-2021 гг. общемировых размеров и структуры уборочных площадей под яблоневыми садами по основным странам, входившим в 2021 г. в число 20 лидеров по обозначенному показателю (табл. 1). Заметно, что по этому показателю на первом месте была и продолжает оставаться КНР, хотя ее доля немного сократилась: с 43,88% в начале обозначенного периода до 43,39% – в его конце. Второе место в данном рейтинге занимает Индия, но несмотря

на рост ее позиций в соответствующем глобальном рейтинге с 5,83 до 6,49%, она существенно уступает Китаю, хотя имеет сопоставимое с ним население. Замыкает тройку лидеров на 2021 г. Россия, хотя в 2011 г. наша страна находилась только на четвертом месте после Ирана. В последнем существенно уменьшились площади яблоневых садов, в результате чего его доля в соответствующем глобальном показателе снизилась с 3,98 до 2,73%. Аналогичное сокращение площадей под садами произошло и в Пакистане. Заметно, что в течение охваченного времени уборочные площади яблоневых садов снизились довольно значительно не только в этих двух

государствах, но и на Украине, в Польше, в США. Среди лидеров по относительному приросту этого показателя, опережающих Россию, можно отметить Марокко (в 1,75 раза), Узбекистан (в 1,45 раза), Францию (в 1,36 раза), Казахстан (в 1,24 раза).

Рассмотрим изменение за 2011-2021 гг. общемировых размеров и структуры валовых сборов яблок по основным странам, входившим в 2021 г. в число 20 лидеров по обозначенному показателю (табл. 2). Как и по площадям, лидером здесь выступил Китай, где производство исследуемого семечкового фрукта выросло с 35,985 до 45,983 тыс. т (в 1,28 раза), тогда как в мире

в целом – с 77,073 до 93,144 тыс. т (в 1,21 раза). В итоге произошло увеличение доли данной азиатской державы в соответствующем глобальном показателе с 46,69 до 49,37%.

Среди других стран, вошедших в первую пятерку по валовым сборам яблок, хорошие показатели абсолютного и относительного прироста наблюдались у Турции (второе место в этом рейтинге за 2021 г.) и Польше (четвертое место). Что касается США (третье место), здесь за 2011-2021 гг. имело место незначительное увеличение объемов и занимаемой доли в глобальном производстве рассматриваемого семечкового фрукта. В то же время Индия,

Таблица 2

Изменение общемировых объемов и структуры валовых сборов яблок по основным странам (топ-20 в 2021 г.) за 2011-2021 гг. (расчеты авторов по [14])

Страны	Млн т		2021 г. к 2011 г., раз	% к миру в целом		2021 г. к 2011 г. (+; -)
	2011 г.	2021 г.		2011 г.	2021 г.	
КНР	35,985	45,983	1,28	46,69	49,37	2,68
Турция	2,680	4,493	1,68	3,48	4,82	1,35
США	4,282	4,467	1,04	5,56	4,80	-0,76
Польша	2,493	4,067	1,63	3,23	4,37	1,13
Индия	2,891	2,276	0,79	3,75	2,44	-1,31
Иран	3,113	2,241	0,72	4,04	2,41	-1,63
Россия	1,198	2,216	1,85	1,55	2,38	0,82
Италия	2,411	2,212	0,92	3,13	2,37	-0,75
Франция	1,763	1,633	0,93	2,29	1,75	-0,53
Чили	1,588	1,557	0,98	2,06	1,67	-0,39
Бразилия	1,339	1,297	0,97	1,74	1,39	-0,34
Украина	0,954	1,279	1,34	1,24	1,37	0,14
Узбекистан	0,769	1,238	1,61	1,00	1,33	0,33
ЮАР	0,781	1,149	1,47	1,01	1,23	0,22
Германия	0,898	1,005	1,12	1,17	1,08	-0,09
Марокко	0,512	0,890	1,74	0,66	0,96	0,29
КНДР	0,752	0,807	1,07	0,98	0,87	-0,11
Египет	0,456	0,793	1,74	0,59	0,85	0,26
Япония	0,655	0,733	1,12	0,85	0,79	-0,06
Пакистан	0,599	0,697	1,16	0,78	0,75	-0,03
Прочие страны	10,953	12,110	1,11	14,21	13,00	-1,21
Мир в целом	77,073	93,144	1,21	100,0	100,0	-

Table 2

Change in global volumes and structure of gross apple yields by major countries (top 20 in 2021) for 2011-2021 (authors' calculations based on [33])

Countries	Mln tons		2021 to 2011, times	% to the world as a whole		2021 to 2011 (+; -)
	2011	2021		2011	2021	
China	35.985	45.983	1.28	46.69	49.37	2.68
Turkey	2.680	4.493	1.68	3.48	4.82	1.35
USA	4.282	4.467	1.04	5.56	4.80	-0.76
Poland	2.493	4.067	1.63	3.23	4.37	1.13
India	2.891	2.276	0.79	3.75	2.44	-1.31
Iran	3.113	2.241	0.72	4.04	2.41	-1.63
Russia	1.198	2.216	1.85	1.55	2.38	0.82
Italy	2.411	2.212	0.92	3.13	2.37	-0.75
France	1.763	1.633	0.93	2.29	1.75	-0.53
Chile	1.588	1.557	0.98	2.06	1.67	-0.39
Brazil	1.339	1.297	0.97	1.74	1.39	-0.34
Ukraine	0.954	1.279	1.34	1.24	1.37	0.14
Uzbekistan	0.769	1.238	1.61	1.00	1.33	0.33
South Africa	0.781	1.149	1.47	1.01	1.23	0.22
Germany	0.898	1.005	1.12	1.17	1.08	-0.09
Morocco	0.512	0.890	1.74	0.66	0.96	0.29
North Korea	0.752	0.807	1.07	0.98	0.87	-0.11
Egypt	0.456	0.793	1.74	0.59	0.85	0.26
Japan	0.655	0.733	1.12	0.85	0.79	-0.06
Pakistan	0.599	0.697	1.16	0.78	0.75	-0.03
Other countries	10.953	12.110	1.11	14.21	13.00	-1.21
World as a whole	77.073	93.144	1.21	100.0	100.0	-

занявшая в 2021 г. пятое место составленного нами рейтинга, несколько утратила свои позиции. Среди основных стран Евразийского экономического союза, к которым относятся Россия, Белоруссия и Казахстан, только первая из перечисленных вошла в 2021 г. в двадцатку ведущих государств мира по валовым сборам яблок. Что касается двух других стран, то они занимали 34 и 40 позиции, хотя по площадям яблоневых садов – 20-е и 21-е места соответственно. Из других республик бывшего СССР в составленном нами рейтинге по валовым сборам присутствовали, кроме России, Украина (12-е место в 2021 г.) и Узбекистан (13-е место).

Заметно, что в нашей стране объемы производства рассматриваемого семечкового фрукта в течение охваченного авторами данных исследований периода заметно увеличились: с 1,198 в 2011 г. до 2,216 млн т в 2021 г., то есть в 1,85 раза, что существенно выше, чем соответствующий среднемировой показатель. Более того, по этому относительному приросту Россия лидирует в первой двадцатке государств в составленном нами рейтинге по валовым сборам яблок. Однако несмотря на достигнутые показатели, еще не в полной мере решена проблема самообеспечения нашей страны в плодово-ягодной продукции собственного производства [17]. Так,

согласно приказу Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614, среднестатистическому россиянину рекомендуется потреблять в год свежих фруктов в количестве 100 кг, из них 50 кг – яблок, то есть чтобы обеспечить эти нормы полностью за счет отечественного садоводства, необходимо получать как минимум 7,3 млн т исследуемого семечкового фрукта, что в 3,29 раза больше достигнутого в 2021 г. объема его валовых сборов. В этой связи в нашей стране необходимо и дальше развивать данную отрасль, в том числе яблочного направления, а также расширять мощности переработки фруктов и ягод собственного производства [18].

Валовые сборы яблок зависят не только от площадей под яблоневыми садами, но и от их урожайности. Изменение этого показателя по основным странам (топ-20 в 2021 г.) за 2011-2021 гг., в том числе в сравнении с общемировой урожайностью, представлено в таблице 3. Отметим, что в таблице не отражена Австрия, которая в 2021 г. занимала 12-е место по урожайности яблок, но в статистике ФАО отсутствовали сведения о ней за 2011 г., в связи с чем мы исключили это государство из первой двадцатки.

Как видим, только 4 государства из первого рассмотренного нами рейтинга вошли в это писк.

Таблица 3

Изменение урожайности яблоневых садов по основным странам (топ-20 в 2021 г.) за 2011-2021 гг. (расчеты авторов [14])

Страны	Тонн с 1 га		2021 г. к 2011 г., раз	Среднемировая урожайность, раз		2021 г. к 2011 г. (+; -)
	2011 г.	2021 г.		2011 г.	2021 г.	
Новая Зеландия	48,85	57,95	1,19	3,14	3,00	-0,14
Швейцария	78,22	56,19	0,72	5,04	2,91	-2,13
Чили	45,34	50,27	1,11	2,92	2,60	-0,32
Бельгия	29,46	46,68	1,58	1,90	2,42	0,52
ЮАР	35,64	41,26	1,16	2,29	2,14	-0,16
Нидерланды	50,57	41,04	0,81	3,26	2,12	-1,13
Ливия	35,34	40,78	1,15	2,28	2,11	-0,16
Италия	42,41	40,60	0,96	2,73	2,10	-0,63
Бразилия	35,17	39,46	1,12	2,26	2,04	-0,22
Израиль	40,83	38,91	0,95	2,63	2,01	-0,61
США	31,98	38,04	1,19	2,06	1,97	-0,09
Великобритания	15,35	31,37	2,04	0,99	1,62	0,64
Франция	44,37	30,13	0,68	2,86	1,56	-1,30
Германия	28,42	29,57	1,04	1,83	1,53	-0,30
Колумбия	10,07	29,56	2,93	0,65	1,53	0,88
Греция	20,56	27,47	1,34	1,32	1,42	0,10
Турция	16,08	26,62	1,66	1,04	1,38	0,34
Португалия	19,72	26,45	1,34	1,27	1,37	0,10
Албания	18,55	26,23	1,41	1,19	1,36	0,16
Аргентина	28,87	25,99	0,90	1,86	1,35	-0,51
Мир в среднем	15,53	19,32	1,24	100,0	100,0	-

Table 3

**Change in apple orchard productivity by major countries (top 20 in 2021)
for 2011-2021 (authors' calculations based on [33])**

Countries	Tons per 1 ha		2021 to 2011, times	In times to world average yield,		2021 to 2011 (+; -)
	2011	2021		2011	2021	
New Zealand	48.85	57.95	1.19	3.14	3.00	-0.14
Switzerland	78.22	56.19	0.72	5.04	2.91	-2.13
Chile	45.34	50.27	1.11	2.92	2.60	-0.32
Belgium	29.46	46.68	1.58	1.90	2.42	0.52
South Africa	35.64	41.26	1.16	2.29	2.14	-0.16
the Netherlands	50.57	41.04	0.81	3.26	2.12	-1.13
Libya	35.34	40.78	1.15	2.28	2.11	-0.16
Italy	42.41	40.60	0.96	2.73	2.10	-0.63
Brazil	35.17	39.46	1.12	2.26	2.04	-0.22
Israel	40.83	38.91	0.95	2.63	2.01	-0.61
USA	31.98	38.04	1.19	2.06	1.97	-0.09
Great Britain	15.35	31.37	2.04	0.99	1.62	0.64
France	44.37	30.13	0.68	2.86	1.56	-1.30
Germany	28.42	29.57	1.04	1.83	1.53	-0.30
Columbia	10.07	29.56	2.93	0.65	1.53	0.88
Greece	20.56	27.47	1.34	1.32	1.42	0.10
Turkey	16.08	26.62	1.66	1.04	1.38	0.34
Portugal	19.72	26.45	1.34	1.27	1.37	0.10
Albania	18.55	26.23	1.41	1.19	1.36	0.16
Argentina	28.87	25.99	0.90	1.86	1.35	-0.51
World as a whole	15.53	19.32	1.24	100.0	100.0	-

Так, Турция, занявшая четвертую позицию по уборочным площадям яблоневых садов (а также вторую по валовым сборам яблок), по их урожайности находилась только на 17-м месте. В этой стране урожайность увеличилась с 16,08 т/га в 2011 г. до 26,62 т/га в 2021 г., то есть в 1,66 раза. Также урожайность повышена в США: если в начале рассматриваемого периода она находилась на уровне в 31,98 т/га, то в конце его составляла 38,04 т/га. А вот в Италии и во Франции урожайность яблок за 2011-2021 гг. сократилась: с 42,41 до 40,60 т/га и с 44,37 до 30,13 т/га соответственно.

В 2021 г. в первой пятерке лидеров по этому показателю были Новая Зеландия (50-е место

по площади и 25-е место по валовым сборам), Швейцария (74-е и 45-е места соответственно), Чили (28-е и 10-е места соответственно), Бельгия (74-е и 41-е места соответственно) и ЮАР (59-е и 14-е места соответственно).

Китай и Индия, лидирующие по уборочным площадям под яблоневыми садами, по урожайности яблок находились в 2021 г. только на 29-м и 71-м местах соответственно. Что касается России, то в этом рейтинге (согласно данным ФАО) она занимала 60-е место с урожайностью в 9,84 т/га, что составляло 50,94% от среднемировой (19,32 т/га). На наш взгляд, основная причина такого низкого уровня заключается в том, что в 90-е гг. XX в.

и в первом десятилетии текущего столетия проблема обеспечения населения нашей страны яблоками решалась за счет их импорта, а не за счет развития собственного крупнотоварного производства этого семечкового фрукта. В это время практически не уделялось внимания со стороны уполномоченных государственных структур как отечественному плодоводству, так и соответствующему питомниководству, что привело к существенному отставанию в этих направлениях садоводства даже по сравнению со странами, характеризующимися подобными с Россией природно-климатическими условиями. Однако благодаря усилению государственной поддержки во втором десятилетии XXI в. и проводимым в течение этого времени мероприятиям урожайность яблок в нашей стране по сравнению с 2011 г. возросла в 2021 г. в 1,54 раза (с 6,37 до 9,84 т/га), что выше, чем общемировой прирост.

Многие представители отечественной аграрной экономической школы считают урожайность одним из важнейших среди натуральных показателей, характеризующих экономическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции. Естественно, что она зависит от многих факторов, однако среди важнейших следует считать природно-климатические условия [19]. В более благоприятных (при прочих равных вложениях ресурсов) продуктивность плодово-ягодных насаждений выше. В свою очередь, уровень урожайности напрямую влияет на стоимостные показатели экономической эффективности садоводства – такие, как себестоимость единицы продукции, прибыль и рентабельность реализации. В связи с этим, в целях усиления продовольственной безопасности России, следует и дальше способствовать развитию отечественного производства яблок на основе использования инновационных технологий, в частности, расширения садов интенсивного типа, и прежде всего – в субъектах РФ, имеющих наиболее благоприятные природно-климатические условия [20].

Выводы Conclusions

Проведенные исследования изменения за 2011-2021 гг. ситуации в сфере производства яблок в мире в целом и в основных странах позволяют сделать следующие основные выводы:

1. В течение охваченного нашим исследованием периода, глобальный размер уборочной площади под яблоневыми садами снизился с 4961,558 до 4822,226 тыс. га, то есть их стало меньше на 2,81%. Однако для двадцатки стран, лидирующих по этому показателю в 2021 г., наблюдались разные тенденции. В частности, в первой пятерке сокращение наблюдалось

в Китае: с 2177,320 до 2092,326 тыс. га (минус 3,9% от уровня 2011 г.), а также в Польше: 183,526 до 161,900 тыс. га (минус 11,78%). Довольно значительно площадь яблоневых садов увеличилась в Индии (с 289,100 до 313,000 тыс. га, то есть на 8,27%) и в России (с 188,000 до 225,256 тыс. га, то есть на 19,82%), тогда как в Турции она возросла только на 1,28%: с 166,673 до 168,811 тыс. га. В итоге на эти 5 государств в 2021 г. приходилось 61,41% от общемировых уборочных площадей под яблоневыми садами, тогда как в 2011 г. – всего 60,56%.

2. За 2011-2021 гг. общемировые валовые сборы исследуемого фрукта увеличились с 77,073 до 93,144 млн т, то есть в 1,21 раза. При этом на первую пятерку государств в 2021 г. пришлось 65,8% от объемов глобального производства, на вторую – еще 10,58%, на третью – 6,41%, на четвертую – 4,21%, то есть 20 лидирующих стран по валовым сборам яблок дали 87,0% от общемирового уровня. При этом в конкретных государствах, вошедших в составленный нами рейтинг, наблюдались разные тенденции по изменению за 2011-2021 гг. валовых сборов исследуемого семечкового фрукта и их доли в соответствующем глобальном показателе. В частности, в числе лидеров по абсолютному и относительному приросту в течение обозначенного периода оказались Россия, Египет, Марокко, Турция, Польша, Узбекистан, ЮАР. В то же время Иран, Индия, Италия, Франция, Бразилия и Чили в 2021 г. произвели меньше яблок, чем в 2011 г., что негативно отразилось на занимаемой ими доле в общемировых валовых сборах.

3. За исследуемый период среднемировая урожайность яблок выросла с 15,53 до 19,32 т/га, то есть в 1,24 раза. В 2021 г. в первой пятерке государств по этому показателю находились Новая Зеландия – 57,95 т/га, Швейцария – 56,19 т/га, Чили – 50,27 т/га, Бельгия – 46,68 т/га и Южная Африка – 41,26 т/га. Вторая пятерка была представлена Нидерландами (41,04 т/га), Ливией (40,78 т/га), Италией (40,60 т/га), Бразилией (39,46 т/га) и Израилем (38,91 т/га). В числе следующих 10 лидеров по убыванию урожайности находились США, Великобритания, Франция, Германия, Колумбия, Греция, Турция, Португалия, Албания и Аргентина. Отметим, что ряд в составленном нами рейтинге ведущих 20 государств улучшил рассматриваемый показатель, тогда как в некоторых странах отмечается его снижение.

Что касается России, то урожайность яблок в ней практически в 2 раза ниже, чем общемировая. Так, в 2011 г. она составляла 6,37 т/га, а в 2021 г. – 9,84 т/га. Однако, как показывает опыт государств с сопоставимыми природно-климатическими условиями, за счет постоянного внедрения интенсивных технологий можно существенно увеличить урожайность яблок и в России.

Список источников

1. Мухаметзянов Р.Р., Платоновский Н.Г., Хежев А.М. и др. Объемы, субъекты и тенденции международной торговли плодово-ягодной продукцией // *International Agricultural Journal*. 2022. Т. 65. № 3. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_3_26
2. Хежев А.М., Бритик Э.В., Платоновский Н.Г. и др. Изменение параметров международной торговли плодово-ягодной продукцией // *Столыпинский вестник*. 2022. Т. 4, № 2. https://doi.org/10.55186/27131424_2022_4_2_12
3. Велибекова Л.А. Производство продукции садоводства как условие сохранения здоровья населения и продовольственной безопасности в государствах-членах ЕАЭС // *АПК: экономика, управление*. 2023. № 1. С. 96-109. <https://doi.org/10.33305/231-96>
4. Мухаметзянов Р.Р., Корольков А.Ф., Остапчук Т.В., Иванцова Н.Н. Валовые сборы цитрусовых в мире и в основных странах – производителях // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2021. № 5(74). С. 133-143. <https://doi.org/10.33938/215-133>
5. Мухаметзянов Р.Р., Платоновский Н.Г., Арзамасцева Н.В. и др. Динамика валовых сборов орехов в мире и в основных странах-производителях // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2021. № 12. С. 63-73. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2021-0-12-63-73>
6. Мухаметзянов Р.Р., Федорчук М.Э. А. И., Платоновский Н.Г. и др. Южная Америка на мировом рынке плодово-ягодной продукции // *International Agricultural Journal*. 2021. Т. 64. № 6. <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10402>
7. Мухаметзянов Р.Р., Платоновский Н.Г., Ковалева Е.В. и др. Факторы, параметры и значение развития садоводства в обеспечении глобальной продовольственной безопасности // *Московский экономический журнал*. 2022. Т. 7. № 9. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_9_526
8. Платоновский Н.Г., Мухаметзянов Р.Р., Джанчарова Г.К. и др. Производство и внешняя торговля плодово-ягодной продукцией в странах Европейского союза // *International Agricultural Journal*. 2021. Т. 64. № 6. <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10432>
9. Джанчарова Г.К., Мухаметзянов Р.Р., Платоновский Н.Г. и др. Россия и другие страны мира в международной торговле цитрусовыми фруктами // *Московский экономический журнал*. 2021. № 12. <https://doi.org/10.24412/2413-046X-2021-10727>
10. Удалова З.В., Мухаметзянов Р.Р. Динамика развития современного плодовоовощного рынка России // *Вестник Российской таможенной академии*. 2015. № 3. С. 36-45. EDN: UHLWVX
11. Велибекова Л.А. Экономические аспекты производства и потребления свежей и переработанной плодово-ягодной продукции // *АПК: экономика, управление*. 2022. № 6. С. 72-80. <https://doi.org/10.33305/226-72>
12. Зубков А.В., Тиссен М.В. Пути повышения конкурентоспособности садоводческих товаропроизводителей // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2018. № 2(23). С. 126-132. EDN: XVANXF
13. Обухова Н.И., Ибрашева Л.Р., Быстренина И.Е. и др. Изменение глобального и российского

References

1. Mukhametzyanov R.R., Platonovskiy N.G., Khezhev A.M. et al. Volume, subjects and trends of international trade in fruit and berry products. *International Agricultural Journal*. 2022;65(3). (In Russ.) https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_3_26
2. Khezhev A.M., Britik E.V., Platonovskiy N.G. et al. Changes in the parameters of international trade in fruit and berry products. *Stolypin annals*. 2022;4(2). (In Russ.) https://doi.org/10.55186/27131424_2022_4_2_12
3. Velibekova L.A. Horticulture production as a condition for preserving public health and food security in the EAEU member states. *AIC: Economics, Management*. 2023;1:96-109. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/231-96>
4. Mukhametzianov R.R., Korolkov A.F., Ostapchuk T.V., Ivantsova N.N. Gross harvest of citrus worldwide and in the main countries-producers. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2021;5(74):133-143. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/215-133>
5. Mukhametzyanov R.R., Platonovskiy N.G., Arzamastseva N.V. et al. Dynamics of gross harvest of nuts in the world and in the main producing countries. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*. 2021;12:63-73. (In Russ.) <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2021-0-12-63-73>
6. Mukhametzyanov R.R., Fedorchuk A.I.M.E., Platonovskiy N.G. et al. South America in the global fruit and berry market. *International Agricultural Journal*. 2021;64(6). (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10402>
7. Mukhametzyanov R.R., Platonovskiy N.G., Kovaleva E.V. et al. Factors, parameters and importance of horticulture development in ensuring global food security. *Moscow Economic Journal*. 2022;7(9). (In Russ.) https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_9_526
8. Platonovskiy N.G., Mukhametzyanov R.R., Dzhancharova G.K. et al. Production and foreign trade of fruit and berry products in the countries of the European Union. *International Agricultural Journal*. 2021;64(6). (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10432>
9. Dzhancharova G.K., Mukhametzyanov R.R., Platonovskiy N.G. et al. Russia and other countries in the international citrus fruit trade. *Moscow Economic Journal*. 2021;12. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2413-046X-2021-10727>
10. Udalova Z.V., Mukhametzyanov R.R. Development dynamics of modern fruit and vegetable market in Russia. *Vestnik Rossiyskoy tamozhennoy akademii*. 2015;3:36-45. (In Russ.)
11. Velibekova L.A. Economic aspects of production and consumption of fresh and processed fruit and berry products. *AIC: Economics, Management*. 2022;6:72-80. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/226-72>
12. Zubkov A.V., Tissen M.V. Ways to increase competitiveness of horticultural manufacturers. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2018;2(23):126-132. (In Russ.)
13. Obukhova N.I., Ibrasheva L.R., Bystrenina I.E. et al. Changes in global and Russian imports

импорта плодово-ягодной продукции // *Столыпинский вестник*. 2023. Т. 5. № 7. EDN: NEIAPR

14. Официальный сайт базы данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации. – Режим доступа: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

15. Воронцова Н.В., Остапчук Т.В., Свиридова Л.А. и др. Производство и международная торговля бананами: объемы, субъекты, значение в обеспечении глобальной продовольственной безопасности // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2022. № 5. https://doi.org/10.55186/27131424_2022_4_9_18

16. Гончаров А.В., Акимова С.В., Панова М.Б. Овощеводство, плодоводство, виноградарство. Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2020. 104 с. EDN: NEZLEE

17. Суглобов А.Е., Адукова А.Н. Самообеспечение плодово-ягодной продукцией: состояние, проблемы, направления их решения // *Экономика сельского хозяйства России*. 2023. № 9. С. 54-63. <https://doi.org/10.32651/239-54>

18. Велибекова Л.А. Повышение эффективности производства и промышленной переработки плодово-ягодной продукции на основе интенсификации // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 5(389). С. 511-516. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_511

19. Зубков А.В., Тиссен М.В. Рынок фруктов и ягод в России: состояние и перспективы развития // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2016. № 2(14). С. 73-78. EDN: WBVTQP

20. Велибекова Л.А. Плодовый подкомплекс и проблемы продовольственного обеспечения населения в государствах ЕАЭС // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2022. № 11(93). С. 157-161. <https://doi.org/10.33938/2211-157>

Сведения об авторах

Юрий Исупович Агирбов, доктор экон. наук, профессор кафедры экономики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: veteranu@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4522-5065>

Рафаил Рувинович Мухаметзянов, канд. экон. наук, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: mukhametzyanov@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1239-5201>

Наталья Вениаминовна Арзамасцева, канд. экон. наук, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: narzamasceva@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3775-0505>

Елена Васильевна Ковалева, канд. экон. наук, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Российский

of fruit and berry products. *Stolypin annals*. 2023;5(7). (In Russ.)

14. Official site of the Food and Agriculture Organisation database. (In Russ.) URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

15. Vorontsova N.V., Ostapchuk T.V., Sviridova L.A. et al. Banana production and international trade: volumes, subjects, importance in ensuring global food security. *International Journal of Applied Sciences and Technology Integral*. 2022;5. (In Russ.) https://doi.org/10.55186/27131424_2022_4_9_18

16. Goncharov A.V., Akimova S.V., Panova M.B. Vegetable growing, fruit growing, viticulture. Balashikha: Rossiyskiy gosudarstvenniy agrarniy zaochniy universitet, 2020:104. (In Russ.)

17. Suglovov A.E., Adukova A.N. Self-sufficiency in fruit and berry products: state, problems, directions for their solution. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2023;9:54-63. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/239-54>

18. Velibekova L.A. Increasing the efficiency of production and industrial processing of fruit and berry products based on intensification. *Mezhdunarodnyi sel'skokozyaistvennyi zhurnal*. 2022;5(389):511-516. (In Russ.) https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_5_511

19. Zubkov A.V., Tissen M.V. Market of fruit and berries in Russia: state and prospects. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2016;2(14):73-78. (In Russ.)

20. Velibekova L.A. Fruit subcomplex and problems of food supply of the population in the EAEU states. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2022;11(93):157-161. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/2211-157>

Information about the authors

Yuri I. Agirbov, DSc (Econ), Professor at the Department of Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: veteranu@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4522-5065>

Rafail R. Mukhametzyanov, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Political Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: mukhametzyanov@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1239-5201>

Natalia V. Arzamastseva, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Political Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: narzamasceva@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0002-3775-0505>

Elena V. Kovaleva, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Political Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural

государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ekovaleva@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6499-5727>

Ахмед Мухабович Хежев, канд. экон. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: khezhev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1184-8595>

Татьяна Владимировна Остапчук, канд. экон. наук, доцент кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tostapchuk@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0217-4218>

Дмитрий Владимирович Снегирев, старший преподаватель кафедры микробиологии и иммунологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dsnegirev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5477-2888>

Статья поступила в редакцию 08.12.2023
Одобрена после рецензирования 18.12.2023
Принята к публикации 28.12.2023

Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: ekovaleva@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6499-5727>

Akhmed M. Khezhev, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Bookkeeping and Tax Assessment, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: khezhev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1184-8595>

Tatiana V. Ostapchuk, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Bookkeeping and Tax Assessment, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: tostapchuk@rgau-msha.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0217-4218>

Dmitry V. Snegirev, Senior Lecturer at the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: dsnegirev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5477-2888>

The article was submitted to the editorial office 08 Dec 2023
Approved after reviewing 18 Dec 2023
Accepted for publication 28 Dec 2023

ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья
УДК 581.5:574.4:581.52(470-25)
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-47-58>



Сравнительная оценка изменения видового состава растительности на территории западного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Марина Тудоровна Спыну, Мария Игоревна Титова, Иван Андреевич Серегин, Алексей Михайлович Ярославцев, Никита Александрович Александров

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

Автор, ответственный за переписку: Марина Тудоровна Спыну, SpynuMT@yandex.ru

Аннотация

В статье представлен анализ изменения видового состава растительности западного поля экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева за 4 года. Объект исследования находится в центре мегаполиса, подвержен высокой антропогенной нагрузке, так как с двух сторон окружен дорожной сетью, при этом являясь частью фации Лесной опытной дачи. Для участка характерны близкое залегание грунтовых вод, высокая плотность верхних почвенных горизонтов, неоднородная почвенная структура и мезорельеф, в результате чего на участке наблюдаются подтопления. В результате влияния значительного количества антропогенных и абиотических факторов необходимо проанализировать состав растительности и видовое богатство территории с целью оценки динамики изменчивости в данных условиях и прогнозирования потенциальной устойчивости биологического разнообразия территории. Анализ изменения видового состава проводился с помощью описания растительности и оценки количественных показателей: частота встречаемости, обилие видов, степень их обилия по шкале О. Друде, а также индекс Шеннона и показатели видового богатства и насыщенности.

Проведенные исследования продемонстрировали выраженную изменчивость растительного покрова с 2018 по 2022 гг. За период исследований наблюдаются смена семейств растений, увеличение показателей видового разнообразия – богатства и насыщенности. В 2022 г. Наблюдалось увеличение числа видов и повышение равномерности их численности по сравнению с 2018 г.

Ключевые слова

видовое разнообразие, растительность, частота встречаемости видов, видовая насыщенность, видовое богатство, изменение растительности, абиотические факторы, антропогенные факторы

Для цитирования

Спыну М.Т., Титова М.И., Серегин И.А., Ярославцев А.М., Александров Н.А. Сравнительная оценка изменения видового состава растительности на территории западного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 47-58. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-47-58>

ECOLOGY

Original article
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-47-58>



Comparative assessment of the change in the species composition of vegetation on the territory of the western field of RSAU-MTAA

Marina T. Spynu, Maria I. Titova, Ivan A. Seregin, Alexey M. Yaroslavtsev, Nikita A. Aleksandrov

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

Corresponding author: Marina T. Spynu; SpynuMT@yandex.ru

Abstract

The article presents the analysis of changes in the floral composition of the western field of the Ecological Station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy for 4 years. The research object is located in the center of the megalopolis, it is subject to high anthropogenic load, as it is surrounded on both sides by a road network, and at the same time it is part of the facies of the Forest Experimental Dacha. The site is characterized by close occurrence of groundwater, high density of upper soil horizons, heterogeneous soil structure and mesorelief, resulting of in flooding. As a result of a significant number of anthropogenic and abiotic factors, it is necessary to analyze

the vegetation composition and the species richness of the area in order to assess the dynamics of variability of these conditions and to predict the potential stability of the biological diversity of the area.

The changes in the species composition were analyzed by describing the vegetation and evaluating quantitative indicators: frequency of occurrence, abundance of species, degree of their dominance according to the O. Drude scale, as well as the Shannon index and indicators of species richness and saturation.

The studies carried out showed a pronounced variability in vegetation cover from 2018 to 2022. During the study period, there was a change in plant families and an increase in species diversity: richness and saturation indices. In 2022, there was an increase in the number of species and an increase in the uniformity of their numbers compared to 2018.

Keywords

species diversity, vegetation, frequency of species occurrence, species saturation, species richness, vegetation change, abiotic factors, anthropogenic factors

For citation

Spynu M.T., Titova M.I., Seregin I.A., Yaroslavtsev A.M., Aleksandrov N.A. Comparative assessment of the change in the species composition of vegetation on the territory of the western field of RSAU-MTAA. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):47-58. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-47-58>

Введение Introduction

Растительный покров определяется реализацией множества экосистемных функций, при этом является индикатором и регулятором микроклиматических, микробиологических процессов и важным компонентом круговорота органического вещества в экосистеме. Растительность – это динамичная система, на изменчивость которой влияет большое количество факторов, поэтому важно проводить оценку состава растительности с целью анализа скорости ее смены. Особое значение исследования растительности приобретают в городских условиях, где территории испытывают постоянные антропогенные нагрузки, что приводит к значительным изменениям в структуре и видовом составе растительного покрова, четко отражая пространственно-временную динамику [5, 7].

Видовой состав и структура растительности не только являются индикатором изменения состояния территории, позволяющим оценить экологические характеристики и динамику биологических систем, но и могут отражать неоднородность микрорельефа [1, 6].

Целью данной работы является сравнительная оценка состава растительности и анализ ее количественных показателей западного поля экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с 2018 по 2022 гг.

В качестве объекта было выбрано западное поле на территории экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) (рис. 1), где в 2018 г. было высажено 346 саженцев ивы пурпурной (*Salix purpurea* L.). Территория находится в условиях типичных антропогенно-нарушенных ландшафтов с урбаногемами, дерново- и болотно-подзолистыми почвами. Для участка характерно переувлажнение верхних почвенных горизонтов вследствие близкого залегания грунтовых вод (2-2,5 м), распределение влаги имеет неравномерный характер [2, 4].

Методика исследований Research method

Произведена оценка видового разнообразия растительного покрова в 2018 г. (до посадки *Salix purpurea*). 2022 г. было проведено повторное исследование с целью оценки изменения состава растительности и ее разнообразия.

Для оценки видового состава и ее количественных показателей на территории было заложено 5 пробных площадок размером 10×10 м (рис. 2) [3, 8].

Оценка таксономического разнообразия на участке в 2018 и 2022 гг. производилась с помощью частоты встречаемости видов по шкале обилия Друде. Степень доминирования вида для каждой пробной площадки была определена исходя из отношения числа особей данного вида к числу особей всех видов площадки. Оценка биоразнообразия территории оценена с помощью таких показателей, как индекс Шеннона, видовое богатство, видовая насыщенность.

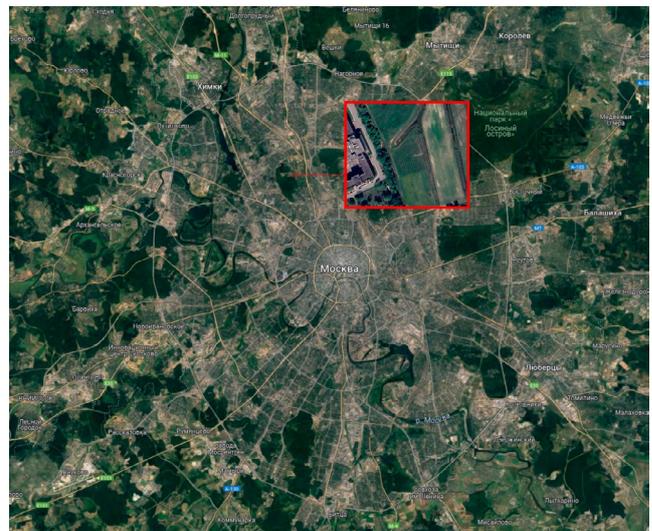


Рис. 1. Ситуационное расположение объекта исследования

Fig. 1. Location of the object of study



Рис. 2. Расположение пробных площадок на участке исследования (Mapbox, 2020)

Fig. 2. Location of sample sites in the study area (Mapbox, 2020)

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В результате анализа степени доминирования видов в 2018 г. на 5 пробных площадках было получено: для площадки 1 доминирующим видом является лебеда раскидистая (*Atriplex patula* L.) (28%); участок 2 – щавель курчавый (*Rumex crispus* L.) (34%); участок 3 – подорожник большой (*Plantago major* L.) (35%); участки 4 и 5 – трехреберник непахучий (*Matricaria inodora* L.) (30 и 30%).

В 2018 г. территория экологического стационара была представлена устойчивыми к изменениям окружающей среды и влаголюбивыми видами растительности. Видовой состав исследуемых сообществ немногочислен и представлен 8 видами из 7 семейств (табл. 1).

Исходя из оценки обилия по О. Друде, можно выделить виды со сплошным и очень обильным покрытием. *Matricaria inodora*, *Rumex crispus*, *Plantago major* встречаются в столь большом

Таблица 1

Оценка обилия видов по шкале Друде в 2018 г.

Вид	Обилие по Друде	
Трехреберник непахучий (<i>Matricaria inodora</i> L.)	soc	Растения, смыкающиеся своими надземными частями, образуя общий фон
Щавель курчавый (<i>Rumex crispus</i> L.)	soc	
Подорожник большой (<i>Plantago major</i> L.)	soc	
Подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i> L.)	cop 3	Очень обильно (более 20%)
Марь белая (<i>Chenopodium album</i> L.)	cop 2	Обильно (до 20%)
Лебеда раскидистая (<i>Atriplex patula</i> L.)	cop 2	
Хвощ полевой (<i>Equisetum arvense</i> L.)	cop 2	
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i> L.)	cop 1	Довольно обильно (до 4%)

Table 1

Assessed species abundance according to the O. Drude scale in 2018

Species	Abundance by Drude	
Scentless mayweed (<i>Matricaria inodora</i> L.)	soc	Plants interlocking with their above-ground parts, forming a common background
Curled sorrel (<i>Rumex crispus</i> L.)	soc	
Dooryard plantain (<i>Plantago major</i> L.)	soc	
Catchweed bedstraw (<i>Galium aparine</i> L.)	cop 3	Very abundant (more than 20%)
Frost blite (<i>Chenopodium album</i> L.)	cop 2	Abundant (up to 20%)
Common orach (<i>Atriplex patula</i> L.)	cop 2	
Meadow pine (<i>Equisetum arvense</i> L.)	cop 2	
Meadow buttercup (<i>Ranunculus acris</i> L.)	cop 1	Quite abundant (up to 4%)

количестве, что почти покрывают учетную площадку своими надземными частями. *Galium aparine*, *Chenopodium album*, *Atriplex patula*, *Equisetum arvense*, *Ranunculus acris* встречаются очень обильно, но нет сплошного смыкания надземных частей. Они покрывают от 1/2 до 3/4 площадки.

Анализируя полученные данные, растения из семейства *Amaranthaceae* представили наибольшим числом видов (20% от общего числа видов), а остальные виды составили доли в 10% (табл. 2).

По полученным данным спектра частоты встречаемости (рис. 3) можно сделать вывод о том, что наибольшую долю среди всех видов на всех площадках в 2018 г. занимали *Matricaria inodora*, *Rumex crispus* (100%), *Plantago major* (100%) и *Galium aparine* (75%).

На основании частоты встречаемости видов было оценено постоянство вида на территории исследования в 2018 г.: *Matricaria inodora*, *Plantago*

major, *Rumex crispus* и *Galium aparine* почти полностью закрывали землю и являлись постоянными видами. Обильное покрытие (до 20%) на участках имели *Chenopodium album*, *Atriplex patula*, *Equisetum arvense*, встречался довольно обильно (до 4%) *Ranunculus acris* (табл. 3).

Видовой состав луговой растительности в 2022 г. представлен 37 видами из 10 семейств (табл. 4) и в сравнении с 2018 г. имеет более богатое видовое разнообразие.

Оценка обилия видов на участке за 2022 г. показала, что наибольшую плотность популяции имеет *Agrostis capillaris*, который встречается весьма обильно, но нет сплошного смыкания надземных частей. Встречаются обильно, покрывая от 1/4 до 1/2 площадки, *Ranunculus repens*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium pratense*, *Agrostis stolonifera*.

Достаточно обильное количество видов (степень покрытия надземными частями

Таблица 2

Спектр ведущих семейств флористического состава лугового сообщества 2018 г.

Семейство	Число видов	
	Абсолютное	% от общего числа
Амарантовые (<i>Amaranthaceae</i> L.)	2	20
Гречишные (<i>Polygonaceae</i> L.)	1	10
Подорожниковые (<i>Plantaginaceae</i> L.)	1	10
Астровые (<i>Asteraceae</i> L.)	1	10
Хвощовые (<i>Equisetaceae</i> L.)	1	10
Лютиковые (<i>Ranunculaceae</i> L.)	1	10
Мареновые (<i>Rubiaceae</i> L.)	1	10

Table 2

Spectrum of the leading families of the floristic composition of the meadow community in 2018

Family	Number of species	
	Absolute	% of total number
Amaranthine (<i>Amaranthaceae</i> L.)	2	20
Buckwheat (<i>Polygonaceae</i> L.)	1	10
Plantain (<i>Plantaginaceae</i> L.)	1	10
Sunflower (<i>Asteraceae</i> L.)	1	10
Horsetail (<i>Equisetaceae</i> L.)	1	10
Buttercup (<i>Ranunculaceae</i> L.)	1	10
Madder (<i>Rubiaceae</i> L.)	1	10

от 1/20 до 1/4 площади): *Poa trivialis*, *Eleocharis palustris*, *Agrostis gigantea*, *Poa palustris*, *Juncus effusus*, *Carex nigra*. Остальные виды (26 шт.) встречаются редко, рассеянно и в небольшом количестве.

В результате полученных данных за 2022 г. по видовому богатству преобладает семейство *Poaceae* (37,8% от общего числа видов), также значительный процент занимают семейства *Asteraceae* и *Cyperaceae* (13,5% от общего числа видов).

Анализируя полученные данные по спектру частоты встречаемости (рис. 4), выяснили, что наибольшую долю среди всех видов на 5 участках занимают: полевика тонкая (*Agrostis capillaris* L.) (75%); лютик ползучий (*Ranunculus*

repens L.) (60%); одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) (60%); клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) (50%); полевика побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.) (45%).

На основании частоты встречаемости видов было оценено постоянство видов на территории исследования: *Agrostis capillaris*, *Ranunculus repens* и *Taraxacum officinale* почти полностью закрывают почву, и их можно отнести к постоянным видам. Обильное покрытие на участке имеют *Trifolium pratense* и *Agrostis stolonifera*, которые можно отнести к добавочным видам. Остальные виды встречаются редко, и их проективное покрытие составляет 30-10%.

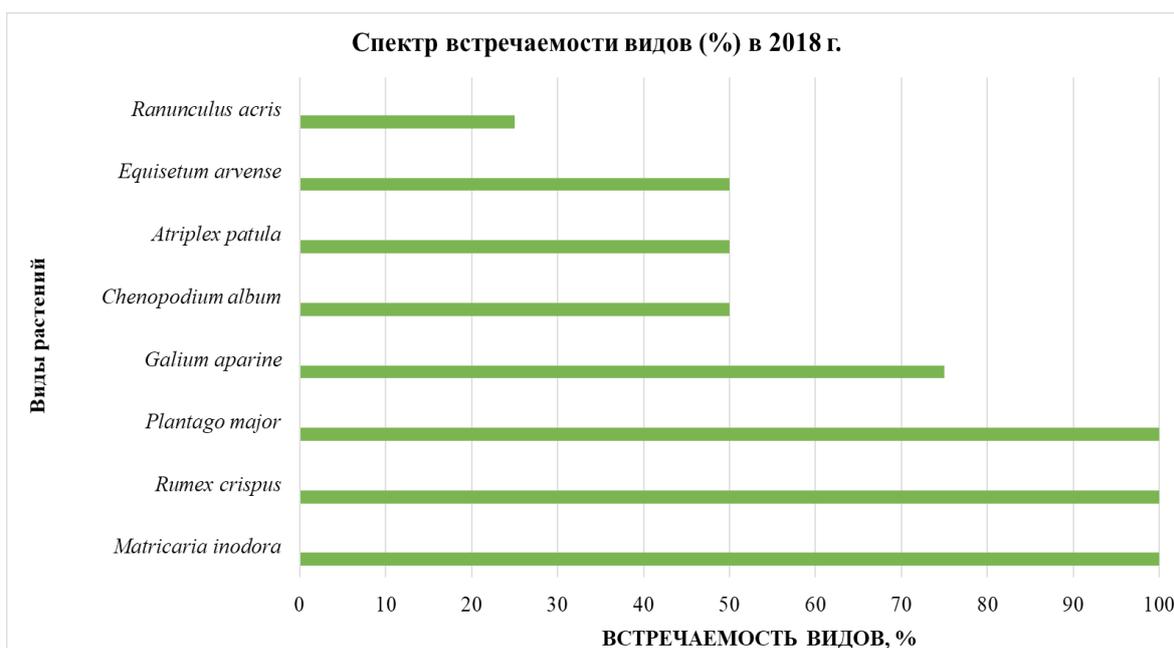


Рис. 3. Спектр встречаемости видов в 2018 г.

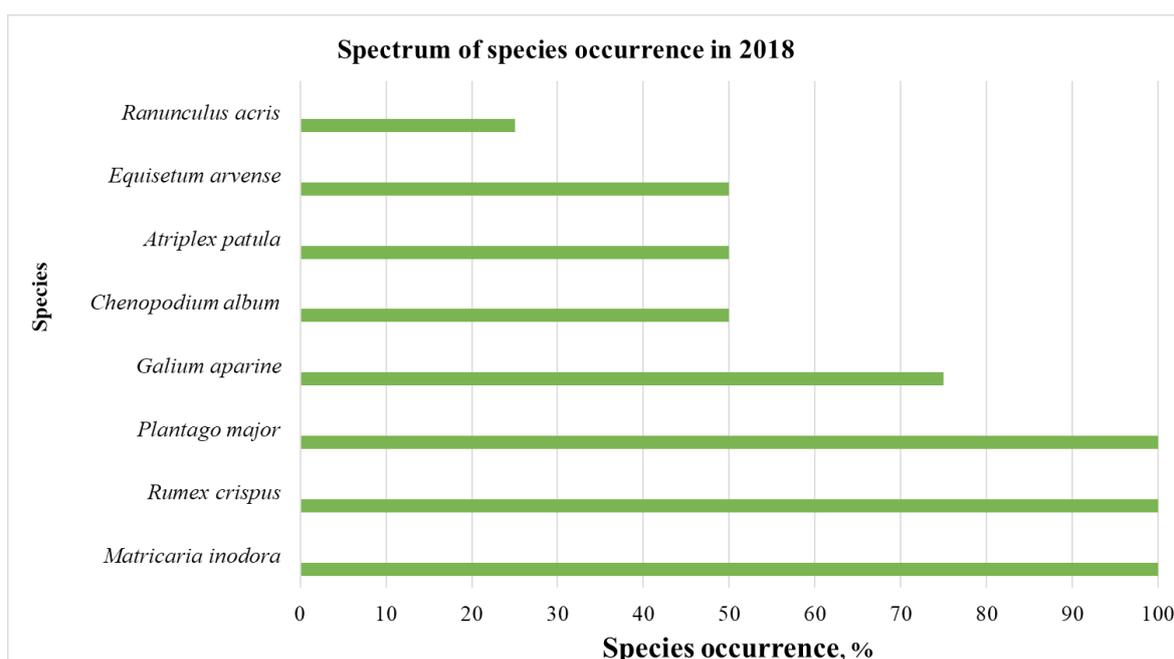


Fig. 3. Spectrum of species occurrence in 2018

Оценка обилия видов по шкале Друде в 2022 г.

Вид	Обилие по Друде
Полевица тонкая (<i>Agrostis capillaris</i> L.)	cop3
Лютик ползучий (<i>Ranunculus repens</i> L.)	cop2
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	cop2
Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i> L.)	cop2
Полевица побегоносная (<i>Agrostis stolonifera</i> L.)	cop2
Мятлик обыкновенный (<i>Poa trivialis</i> L.)	cop1
Болотница болотная (<i>Eleocharis palustris</i> L.)	cop1
Полевица гигантская (<i>Agrostis gigantea</i> (L.) Roth)	cop1
Мятлик болотный (<i>Poa palustris</i> L.)	cop1
Ситник развесистый (<i>Juncus effusus</i> L.)	cop1
Осока обыкновенная (<i>Carex nigra</i> L.)	cop1
Полевица собачья (<i>Agrostis canina</i> L.)	sol
Вейник наземный (<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth)	sol
Серпуха красильная (<i>Serratula tinctoria</i> L.)	sol
Ситник тонкий (<i>Juncus tenuis</i> Willd.)	sol
Горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i> L.)	sol
Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.)	sol
Подорожник большой (<i>Plantago major</i> L.)	sol
Мятлик сплюснутый (<i>Poa compressa</i> L.)	sol
Щавель курчавый (<i>Rumex crispus</i> L.)	sol
Хвощ полевой (<i>Equisetum arvense</i> L.)	sol
Мать-и-мачеха (<i>Tussilago farfara</i> L.)	sol
осока двурядная (<i>Carex disticha</i> Huds.)	sol
Осока метельчатая (<i>Carex paniculata</i> L.)	sol
Вейник седеющий (<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth)	sol
Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i> L.)	sol
Лисохвост равный (<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.)	sol
Лисохвост коленчатый (<i>Alopecurus geniculatus</i> L.)	sol
Осока лесная (<i>Carex sylvatica</i> Huds.)	sol
Горец земноводный (<i>Persicaria amphibia</i> L.)	sol
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	sol
Иван-чай узколистный (<i>Chamaenerion angustifolium</i> L.)	sol
Бескильница расставленная (<i>Puccinellia distans</i> Jacq.)	sol
Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i> L.)	sol
Пижма обыкновенная (<i>Tanacetum vulgare</i> L.)	sol
Полевичка малая (<i>Eragrostis minor</i> Host)	sol
Вероника полевая (<i>Veronica arvensis</i> L.)	sol

Assessed species abundance according to the O. Drude scale in 2022

Species	Abundance by Drude
Colonial bent grass (<i>Agrostis capillaris</i> L.)	cop3
Creeping buttercup (<i>Ranunculus repens</i> L.)	cop2
Milk-witch gowan (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	cop2
Cowgrass (<i>Trifolium pratense</i> L.)	cop2
Metropolitan bent (<i>Agrostis stolonifera</i> L.)	cop2
Meadow roughish grass (<i>Poa trivialis</i> L.)	cop1
Boggy spike sedge (<i>Eleocharis palustris</i> L.)	cop1
Giant bentgrass (<i>Agrostis gigantea</i> (L.) Roth)	cop1
Fowl blue grass (<i>Poa palustris</i> L.)	cop1
Common rush (<i>Juncus effusus</i> L.)	cop1
Common sedge (<i>Carex nigra</i> L.)	cop1
Brown bent (<i>Agrostis canina</i> L.)	sol
Bush grass (<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth)	sol
Dyer's sawwort (<i>Serratula tinctoria</i> L.)	sol
Bulrush (<i>Juncus tenuis</i> Willd.)	sol
Canada pea (<i>Vicia cracca</i> L.)	sol
Iamb suckling (<i>Trifolium repens</i> L.)	sol
Dooryard plantain (<i>Plantago major</i> L.)	sol
Flat-stemmed meadow grass (<i>Poa compressa</i> L.)	sol
curled sorrel (<i>Rumex crispus</i> L.)	sol
Meadow pine (<i>Equisetum arvense</i> L.)	sol
Foalfoot (<i>Tussilago farfara</i> L.)	sol
Uncina distichous (<i>Carex disticha</i> Huds.)	sol
Panicled sedge (<i>Carex paniculata</i> L.)	sol
Woodreed canesco (<i>Calamagrostis canescens</i> (Weber) Roth)	sol
Hard thistle (<i>Cirsium arvense</i> L.)	sol
Orange foxtail (<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.)	sol
Bent foxtail (<i>Alopecurus geniculatus</i> L.)	sol
Wood sedge (<i>Carex sylvatica</i> Huds.)	sol
Water persicaria (<i>Persicaria amphibia</i> L.)	sol
Meadow fescue grass (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	sol
Great willow herb (<i>Chamaenerion angustifolium</i> L.)	sol
Saltmarsh-grass (<i>Puccinellia distans</i> Jacq.)	sol
Butter daisy (<i>Ranunculus acris</i> L.)	sol
Tanacetum vulgare (<i>Tanacetum vulgare</i> L.)	sol
Low love grass (<i>Eragrostis minor</i> Host)	sol
Corn speedwell (<i>Veronica arvensis</i> L.)	sol

Таблица 4

Спектр ведущих семейств флористического состава лугового сообщества в 2022 г.

Семейство	Число видов	
	Абсолютное	% от общего числа
Злаки (<i>Poaceae Barnhart</i>)	14	37,8
Астровые (<i>Asteraceae Bercht. & J. Presl</i>)	5	13,5
Осоковые (<i>Cyperaceae Juss.</i>)	5	13,5
Бобовые (<i>Fabaceae Lindl.</i>)	3	8,1
Подорожниковые (<i>Plantaginaceae Juss.</i>)	2	5,4
Лютиковые (<i>Ranunculaceae Juss.</i>)	2	5,4
Гречишные (<i>Polygonaceae Juss.</i>)	2	5,4
Ситниковые (<i>Juncaceae Juss.</i>)	2	5,4
Хвощовые (<i>Equisetaceae L.</i>)	1	2,7
Кипрейные (<i>Onagraceae Juss.</i>)	1	2,7

Table 4

Spectrum of the leading families of the floristic composition of the meadow community in 2022

Family	Number of species	
	Absolute	% of total number
Gramineous (<i>Poaceae Barnhart</i>)	14	37.8
Sunflower (<i>Asteraceae Bercht. & J. Presl</i>)	5	13.5
Sedge (<i>Cyperaceae Juss.</i>)	5	13.5
Leguminous (<i>Fabaceae Lindl.</i>)	3	8.1
Plantain (<i>Plantaginaceae Juss.</i>)	2	5.4
Buttercup (<i>Ranunculaceae Juss.</i>)	2	5.4
Buckwheat (<i>Polygonaceae Juss.</i>)	2	5.4
Rush (<i>Juncaceae Juss.</i>)	2	5.4
Horsetail (<i>Equisetaceae L.</i>)	1	2.7
Willowherb (<i>Onagraceae Juss.</i>)	1	2.7

Анализ растительности по отношению к тому или иному фактору позволяет объяснить взаимосвязь растительности и условий среды. Для территории исследований характерно близкое залегание грунтовых вод, поэтому влажность почвы является одним из главных факторов, влияющим на формирование определенного видового состава.

По отношению к условиям увлажнения на территории исследований были выделены следующие группы: мезофиты, гигромезофиты

и гигрофиты (рис. 5). В 2018 и 2022 гг. доминирующие группы представлены мезофитами (87,50 и 59,46% соответственно), так как для изученной территории характерно сезонное переувлажнение, и в периоды выпадения обильных осадков – переувлажнение верхних почвенных горизонтов.

По полученным данным в 2022 г. наблюдалось увеличение числа видов и повышение равномерности их численности по сравнению с 2018 г. Также в 2022 г. наблюдается увеличение видовой насыщенности на площади 1 м² (табл. 5).

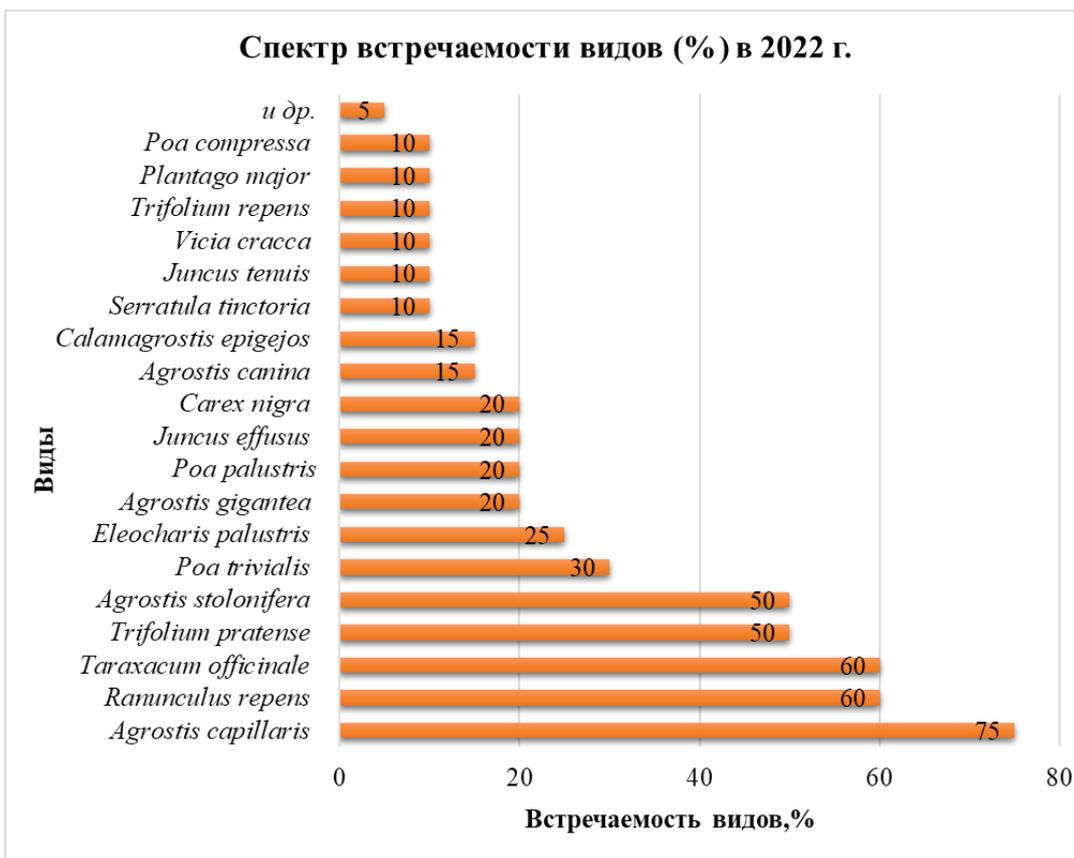


Рис. 4. Спектр встречаемости видов в 2022 г.

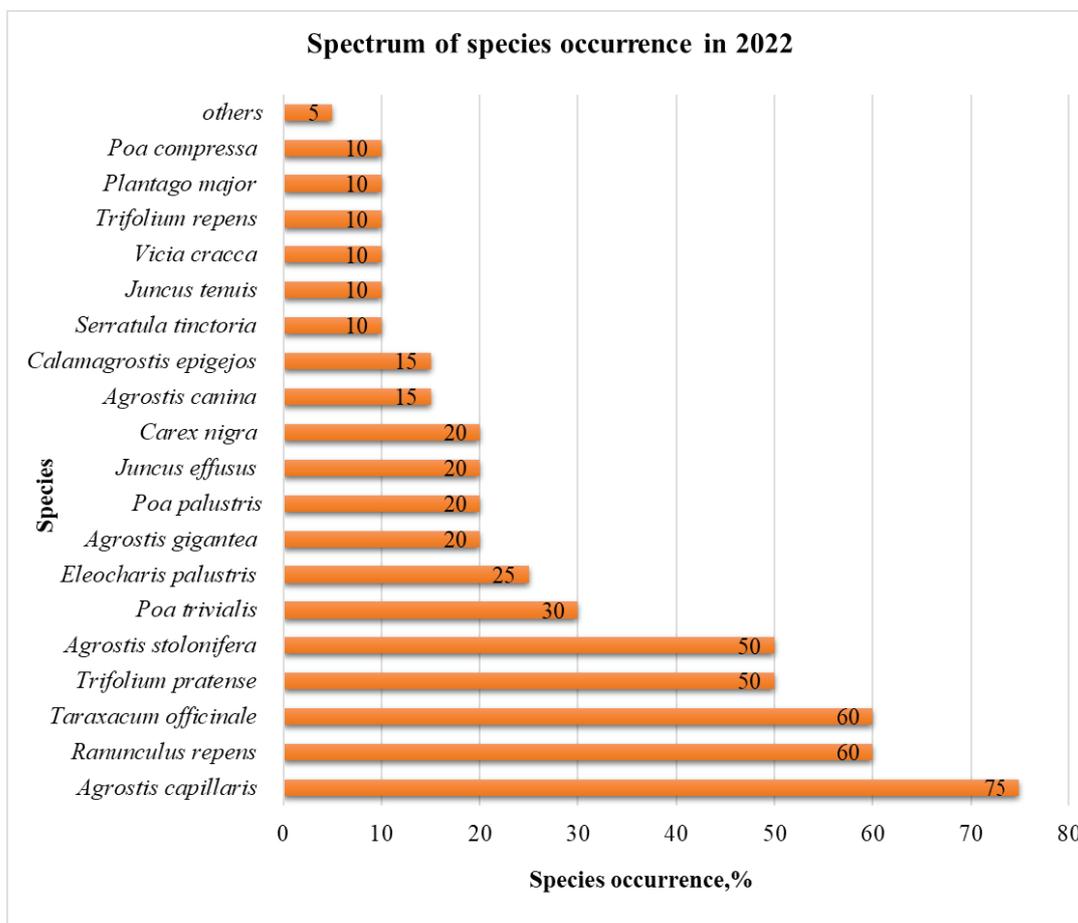


Fig. 4. Spectrum of species occurrence in 2022

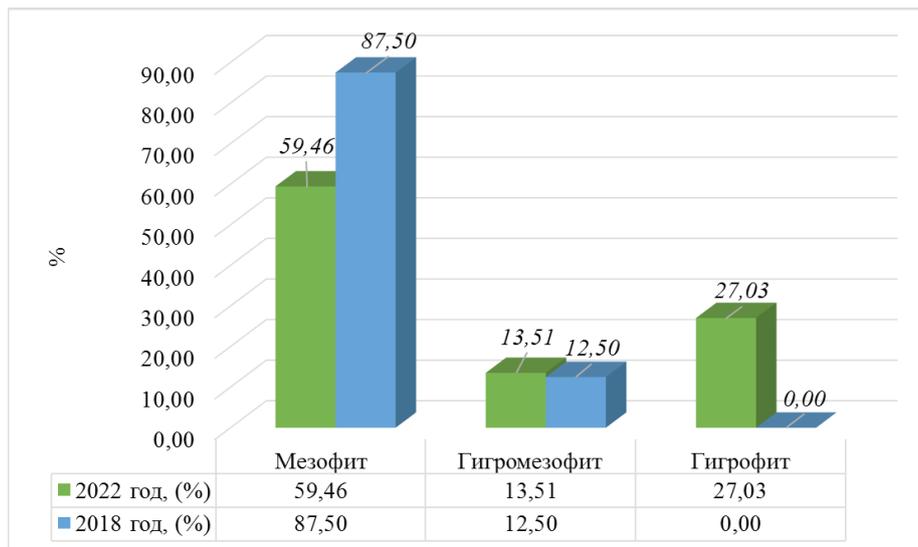


Рис. 5. Экологический спектр растений по отношению к увлажнению за 2018 и 2022 гг.

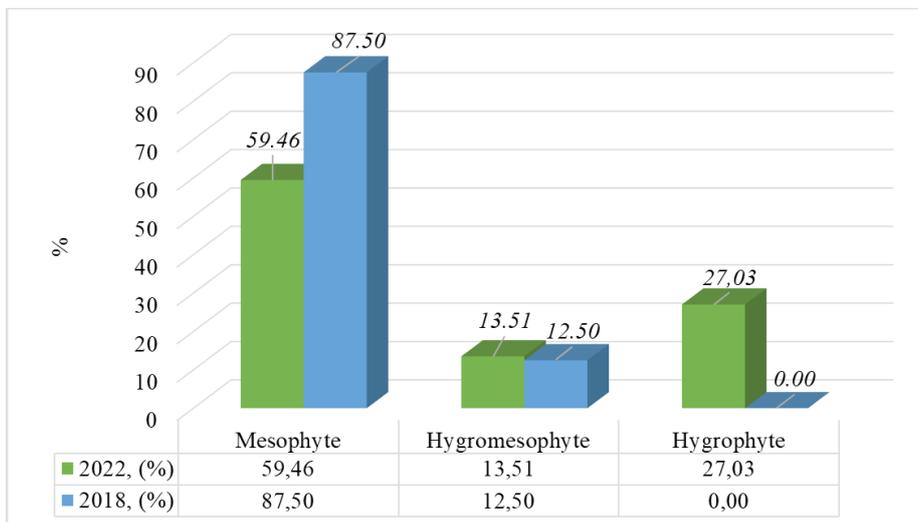


Fig. 5. Ecological spectrum of plants in relation to hydration for 2018 and 2022

Таблица 5

Параметры разнообразия в 2018 и 2022 гг.

Показатели	2018 г.	2022 г.
Индекс Шеннона	0,44	0,78
Видовое богатство	10	37
Видовая насыщенность (на 1 м ²)	6	16,4

Table 5

Diversity parameters in 2018 and 2022

Indicators	2018	2022
Shannon index	0.44	0.78
Species richness	10	37
Species saturation (per m ²)	6	16.4

Выводы Conclusions

В результате сравнительного анализа растительности в 2022 г. наблюдалось увеличение видового разнообразия (индекс Шеннона составлял 0,78), количества семейств и видовой насыщенности (16,4 на 1 м²).

Исходя из описания растительности по спектру встречаемости видов в 2018 г. наибольшую долю на всех участках занимали трехреберник непахучий (*Matricaria inodora* L.) (100%), щавель курчавый (*Rumex crispus* L.), подорожник большой (*Plantago major* L.) (100%) и подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) (75%); в 2022 г. – полевица тонкая (*Agrostis capillaris* L.) (75%), лютик ползучий (*Ranunculus repens* L.) (60%), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) (60%), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) (50%) и полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera* L.) (45%).

Список источников

1. Васенев И.И., Ибрагим М., Таллер Е.Б. Экологическая оценка варьирования состава травянистого покрова по контрастным элементам мезорельефа Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 4 (58). <https://doi.org/10.51419/202134427>

2. Флора средней полосы Европейской части России: Учебное пособие для биологических факультетов университетов, педагогических и сельскохозяйственных вузов / под ред. П.Ф. Маевского. 11-е изд., испр. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.

3. Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М.: Издательство ГЕОС, 2000. 406 с.

4. Спыну М.Т., Титова М.И. Таксономическое разнообразие лугового сообщества на территории западного поля Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // *Аграрная наука-2022: Материалы Всероссийской конференции молодых исследователей (Москва, 22-24 ноября 2022 г.)*. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. С. 1101-1104.

5. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Миронова Г.М., Гостев В.В. Таксономический анализ флоры сосудистых растений Лесной опытной дачи Тимирязевской академии // *Природообустройство*. 2023. № 1. С. 108-114. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-108-114>

6. Таллер Е.Б. Оценка воздействия городской инфраструктуры и строительства на биоту. М.: Издательство «Сам полиграфист», 2015. 120 с.

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

8. Черятова Ю.С. Эволюционно-экологические адаптации и биосферная роль растений // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2022. № 10 (51). С. 45-49.

За период исследований наблюдалась смена семейств: в 2018 г. преобладало семейство Амарантовые (*Amaranthaceae* L.) (20% от общего числа видов), а в 2022 г. большую часть территории занимали представители вида Злаки (*Poaceae Barnhart*) (37,8% от общего числа видов).

По отношению к условиям увлажнения тип растительности изменился, появились представители группы гигрофитов, что может быть связано с гидрологическим режимом (для территории характерно подтопление) участка исследований, а также с увеличением видового состава в 2022 г. При расширении видового состава представители группы гигрофитов хорошо адаптировались в данных условиях, вытеснив часть группы мезофитов.

Одной из основных причин изменения видового состава и увеличения биоразнообразия на территории исследований может быть влияние на некоторые виды применения насыпного грунта во время проведения рекультивационных мероприятий в 2019 г.

References

1. Vasenev I.I., Ibrahim M., Taller E.B. Ecological assessment of the variation of the composition of the herbaceous cover by contrasting elements of the mesorelief of the Forest Experimental Dacha of the RSAU-MTAA. *AgroEcolInfo*. 2023;4(58). (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202134427>

2. Flora of the central zone of the European part of Russia: Textbook for biological faculties of universities, pedagogical and agricultural universities. Ed. P.F. Maevskiy. 11th ed., rev. and additional. M.: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014:635. (In Russ.)

3. Polyakova G.A., Gutnikov V.A. Parks of Moscow: ecology and floristic characteristics. Moscow: Izdatel'stvo GEOS, 2000:406. (In Russ.)

4. Spynu M.T., Titov M.I. Taxonomic diversity of the meadow community on the territory of the western field of the Ecological Hospital of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. *Agrarian Science – 2022: proceedings of the Conference of the All-Russian Conference of Young Researchers, Moscow, November 22-24, 2022*. Moscow: Rossiyskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2022:1101-1104. (In Russ.)

5. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Mironova G.M., Gostev V.V. Taxonomical analysis of the flora of vascular plants in the Forest experimental station of the Timiryazev academy. *Environmental Engineering*. 2023;(1):108-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-1-108-114>

6. Taller E.B. Impact assessment of urban infrastructure and construction on biota. Moscow: Izdatel'stvo "Sam poligrafist", 2015:120. (In Russ.)

7. 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.)

8. Cheryatova Yu.S. Evolutionary-ecological adaptations and the biospheric role of plants. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2022;10(51):45-49. (In Russ.)

Сведения об авторах

Марина Тудоровна Спыну, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: spynu@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6541-5897>

Мария Игоревна Титова, студент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tmi01.maria@gmail.com

Иван Андреевич Серегин, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: spynu@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4939-5632>

Алексей Михайлович Ярославцев, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: yaroslavtsevam@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4115-3233>

Никита Александрович Александров, ассистент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: alexandrov_na@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2666-2697>

Статья поступила в редакцию 14.11.2023
Одобрена после рецензирования 13.12.2023
Принята к публикации 16.12.2023

Information about the authors

Marina T. Spynu, Assistant at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: spynu@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6541-5897>

Maria I. Titova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: tmi01.maria@gmail.com

Ivan A. Seregin, Assistant at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: iseregin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4939-5632>

Alexey M. Yaroslavtsev, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: yaroslavtsevam@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4115-3233>

Nikita A. Aleksandrov, Assistant at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: alexandrov_na@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2666-2697>

The article was submitted to the editorial office 14 Nov 2023
Approved after reviewing 13 Dec 2023
Accepted for publication 16 Dec 2023

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

ЗООЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 597.84:591.613

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-59-68>



Репродуктивные показатели батурской жабы *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) при выращивании на различных живых кормах

Ксения Андреевна Матушкина, Вера Дмитриевна Давыденкова

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

Автор, ответственный за переписку: Матушкина Ксения Андреевна; matushkinaka@gmail.com

Аннотация

В работе впервые представлены результаты изучения репродуктивных показателей узкоареального триплоидного вида жаб (батурская жаба, *Bufo baturae*), выращенных с использованием различных живых кормов (туркестанский и мраморный тараканы). Были исследованы потомства, полученные за 3 года. В первый год размножались 7 пар жаб, поедавших туркестанского таракана (64% от всех особей в этой группе), а поедавших мраморного таракана – 2 пары (18%). Во второй и третий сезоны число отметавших пар было одинаковым: 8 (89%) для группы на туркестанском таракане и 11 (100%) – на мраморном. Средняя плодовитость самок, получавших в качестве корма туркестанского таракана, за три сезона колебалась от 3149 до 3300 яиц, а у животных, выращенных на мраморном таракане, – от 2472 до 2630. Статистически значимое превосходство по плодовитости и ширине икринных шнуров у самок, питавшихся туркестанским тараканом, над животными из другой опытной группы было отмечено только на третий год исследований. При этом длина предличинок, а также размеры молоди после метаморфоза были больше в потомствах от самок, поедавших мраморного таракана. Таким образом, не было выявлено однозначное преимущество по репродуктивным показателям у животных, потреблявших разные корма. Оба вида насекомых показали высокую эффективность при скармливании батурским жабам в лабораторных условиях.

Ключевые слова

бесхвостые амфибии, плодовитость, лабораторное разведение, живые корма, *Shelfordella lateralis*, *Nauphoeta cinerea*

Для цитирования

Матушкина К.А., Давыденкова В.Д. Репродуктивные показатели батурской жабы *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) при выращивании на различных живых кормах. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 59-68. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-59-68>

ZOOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-59-68>



Impact of live food on the reproductive performance of the Batur toad, *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) in captivity

Ksenia A. Matushkina, Vera D. Davydenkova

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

Corresponding author: Ksenia A. Matushkina; matushkinaka@gmail.com

Abstract

The work is devoted to the study of the reproductive performance of a narrow areal triploid toads (Batur toad, *Bufo baturae*) reared on different live food (Turkestan and marble cockroaches). Material for the work was obtained over three breeding seasons. In the first breeding season, the number of pairs reared on the Turkestan cockroach (*Shelfordella lateralis*) was 7 (64%) and on the marbled cockroach (*Nauphoeta cinerea*) – 2 (18%). In the second and third seasons, the numbers

were 8 (89%) and 11 (100%) respectively. The average fecundity of females fed on the Turkestan cockroach ranged from 3149 to 3300 eggs over three seasons, while that of females fed on the marbled cockroach ranged from 2472 to 2630 eggs. However, the juveniles from the group reared on marbled cockroach were superior in length to the prelarvae, as well as in length and weight to the post-metamorphic juveniles. Thus, there was no clear advantage in reproductive performance in animals consuming different diets. Both insect species were highly effective when fed to Baturian toads under laboratory conditions.

Keywords

tailless amphibians, fecundity, captive breeding, live food, *Shelfordella lateralis*, *Nauphoeta cinerea*

For citation

Matushkina K.A., Davydenkova V.D. Impact of live food on the reproductive performance of the Batur toad, *Bufo fotes baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) in captivity. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):59-68. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-59-68>

Введение Introduction

Несмотря на наличие частных работ, посвященных питанию земноводных [14, 18], нутрициология животных этой группы находится на начальном уровне исследований. Современные данные показывают, что для каждой половозрастной группы каждого вида амфибий характерны свои, физиологически обусловленные пищевые потребности [4].

Питание является ключевым фактором, влияющим на успех содержания и разведения амфибий в искусственных условиях. Правильная и сбалансированная диета обеспечивает животных запасом питательных веществ и энергии, необходимым для воспроизводства. Было показано, что более крупные особи имеют большую плодовитость и производят более крупные яйца в сравнении с их более мелкими конспецификами [19, 20]. Помимо этого, взрослые особи одного размера могут иметь разную плодовитость в зависимости от интенсивности кормления в период формирования половых продуктов [15], а нехватка пищи может привести к снижению репродуктивного успеха и даже к регрессии половых продуктов. Качество питания также обуславливает количество и качество половых продуктов (выживаемость, активность сперматозоидов и т.д.) [1, 13, 17].

Таким образом, очевидно, что для успешного содержания и разведения земноводных в искусственных условиях необходимо обеспечить их сбалансированное кормление. **Цель исследования:** попытка сравнить репродуктивные показатели узкоареальных триплоидных батурских жаб, выращенных на двух видах живого корма – туркестанском, *Shelfordella lateralis* (Walker, 1868), и мраморном, *Nauphoeta cinerea* (Olivier, 1789), тараканах.

Кормовые объекты были подобраны исходя из следующих требований: доступность в продаже, легкость разведения в культуре, цена и состав, схожие с наиболее часто применяемыми для культивирования бесхвостых земноводных сверчками [9].

Методика исследований Research method

Исследования проводили в период с 2017 по 2022 гг. на базе кафедры зоологии в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Материалом для эксперимента послужили особи батурской жабы, полученные от лабораторного размножения животных, отловленных в 2013 г. в окрестностях кишлака Булункуль (Мургабский район, Горно-Бадахшанская автономная область, Таджикистан). Все задействованные в исследовании репродуктивных показателей животные были одновозрастным потомством одной пары.

Животных после метаморфоза по виду применяемого корма разделили на две опытные группы, каждая из которых включала в себя 3 повторности по 10 особей в каждой. Таким образом, всего в эксперименте было задействовано 60 животных по 30 в каждой опытной группе (рис. 1).

Жаб содержали в одинаковых условиях: в пластиковых контейнерах Samla (производитель ИКЕА) размером 35×23×13 см при средней температуре 22°C, по ранее отработанной методике [2, 7, 16]. В качестве субстрата использовали увлажненные вискозные салфетки (Econta, производитель ООО «Торговый дом», Россия). Освещение осуществляли при помощи люминесцентных ламп мощностью 30 W и световым потоком 1150 лм в течение 14 ч в сутки. Источником влаги служили наполненные водой пластиковые бассейны. Чистку контейнера и салфеток осуществляли ежедневно.

Для имитации естественных биологических циклов и стимуляции размножения животным раз в год устраивали искусственную зимовку по ранее отработанной методике [12, 20]. Температурный режим в периоды зимовок представлен в таблице 1.

Выращенные в искусственных условиях батурские жабы достигали половой зрелости в возрасте 1,5 года лет и впервые были использованы в лабораторном размножении после второй зимовки.

После окончания периода зимнего содержания на втором, третьем и четвертом годах жизни животных попарно переносили в нерестовые

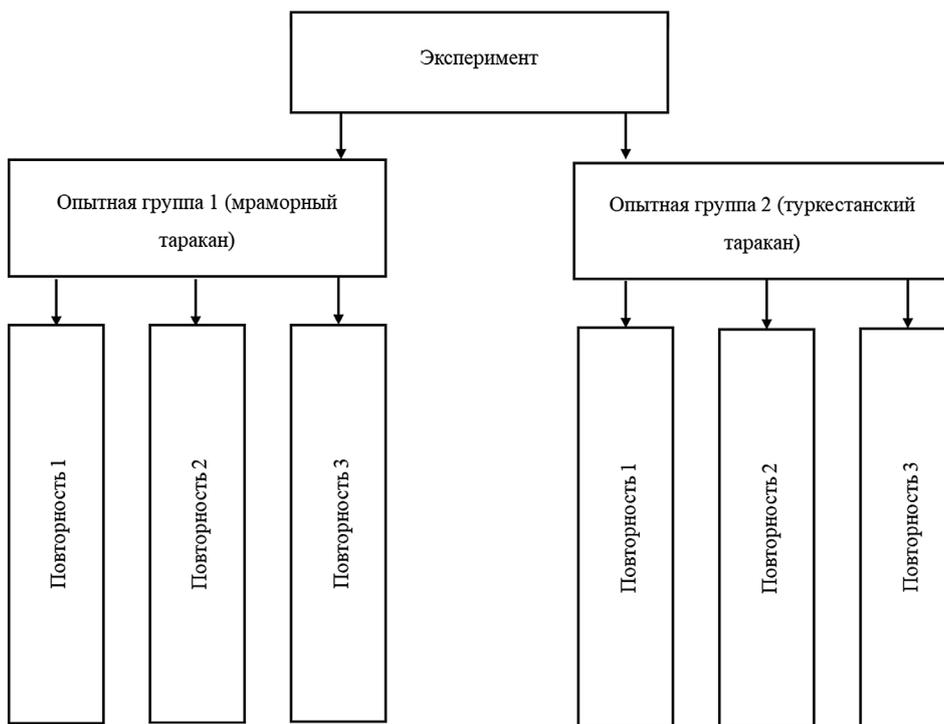


Рис. 1. Схема эксперимента по выращиванию батурской жабы

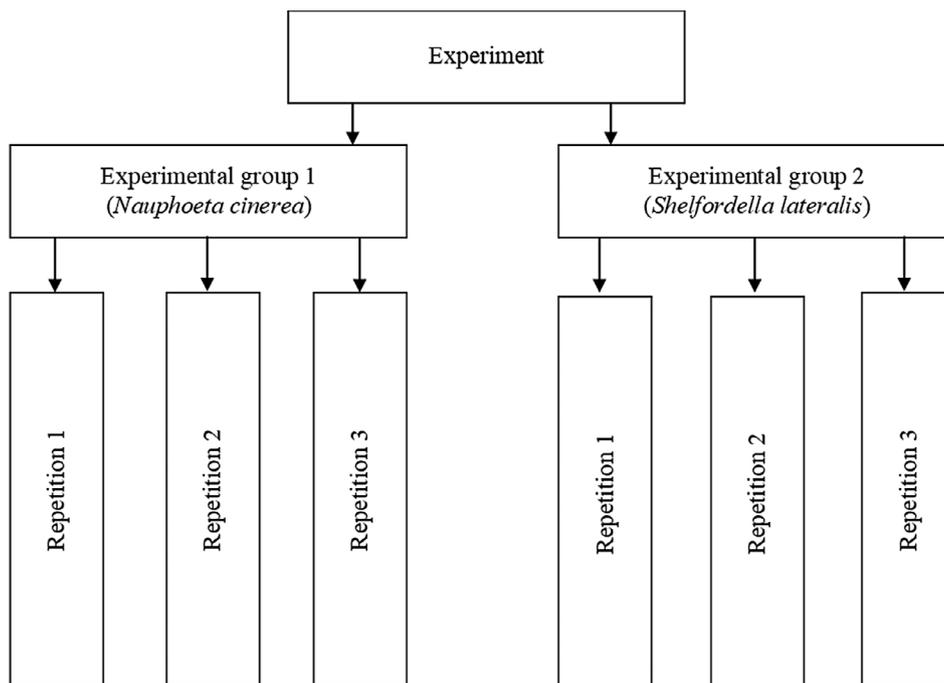


Fig. 1. Scheme of the experiment on rearing the Bathurian toadfish

аквариумы (пластмассовые контейнеры марки Samla (IKEA) размером 39×28×28 см, наполненные водой на 1/3). Температура воды при высадке жаб на размножение составляла 19°C.

После второй зимовки было сформировано по 11 пар в каждой опытной группе, а после третьей и четвертой зимовок – 11 пар жаб, выращенных на мраморном таракане, и 9 пар, выращенных на туркестанском таракане (табл. 2).

Инкубацию полученных яиц, выдерживание предличинок и выращивание личинок

осуществляли в пластиковых контейнерах Samla 39×28×28 (производитель IKEA) при средней температуре 18,5°C. Подмену 2/3 воды производили ежедневно.

После перехода на экзогенное питание личинок рассаживали с оптимальной плотностью [3, 5] 2 экз/л. В качестве корма для головастиков использовали полнорационные хлопьевидные корма для аквариумных рыб TetraMin (производитель ТетраГмбХ, Германия), многократно зарекомендовавшие себя ранее [7, 10], а также ошпаренные крутым

Таблица 1

Температурный режим в периоды зимовок

	Длительность	Средняя температура
1 зимовка (2018/19 гг.)	180 сут.	10,2°C
2 зимовка (2019/20 гг.)	160 сут.	11,6°C
3 зимовка (2020/21 гг.)	160 сут.	10,1°C
4 зимовка (2021/22 гг.)	160 сут.	10,3°C

Table 1

Temperature regime during wintering periods

	Duration	Average temperature
1st wintering (2018/19)	180 days	10.2°C
2d wintering (2019/20)	160 days	11.6°C
3d wintering (2020/21)	160 days	10.1°C
4th wintering (2021/22)	160 days	10.3°C

кипятком листья шпината и крапивы. Эксперимент длился до выхода всей молодежи на метаморфоз.

При изучении репродуктивных показателей жаб из разных опытных групп учитывали следующие показатели: долю отметавших пар, количество яиц в кладках, ширину икряного шнура, диаметр яиц, общую длину тела с хвостом у предличинок при вылуплении и у личинок при переходе на экзотическое питание, длину тела и массу сеголеток сразу после метаморфоза, а также продолжительность эмбриогенеза и личиночного развития.

Результаты и их обсуждение**Result and discussion**

В первое размножение из числа жаб, выращенных на туркестанском таракане, отметили 7 пар (64%), а из выращенных на мраморном таракане – 2 пары (18%). Во второй и третий сезоны число отметавших пар было одинаковым: 8 (89%) для группы на туркестанском таракане и 11 (100%) – для группы на мраморном таракане.

Самки, выращиваемые на туркестанском таракане, в среднем имели большую плодовитость,

однако статистически значимую разницу мы наблюдали только на третий сезон размножения.

Стоит отметить, что несмотря на наблюдаемую во всех опытных группах положительную корреляцию между размерами самок и плодовитостью, самая высокая взаимосвязь этих показателей ($r = 0,8$) была отмечена в первый сезон размножения. Диаметр яиц в кладках самок разных возрастных групп значимо не отличался. По ширине икряного шнура кладки, полученные от самок из разных опытных групп, достоверно отличались только в третий сезон размножения (табл. 2).

Оценка показателей раннего развития в потомствах жаб разных опытных групп показала статистически значимое превосходство молодежи от животных, получавших в качестве корма мраморного таракана, по длине предличинок, а также по длине и массе сеголеток после метаморфоза (табл. 3).

Длительность периодов раннего развития молодежи не различалась. Продолжительность инкубации икры в обеих опытных группах составила 4-5 суток, общая длительность эмбриогенеза – 6-8 суток, общая длительность личиночного развития до выхода на сушу – 69 суток.

**Сравнительная характеристика репродуктивных показателей батурских жаб
на двух видах корма за 3 сезона размножения**

Показатель	$\frac{M \pm m (SD)}{\text{min-max}(n)}$		U _{эмп}
	опытная группа 1 (туркестанский таракан)	опытная группа 2 (мраморный таракан)	
Общее количество пар / из них отметили икру, шт. (%)			
1 сезон (2020 г.)	11/7 (64%)	11/2 (18%)	
2 сезон (2021 г.)	9/8 (89%)	11/11 (100%)	
3 сезон (2022 г.)	9/8 (89%)	11/11 (100%)	
Количество яиц в кладке, шт.			
1 сезон (2020 г.)	$\frac{4078,7 \pm 499,18 (1222,74)}{2887,0 - 6363,0 (7)}$	$\frac{2472,5 \pm 1834,90 (1834,94)}{1175,0 - 3770,0 (2)}$	-
2 сезон (2021 г.)	$\frac{3149,0 \pm 365,52 (967,07)}{1975,0 - 4316,0 (8)}$	$\frac{2630,3 \pm 132,66 (419,52)}{2016,0 - 3289,0 (11)}$	ns
3 сезон (2022 г.)	$\frac{3300,5 \pm 283,69 (750,57)}{2235,0 - 4198,0 (8)}$	$\frac{2591,5 \pm 171,20 (541,37)}{1928,0 - 3853,0 (11)}$	19*
Диаметр яиц, мм			
1 сезон (2020 г.)	$\frac{1,7 \pm 0,03 (0,31)}{1,2 - 3,1 (100)}$	$\frac{1,6 \pm 0,02 (0,14)}{1,4 - 2,0 (40)}$	ns
2 сезон (2021 г.)	$\frac{1,7 \pm 0,01 (0,14)}{1,3 - 2,1 (90)}$	$\frac{1,6 \pm 0,01 (0,14)}{1,3 - 2,0 (125)}$	ns
3 сезон (2022 г.)	$\frac{1,7 \pm 0,01 (0,13)}{1,4 - 2,0 (80)}$	$\frac{1,7 \pm 0,02 (0,18)}{1,2 - 2,3 (110)}$	ns
Ширина икряного шнура, мм			
1 сезон (2020 г.)	$\frac{3,1 \pm 0,09 (0,53)}{2,5 - 4,5 (35)}$	$\frac{3,4 \pm 0,20 (0,59)}{2,8 - 4,5 (10)}$	ns
2 сезон (2021 г.)	$\frac{3,1 \pm 0,03 (0,22)}{2,5 - 3,6 (40)}$	$\frac{2,9 \pm 0,05 (0,40)}{2,2 - 3,6 (54)}$	ns
3 сезон (2022 г.)	$\frac{3,6 \pm 0,05 (0,31)}{2,9 - 4,2 (40)}$	$\frac{3,4 \pm 0,10 (0,74)}{2,4 - 5,6 (55)}$	784*

*Разность достоверна при $p \leq 0,01$.**Разность достоверна при $p \leq 0,05$.

Table 2

**Comparative characteristic of reproductive performance of Bathurian toads
on two types of food during three breeding seasons**

Indicator	$\frac{M \pm m (SD)}{\text{min-max}(n)}$		U _{emp}
	experimental group 1 (<i>Nauphoeta cinerea</i>)	experimental group 2 (<i>Shelfordella lateralis</i>)	
Total number of pairs / of which spawned eggs, pcs. (%)			
1st season (2020)	11/7 (64%)	11/2 (18%)	
2d season (2021)	9/8 (89%)	11/11 (100%)	
3d season (2022)	9/8 (89%)	11/11 (100%)	
Number of eggs in a clutch, pcs.			
1st season (2020)	$\frac{4078.7 \pm 499.18 (1222.74)}{2887.0-6363.0 (7)}$	$\frac{2472.5 \pm 1834.90 (1834.94)}{1175.0-3770.0 (2)}$	-
2d season (2021)	$\frac{3149.0 \pm 365.52 (967.07)}{1975.0-4316.0 (8)}$	$\frac{2630.3 \pm 132.66 (419.52)}{2016.0-3289.0 (11)}$	ns
3d season (2022)	$\frac{3300.5 \pm 283.69 (750.57)}{2235.0-4198.0 (8)}$	$\frac{2591.5 \pm 171.20 (541.37)}{1928.0-3853.0 (11)}$	19*
Egg diameter, mm			
1st season (2020)	$\frac{1.7 \pm 0.03 (0.31)}{1.2-3.1 (100)}$	$\frac{1.6 \pm 0.02 (0.14)}{1.4-2.0 (40)}$	ns
2d season (2021)	$\frac{1.7 \pm 0.01 (0.14)}{1.3-2.1 (90)}$	$\frac{1.6 \pm 0.01 (0.14)}{1.3-2.0 (125)}$	ns
3d season (2022)	$\frac{1.7 \pm 0.01 (0.13)}{1.4-2.0 (80)}$	$\frac{1.7 \pm 0.02 (0.18)}{1.2-2.3 (110)}$	ns
Width of spawn cord, mm			
1st сезон (2020)	$\frac{3.1 \pm 0.09 (0.53)}{2.5-4.5 (35)}$	$\frac{3.4 \pm 0.20 (0.59)}{2.8-4.5 (10)}$	ns
2d season (2021)	$\frac{3.1 \pm 0.03 (0.22)}{2.5-3.6 (40)}$	$\frac{2.9 \pm 0.05 (0.40)}{2.2-3.6 (54)}$	ns
3d season (2022)	$\frac{3.6 \pm 0.05 (0.31)}{2.9-4.2 (40)}$	$\frac{3.4 \pm 0.10 (0.74)}{2.4-5.6 (55)}$	784*

*Difference is significant at $p \leq 0,01$.**Difference is significant at $p \leq 0,05$.

**Показатели раннего развития молоди батурской жабы,
полученной от родителей, выращенных на различных кормах**

Показатель	$\frac{M \pm m (SD)}{\min - \max(n)}$		U _{эмп}
	опытная группа 1 (туркестанский таракан)	опытная группа 2 (мраморный таракан)	
Общая длина предличинки, мм	$\frac{4,2 \pm 0,05 (0,50)}{3,10 - 5,40(100)}$	$\frac{4,7 \pm 0,08 (0,50)}{3,80 - 5,70(40)}$	434,5*
Длина тела личинок при переходе на экзогенное питание, мм	$\frac{4,7 \pm 0,04 (0,43)}{3,80 - 6,10(100)}$	$\frac{4,7 \pm 0,07 (0,44)}{3,60 - 5,40(40)}$	ns
Длина хвоста личинок при переходе на экзогенное питание, мм	$\frac{7,0 \pm 0,08 (0,80)}{5,40 - 9,10(100)}$	$\frac{7,0 \pm 0,12 (0,77)}{5,00 - 8,70(40)}$	ns
Длина тела после прохождения метаморфоза, мм	$\frac{12,7 \pm 0,21 (0,93)}{11,2 - 15,1(20)}$	$\frac{14,0 \pm 0,49 (0,85)}{13,2 - 15,2(4)}$	6,5*
Масса после прохождения метаморфоза, г	$\frac{0,2 \pm 0,01 (0,04)}{0,16 - 0,36(20)}$	$\frac{0,3 \pm 0,04 (0,07)}{0,23 - 0,39(4)}$	13,5**

*Разность достоверна при $p \leq 0,01$.

**Разность достоверна при $p \leq 0,05$.

Table 3

Indicators of early development of juvenile Baturian toad, obtained from parents reared on different feeds

Indicator	$\frac{M \pm m (SD)}{\min - \max(n)}$		U _{emp}
	experimental group 1 (<i>Nauphoeta cinerea</i>)	experimental group 2 (<i>Shelfordella lateralis</i>)	
Total length of larvae, mm	$\frac{4,2 \pm 0,05 (0,50)}{3,10 - 5,40(100)}$	$\frac{4,7 \pm 0,08 (0,50)}{3,80 - 5,70(40)}$	434,5*
Larvae body length at transition to exogenous feeding, mm	$\frac{4,7 \pm 0,04 (0,43)}{3,80 - 6,10(100)}$	$\frac{4,7 \pm 0,07 (0,44)}{3,60 - 5,40(40)}$	ns
Larvae tail length at transition to exogenous feeding, mm	$\frac{7,0 \pm 0,08 (0,80)}{5,40 - 9,10(100)}$	$\frac{7,0 \pm 0,12 (0,77)}{5,00 - 8,70(40)}$	ns
Body length after metamorphosis, mm	$\frac{12,7 \pm 0,21 (0,93)}{11,2 - 15,1(20)}$	$\frac{14,0 \pm 0,49 (0,85)}{13,2 - 15,2(4)}$	6,5*
Weight after metamorphosis, g	$\frac{0,2 \pm 0,01 (0,04)}{0,16 - 0,36(20)}$	$\frac{0,3 \pm 0,04 (0,07)}{0,23 - 0,39(4)}$	13,5**

* Difference is significant at $p \leq 0,01$.

** Difference is significant at $p \leq 0,05$.

Выводы Conclusions

Репродуктивные показатели батурских жаб, выращенных на туркестанском и мраморном тараканах, лежали в пределах известных для вида значений [6, 8]. Это, как и ранее проведенные исследования влияния данных кормов на скорость роста, выживаемость и зимостойкость амфибий [9, 11, 12], дают право рекомендовать их как основные наравне с общепринятыми в российской батрахокультуре кормовыми насекомыми: домовый сверчок, *Acheta domestica* (Linnaeus, 1758), двупятнистый сверчок, *Gryllus bimaculatus* (De Geer, 1773) и банановый сверчок, *Gryllus locorojo* (Weissman, Gray, 2012). Однако стоит отметить, что несмотря

на схожий химический состав [9], они оказывают неодинаковое влияние на рост, развитие и репродуктивный успех животных.

Преимущество в росте группы, получавшей туркестанского таракана, отразилось также на возрасте достижения половой зрелости. Как следствие, 64% двухлетних самок, выращенных на туркестанском таракане, участвовали в размножении – против 12% самок, выращенных на мраморном таракане. Несмотря на более низкую выживаемость в группе животных, выращенных на туркестанском таракане, суммарное количество яиц, полученных за 3 года, было выше на 31%. С другой стороны, более крупные сеголетки, полученные от самок из группы, выращенной на мраморном таракане, существенно упрощают их дальнейшее выращивание.

Список источников

1. Вершинин В.Л., Середюк С.Д., Черноусова Н.Ф., Толкачев О.В. Пути адаптогенеза наземной фауны к условиям техногенных ландшафтов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 180 с.
2. Кидов А.А., Матушкина К.А., Литвинчук С.Н. и др. Первый случай размножения жабы Латаста, *Bufo latastii* (Boulenger, 1882) в лабораторных условиях // *Современная герпетология*. 2016. № 16(1-2). С. 20-26. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2016-16-1-2-20-26>
3. Кидов А.А., Аффрин К.А., Степанкова И.В., Гориков А.А. Рост, развитие и выживаемость личинок кавказской жабы *Bufo verrucosissimus* (Amphibia, Anura, Bufonidae) при различной плотности посадки в зоокультуре // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2020. № 57 (1). С. 164-169.
4. Кидов А.А., Матушкина К.А., Кидова Е.А. и др. Пути использования и развития технологий культивирования земноводных в России // *Современное состояние и перспективы развития животноводства России и стран СНГ*: Коллективная монография. М.: ООО «Мегаполис», 2022. С. 162-179.
5. Кидов А.А., Иволга Р.А., Кондратова Т.Э., Соколова А.Д. Влияние начальной плотности на личиночное развитие зеленой жабы (*Bufo viridis*, Amphibia, Anura, Bufonidae) в лабораторных условиях // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2022. № 8 (74)(3). С. 68-76.
6. Кидов А.А., Иволга Р.А., Кондратова Т.Э., Кидова Е.А. Особенности размножения и раннего развития у самого высокогорного земноводного территории бывшего СССР – батурской жабы (*Bufo baturae*, Amphibia, Bufonidae) (по результатам лабораторных исследований) // *Зоологический журнал*. 2022. № 100 (2). С. 153-164. <https://doi.org/10.31857/S0044513421120060>
7. Матушкина К.А., Кидов А.А., Серякова А.А. Выращивание личинок узкоареальных триплоидных жаб *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) с применением полнорационных кормов для аквариумных рыб // *Вестник*

References

1. Vershinin V.L., Seredyuk S.D., Chernousova N.F., Tolkachev O.V. Ways of adaptaciogenesis of terroral famous families to the conditions of mannogenic landscapes. Ekaterinburg.: UrO RAN, 2006:180. (In Russ.)
2. Kidov A.A., Matushkina K.A., Litvinchuk S.N. et al. The first case of reproduction of the lataste's toad, *bufo latastii* (Boulenger, 1882) in laboratory conditions. *Current Studies in Herpetology*. 2016;16(1-2):20-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2016-16-1-2-20-26>
3. Kidov A.A., Afrin K.A., Stepankova I.V., Gorikov A.A. Growth, development and survival of *Bufo verrucosissimus* (Amphibia, Anura, Bufonidae) larvae at different stocking density in zooculture. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2020;57(1):164-169. (In Russ.)
4. Kidov A.A., Matushkina K.A., Kidova E.A. et al. Ways of use and development of amphibian cultivation technologies in Russia. Current state and prospects of development of animal breeding in Russia and CIS countries: Collective monograph. M.: ООО "Megapolis", 2022;162-179. (In Russ.)
5. Kidov A.A., Ivolga R.A., Kondratova T.E., Sokolova A.D. Effect of initial density on larval development of the green toad (*Bufo viridis*, Amphibia, Anura, Bufonidae) in laboratory conditions. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*. 2022;8(74)(3):68-76. (In Russ.)
6. Kidov A.A., Ivolga R.A., Kondratova T.E., Kidova E.A. Features of reproduction and early development in the batura toad (*Bufo baturae*, Amphibia, Bufonidae), the most high-montane amphibian in the former USSR, based on the results of a laboratory study. *Zoologicheskii zhurnal*. 2022;100(2):153-164. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0044513421120060>
7. Matushkina K.A., Kidov A.A., Seryakova A.A. Growing of larval narrow areal triploid toads *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999) with the use of complete feed for aquarium fishes *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennyye*

Тамбовского университета. Серия «Естественные и технические науки». 2017. № 22 (5-1). С. 960-964. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-960-964>

8. Матушкина К.А., Кидов А.А., Литвинчук С.Н. Первые результаты лабораторного размножения Батурской жабы *Bufo baturae* Stöck, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999 // *Вестник Тамбовского университета. Серия «Естественные и технические науки»*. 2017. № 955-958. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-955-959>

9. Матушкина К.А., Неверова А.О., Иволга Р.А. Особенности роста и развития батурской жабы *Bufo baturae* (Stock, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999) на различных кормах // *Вестник Тамбовского университета. Серия «Естественные и технические науки»*. 2020. № 2. С. 82-85.

10. Матушкина К.А., Кидов А.А., Серякова А.А. Применение полнораціонных кормов для рыб в зоокультуре жаб рода *Bufo* (Amphibia, Anura, Bufonidae) // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Серия «Естественные науки»*. 2020. № 1 (29). С. 36-45. <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2020-1-4>

11. Матушкина К.А., Неверова А.О., Астахова Е.А. Особенности зимовки *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein, and Grosse, 1999) в лабораторных условиях // *Известия Горского государственного аграрного университета* 2021. № 53. 30. С. 145-149.

12. Матушкина К.А., Неверова А.О. Использование туркестанского (*Shelfordella lateralis*) и мраморного (*Nauphoeta cinerea*) тараканов в кормлении батурской жабы (*Bufo baturae*) // В книге: Вопросы герпетологии. 2021. С. 184-186.

13. Alexander S.S., Bellerby C.W. The effect of captivity upon the reproductive cycle of the South African clawed toad (*Xenopus laevis*). *Journal of Experimental Biology* 12. 1935:306-314.

14. Antwis R.E., Browne R.K. Ultraviolet radiation and Vitamin D3 in amphibian health, behaviour, diet and conservation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2009;154(2):184-190. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2009.06.008>

15. Girish S., Saidapur S.K. Interrelationship between food availability, fat body, and ovarian reproduction. *Journal of Experimental Zoology Part A*. 2000;286(5):487-493. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010X\(20000401\)286:5<487:AID-JEZ6>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010X(20000401)286:5<487:AID-JEZ6>3.0.CO;2-Z)

16. Matushkina K.A., Kidov. A.A., Litvinchuk S.N. Keeping, breeding, and maintenance of zooculture of the Ladakh toad, *Bufo latastii* (Boulenger, 1882). *Russian Journal of Herpetology*. 2020;27(5):284-290. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2020-27-5-284-290>

17. Merkle S. Long-term starvation in *Xenopus laevis* Daudin – III. Effects on enzymes in several tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1989;94(4):783-788. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(89\)90166-1](https://doi.org/10.1016/0305-0491(89)90166-1)

18. Poole V.A., Grow S. Amphibian Husbandry Resource Guide Edition 2.0. *Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD*. Pp. 238.

19. Solomonova T.N., Sedalishchev V.T., Odnokurtsev V.A. The Siberian tree frog (*Rana amurensis* Boulenger, 1886) in Yakutia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2011;4(1):69-73. <https://doi.org/10.1134/S1995425511010115>

i tekhnicheskie nauki. 2017;22(5-1):960-964. (In Russ.) <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-960-964>

8. Matushkina K.A., Kidov A.A., Litvinchuk S.N. The first results of captive breeding of the Batura toad, *Bufo baturae* Stoeck, Schmid, Steinlein et Grosse, 1999. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2017:955-958. (In Russ.) <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2017-22-5-955-959>

9. Matushkina K.A., Neverova A.O., Ivolga R.A. Features of growth and development of the Batura toad *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein and Grosse, 1999) on various feed. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2020;2(140):82-85. (In Russ.)

10. Matushkina K.A., Kidov A.A., Seryakova A.A. The use of complete feed for fish in zooculture of *Bufo* toads (Amphibia, Anura, Bufonidae). *University Proceedings. Volga Region. Natural Sciences*. 2020;1(29):36-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2307-9150-2020-1-4>

11. Matushkina K.A., Neverova A.O., Astahova E.A. Features of wintering *Bufo baturae* (Stöck, Schmid, Steinlein, and Grosse, 1999) under laboratory conditions. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2021;58-3:145-149. (In Russ.)

12. Matushkina K.A., Neverova A.O. Use of Turkestan (*Shelfordella lateralis*) and marbled (*Nauphoeta cinerea*) cockroaches in the feeding of the Batura toad (*Bufo baturae*). In the book: Issues in Herpetology. 2021:184-186. (In Russ.)

13. Alexander S.S., Bellerby C.W. The effect of captivity upon the reproductive cycle of the South African clawed toad (*Xenopus laevis*). *Journal of Experimental Biology* 12. 1935:306-314.

14. Antwis R.E., Browne R.K. Ultraviolet radiation and Vitamin D3 in amphibian health, behaviour, diet and conservation. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2009;154(2):184-190. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2009.06.008>

15. Girish S., Saidapur S.K. Interrelationship between food availability, fat body, and ovarian reproduction. *Journal of Experimental Zoology Part A*. 2000;286(5):487-493. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-010X\(20000401\)286:5<487:AID-JEZ6>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-010X(20000401)286:5<487:AID-JEZ6>3.0.CO;2-Z)

16. Matushkina K.A., Kidov. A.A., Litvinchuk S.N. Keeping, breeding, and maintenance of zooculture of the Ladakh toad, *Bufo latastii* (Boulenger, 1882). *Russian Journal of Herpetology*. 2020;27(5):284-290. <https://doi.org/10.30906/1026-2296-2020-27-5-284-290>

17. Merkle S. Long-term starvation in *Xenopus laevis* Daudin – III. Effects on enzymes in several tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1989;94(4):783-788. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(89\)90166-1](https://doi.org/10.1016/0305-0491(89)90166-1)

18. Poole V.A., Grow S. Amphibian Husbandry Resource Guide Edition 2.0. *Association of Zoos and Aquariums, Silver Spring, MD*. 2012:238.

19. Solomonova T.N., Sedalishchev V.T., Odnokurtsev V.A. The Siberian tree frog (*Rana amurensis* Boulenger, 1886) in Yakutia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2011;4(1):69-73. <https://doi.org/10.1134/S1995425511010115>

20. Tejedo M. Effects of body size and timing of reproduction on reproductive success in female natterjack toads (*Bufo calamita*). *Journal of Zoology*. 1992:545-555. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb04454.x>

Сведения об авторах

Ксения Андреевна Матушкина, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: matushkinaka@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4853-9999>

Вера Дмитриевна Давыденкова, студент 3 курса по направлению «Биология», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Статья поступила в редакцию 09.11.2023
Одобрена после рецензирования 05.12.2023
Принята к публикации 15.12.2023

20. Tejedo M. Effects of body size and timing of reproduction on reproductive success in female natterjack toads (*Bufo calamita*). *Journal of Zoology*. 1992:545-555. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1992.tb04454.x>

Information about the authors

Ksenia A. Matushkina, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: matushkinaka@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4853-9999>

Vera D. Davydenkova, 3rd year student majoring in Biology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation)

The article was submitted to the editorial office 09 Nov 2023
Approved after reviewing 05 Dec 2023
Accepted for publication 15 Dec 2023

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья
УДК 619:636.1:612.1
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-69-80>



Оксигенация крови лошадей как показатель работоспособности

Иван Владимирович Тарабрин, Валентина Владимировна Усенко

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Автор, ответственный за переписку: Иван Владимирович Тарабрин; tarabrin.i@kubsau.ru

Аннотация

В коневодстве актуальным является внедрение доступных способов оценки потенциала организма лошади для выполнения работы разной степени тяжести и в разных условиях местности (высота над уровнем моря, особенности ландшафта, характер работы). Установлена применимость метода дозирования нагрузки рабочих лошадей в условиях высокогорья на основании величины массы тела лошади, вычисляемой с помощью промера «Обхват груди», но работа должна быть отнесена к категории тяжелой уже при массе груза 15% от массы тела лошади. Показатель насыщения артериальной крови молекулярным кислородом и значение пульса в достаточной мере позволяют оценить состояние функции дыхания, а также характер участия сопряженных с ней систем. Исследования, проведенные на 14 взрослых рабочих лошадях, используемых в работах в условиях равнины и высокогорья, а также на 5 молодых лошадях, позволили рекомендовать к широкому применению пульсоксиметр для экспресс-анализа крови на оксигенацию крови и величину пульса с целью обоснованного дозирования нагрузки этих животных. Ветеринарное обследование лошадей с выявленными пульсоксиметром отклонениями от нормы по сатурации кислорода и характеру пульса подтвердило наличие клинических признаков и лабораторных маркеров нарушений в организме одного жеребца и одной ремонтной кобылы, что исключает использование этих животных в качестве рабочих. Ранняя констатация недостаточности функции дыхания у молодняка позволяет принять взвешенное решение об отказе от специальной тренировки и предотвращает экономические потери.

Ключевые слова

потенциал организма лошади, работоспособность лошадей в разных условиях, рабочие лошади, пони, равнина, высокогорье, нагрузка, сатурация кислорода, оксигенация крови, пульсоксиметр, масса тела

Благодарности

Авторы выражают благодарность за помощь в организации исследований ветеринарным врачам конно-спортивного клуба П.И. Остапенко (г. Краснодар, Россия), Сергею Сергеевичу Левченко, Ирине Вячеславовне Куличевой, а также руководителю КХ «Каныкей» (Республика Кыргызстан) Алмабеку Сегизбаеву.

Для цитирования

Тарабрин И.В., Усенко В.В. Оксигенация крови лошадей как показатель работоспособности. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 69-80. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-69-80>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article
УДК 636.1:581.111
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-69-80>



Equine blood oxygenation as a coefficient of performance

Ivan V. Tarabrin, Valentina V. Usenko

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Corresponding author: Ivan V. Tarabrin; tarabrin.i@kubsau.ru

Abstract

In horse breeding, it is important to introduce affordable methods for assessing the potential of the horse's body to perform work of varying severity and in different terrain conditions (altitude, landscape features, type of work). The applicability of the method of dosing the load of working horses in highland conditions has been established on the basis of the value of the horse's body weight calculated using the "heart girth" measurement, but the work should already be classified

as heavy at a load weight of 15% of the horse's body weight. The arterial molecular oxygen saturation of the blood and the pulse rate are sufficient to assess the state of respiratory function and the nature of the involvement of associated systems. The studies carried out on 14 mature working horses and also on 5 young horses used for work in lowland and highland conditions have made it possible to recommend the widespread use of the pulse oximeter for rapid analysis of blood oxygen saturation and pulse rate in order to dose the workload of these animals appropriately. Veterinary examination of horses with abnormal oxygen saturation and pulse pattern detected by the pulse oximeter confirmed the presence of clinical signs and laboratory markers of disorders in the body of a stallion and a repair mare, excluding the use of these animals as working animals. Early detection of inadequate respiratory function in young animals can allow a balanced decision to be made to refuse special training and prevent economic losses.

Keywords

equine body potential, performance of horses in different conditions, working horses, ponies, plains, highlands, workload, oxygen saturation, blood oxygenation, pulse oximeter, body weight

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude for assistance in organizing the research to veterinarians of the equestrian sports club "Ostapenko" (Krasnodar, Russia) Sergey S. Levchenko, Irina V. Kulicheva, as well as to Almabek Segizbaev, head of the farm "Kanykei" (Kyrgyz Republic).

For citation

Tarabrin I.V., Usenko V.V. Equine blood oxygenation as a coefficient of performance. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):69-80. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-69-80>

Введение Introduction

В спортивном коневодстве существует практика контроля состояния организма лошадей и внедрен ряд методов его оценки, но в продуктивном коневодстве указанная практика используется весьма ограниченно [4, 13]. В то же время разработка объективных и малозатратных методов оценки функционального статуса основных систем жизнеобеспечения организма лошадей, используемых в разных по характеру и тяжести работах в различающихся климатических условиях, остается в числе приоритетных задач научного обеспечения отрасли [14].

Цель исследований: обоснование дозирования нагрузки рабочих лошадей в разных климатических условиях на основании оценки функции дыхания.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

- оценка степени применимости расчетного метода определения массы тела для рабочих лошадей в условиях высокогорья для дозирования физической нагрузки на основании показателя массы тела;

- оценка оксигенации крови и пульса лошадей с использованием пульсоксиметра.

Рабочие лошади должны обладать силой и выносливостью в соответствии с направлением использования: упряжные, под седлом, вьючные. Основой обеспечения соответствующих механизмов являются напряженный метаболизм и возможность быстрой мобилизации энергии. Нагрузка лошадей четко коррелирует с массой тела и функциональной активностью сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Активация мышечной активности

сопровождается тахикардией и тахипноэ, причем частота дыхания может возрастать в 10 раз.

Лошадь относится к числу уникальных видов высших млекопитающих, клетки которых способны к освобождению энергии посредством анаэробного гликолиза, что обеспечивает организму возможность выполнять напряженную мышечную работу в течение длительного времени [4, 12, 14]. Особо следует отметить кожное дыхание, которое у лошадей имеет большое значение и при физической нагрузке может составлять до 8% обеспечения потребности в кислороде, тогда как у остальных млекопитающих не превышает 1-2%.

Обоснованное дозирование нагрузки лошадей позволяет избежать переутомления лошади, увеличить срок службы и продолжительность жизни. В числе главных маркеров функциональной недостаточности главных систем организма вследствие переутомления лошади названа температура тела. Наряду с контролем температуры существует практика оценки состояния организма и условий жизни лошади по качеству кормления – на основании анализа корма, крови и других биологических материалов (моча, кал) [1, 7-9, 13].

Состав крови относится к числу важнейших интерьерных показателей организма животных. В отличие от жестких констант (рН, осмотическое давление, гликемия) количественные значения других показателей могут варьировать в определенных пределах (варианты нормы) под влиянием различных метаболических и внешних воздействий. Этот факт дает основание использовать их в качестве маркеров функциональной состоятельности органов и систем организма и основание для дозирования нагрузки рабочих и спортивных лошадей [6, 7]. В первую очередь это касается состояния дыхательной системы и сопряженных с ней систем, а также процессов энергетической обеспеченности клеток.

Достаточно давно определен спектр показателей крови, позволяющих объективно оценить состояние организма рабочей лошади для адекватного дозирования нагрузок. К основным относят информацию о содержании гемоглобина и эритроцитов, о величине рН, а также биомаркеры состояния печени. Вместе с тем существует высокая потребность во внедрении в практическое коневодство нетравматичных и доступных экспресс-методов оценки газового состава крови и состояния сопряженных с ней систем, обеспечивающих рабочие качества лошади [2, 3, 5, 8, 13, 16].

Методика исследований

Research method

В мае 2022 г. был выполнен комплекс исследований в условиях конно-спортивного клуба Остапенко П.И. (г. Краснодар, Россия) и фермерского хозяйства «Каныкей» (Иссык-Кульский район Кыргызской Республики). Объекты исследований в конно-спортивном клубе – 5 взрослых рабочих лошадей тракненской породы и 3 взрослых пони шетлендской породы; в высокогорном крестьянском (фермерском) хозяйстве – 6 взрослых и 5 молодых лошадей новокиргизской породы; общее поголовье – 19 гол.

В число задач входило: определение возможности использования показателей оксигенации крови и частоты пульса, полученных с помощью медицинского прибора пульсоксиметр, для оценки состоятельности системы обеспечения тканевого дыхания рабочих лошадей и обоснованного планирования нагрузки.

В качестве первоначального критерия для расчета нагрузки животных в КФХ «Каныкей» использовали показатель массы тела, который вычисляли по формуле Маторина [11]:

$$M = 6 \cdot X - 620, \quad (1)$$

где X – обхват груди; M – масса тела лошади.

Измерения лошадей проводили на ровной площадке измерительной лентой (в сантиметрах).

Пульсоксиметры разных производителей предназначены для экспресс-оценки уровня оксигенации крови, обусловленной содержанием кислорода в артериальной крови капилляров, и определения пульса у человека (рис. 1, 2). Большинство названных приборов имеет диапазон измерения уровня сатурации кислорода от 35 до 100%, величину пульса от 30 до 250 уд/мин. В данной работе был использован прибор Pulse oximeter IZK-301, снабженный также индикатором заряда батареи и возможностью регулировки экрана в четырех направлениях, что облегчает его использование при работе с животными разных видов. Заявленные температурные границы для корректной работы прибора составляли от +10 до +40°C.

Величину пульса и сатурации кислорода крови определяли на ухе животных, аккуратно согнутом вдоль и помещенном в углубление прибора, предназначенное для указательного пальца человека. При выполнении этой работы требовалось обеспечить спокойное поведение лошадей. (Авторам была оказана большая помощь со стороны сотрудников предприятий, которым выражаем благодарность: А. Сегизбаеву, А. Алмабекову, И.В. Куличевой, С.С. Левченко.) На рисунке 2 представлен элемент работы по определению оксигенации крови лошади.

В пульсоксиметре применяется оптический метод, основанный на свойстве гемоглобина поглощать световые импульсы определенной части спектра. При просвечивании пульсирующей крови оксигемоглобин поглощает лучи красного спектра, а свободный от молекулярной формы кислорода гемоглобин избирательно поглощает инфракрасные лучи.

Встроенный микропроцессор прибора вычисляет и выводит на экран показатели сатурации и пульса, и одновременно возникает звуковой сигнал, изменяющийся по высоте звука в зависимости от величины сатурации. Так, снижение сатурации понижает высоту звука, а ее нормализация – повышает. Результат на дисплее показывает процентное отношение уровня кислорода в периферической крови к норме, частоту пульса за 1 мин, а также отображает волнообразную кривую пульсовой волны.

Для объективного суждения о содержании кислорода в крови и расчета среднего значения у каждой лошади в течение 5 дней выполнили измерения в одно и то же время, за 30 мин до тренировки или работы. Исследование осуществляли двукратно, через 5 мин, в присутствии тренеров; животные находились на отдыхе в денниках, их предварительно «угощали» яблоками.

Показателем нормальной сатурации кислорода крови заявлено 95-98%; показатель ниже 92%, согласно инструкции к прибору, рассматривали в качестве свидетельства угрозы развития дыхательной недостаточности.



Рис. 1. Пульсоксиметр IZK-301

Fig. 1. Pulse oximeter IZK-301

Публикации об использовании указанного прибора для оценки насыщения крови лошадей кислородом в доступной литературе отсутствуют.

Значение сатурации ниже 90%, зафиксированное не менее двух раз, считали признаком недостаточности дыхания лошади и основанием для ее выбраковки из категории рабочих лошадей [12].

При установлении прибором сниженного показателя сатурации кислорода в крови дополнительно осуществили ветеринарное обследование животных и выполнили анализ крови по определению

содержания эритроцитов и гемоглобина в цельной крови с целью объективной оценки дыхательной функции крови [10, 12].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В КСК Остапенко П.И. (г. Краснодар, Россия) получены следующие результаты. Нагрузка животных конно-спортивного клуба Остапенко П.И. связана с деятельностью предприятия по обучению детей верховой езде. Таким образом, животных используют в работе под седлом.

Сведения о результатах определения содержания кислорода в крови и значения артериального пульса, установленные с помощью пульсоксиметра IZK-301 у лошадей предприятия, отражены в таблице 1.

У 6 из 8 обследованных лошадей значения оксигенации крови и показатели артериального пульса соответствовали норме.

У жеребца по кличке Баязет установлены тахикардия и противоречивые показатели оксигенации крови, что предположительно может указывать на факт синусовой аритмии в сочетании с симпатическими эффектами, но требует отдельного исследования.

У мерина по кличке Лидер выявлено минимально допустимое значение показателя оксигенации крови, а также тахикардия, что может указывать на существование сердечной недостаточности кровообращения.

По результатам исследований рекомендовано ветеринарное обследование жеребца Баязета и мерина Лидера.



Рис. 2. Определение сатурации кислорода

Fig. 2. Analysis of oxygen saturation

Таблица 1

Показатели оксигенации крови и пульса рабочих лошадей КСК

Животное, кличка	Пол	Возраст, лет	Содержание кислорода, %	Пульс
Лошади				
Апрель	мерин	12	97,0±1,29	67,2±2,34
Вивальди	кобыла	6	98,8±1,86	54,4±2,42
Липецк	жеребец	28	95,8±1,77	61,4±2,13
Баязет	жеребец	12	98,2±8,27	123,2±5,79
Лидер	мерин	12	91,8±0,68	81,0±1,53
Пони				
Молли	кобыла	10	97,0±0,58	44,8±1,67
Лексус	жеребец	5	98,8±1,46	87,6±0,45
Пончик	жеребец	7	98,4±0,45	67,0±1,29

Blood oxygenation and pulse rate indices of working horses at the equestrian sports club

Animal, nickname	Sex	Age, years	Oxygen content, %	Pulse rate
Horses				
Аprel'	gelding	12	97.0±1.29	67.2±2.34
Vival'di	mare	6	98.8±1.86	54.4±2.42
Lipetsk	stallion	28	95.8±1.77	61.4±2.13
Bayazet	stallion	12	98.2±8.27	123.2±5.79
Lider	gelding	12	91.8±0.68	81.0±1.53
Ponies				
Molli	mare	10	97.0±0.58	44.8±1.67
Leksus	gelding	5	98.8±1.46	87.6±0.45
Ponchik	gelding	7	98.4±0.45	67.0±1.29

Следует отметить простоту и удобство использования пульсоксиметра, хотя это относится только к ситуации, при которой лошадь не испытывает беспокойства. Это в полной мере может быть достигнуто в случае, если измерение выполняет не посторонний человек, а тренер или хозяин лошади.

В КФХ «Каныкей» Кыргызской Республики получены следующие результаты.

Рабочих лошадей в хозяйстве «Каныкей» используют для перемещения грузов массой 20-40 кг и для перемещения всадника весом 80-83 кг на высокогорное стойбище, расположенное на расстоянии 15 км от исходной точки маршрута. Движение на всем протяжении пути идет на подъем начиная с точки 1500 м над уровнем моря. Первый привал продолжительностью 20 мин делают на высоте 2600 м над уровнем моря, но груз не снимают (с лошади слезает только всадник). Затем всадник вновь садится в седло, и лошадь идет еще 4 км до стойбища на высоте 3750 м над уровнем моря.

Заключительный участок пути лошади должны преодолеть не более чем с двумя остановками по 10 мин. В тот же день животное проделывает обратный путь без остановок. Время полного перехода составляет 4,5-5 ч. Таким образом, использование лошадей в КФХ «Каныкей» следует охарактеризовать как выючно-верховое в условиях гипобарии.

Сведения о характере нагрузки лошадей приведены в таблице 2.

Согласно материалу таблицы 2 разница в массе перевозимого груза связана только с изменением веса всадника. Установлено, что требованиям, предъявляемым к рабочим лошадям в данном хозяйстве, соответствовали 20% животных от общего поголовья табуна в 2021 г. и 27% – в 2022 г.

Анализ полученных данных позволяет объективно отнести выполняемую рабочими лошадьми нагрузку в КХ «Каныкей» к разряду тяжелых работ. Условия местности потенциально опасны развитием экзогенной гипоксии ввиду разреженной атмосферы в сочетании с патогенным влиянием сниженного барометрического давления. Это требует в хозяйстве серьезной деятельности по отбору объективно пригодных лошадей, специальной тренировке и формированию способности выдерживать требуемый уровень нагрузки. Лошади, которые не показывают потенциала работоспособности, подлежат переводу на откорм.

В спортивном коневодстве существует практика дозирования нагрузки на лошадь с учетом ее массы тела с целью предотвращения перегрузки животного. Материал таблицы 3 содержит информацию о результатах определения живой массы лошадей КХ «Каныкей» с использованием метода и формулы Маторина [11, 14]. Согласно свидетельствам специалистов спортивные лошади и животные-иппотерапевты из конно-спортивных клубов в условиях равнины при нормобарии демонстрируют наилучшие показатели работы, если максимальная нагрузка не превышает 20-25% от массы тела.

Результаты определения промера «Обхват груди», вычисление массы тела и последующее сравнение с результатами взвешивания животных показали высокий уровень соответствия показателей: расчетная величина массы тела отличалась от показателя, полученного при взвешивании, в среднем на 5%.

Установлено, что в условиях высокогорья нагрузка лошади на уровне уже 20% от ее живой массы оказывается избыточной и сопровождается развитием серьезных нарушений в организме. При расчете максимальной нагрузки требуется

Таблица 2

Характеристика работы лошадей в КХ «Каныкей»

Показатель	2021 г.	2022 г.
Общее поголовье лошадей, гол.	20	22
Поголовье рабочих лошадей, гол.	5	6
Общая протяженность маршрута в день в прямом и обратном направлениях, км	30	30
Высота начальной точки маршрута над уровнем моря, м	1500	1500
Высота конечной точки маршрута над уровнем моря, м	3750	3750
Минимальная масса груза, кг	100	103
Максимальная масса груза, кг	120	123
Продолжительность перехода, ч	5	5
Продолжительность отдыха на маршруте в прямом направлении, мин	40	40
Продолжительность движения, в среднем	~4 ч 30 мин	~4 ч 30 мин

Table 2

Characteristics of horse work at the farm “Kanykei”

Indicator	2021	2022
Total number of horses, head	20	22
Number of working horses, head	5	6
Total length of the route per day in forward and reverse directions, km	30	30
Height of the starting point of the route above sea level, m	1500	1500
Height of the final point of the route above sea level, m	3750	3750
Minimum cargo weight, kg	100	103
Maximum mass of cargo, kg	120	123
Duration of crossing, h	5	5
Duration of rest on the route in forward direction, min	40	40
Duration of travelling, on average	~4 h 30 min	~4 h 30 min

учитывать совокупный вес груза и всадника, который не должен превышать 15% от массы тела лошади. Эти сведения были получены от руководителя КФХ «Каныкей», они основаны на результатах многолетней практики использования лошадей для доставки грузов на высокогорное стойбище.

Считаем объективно установленным, что использование показателя «Обхват груди» для расчетного определения живой массы лошадей вполне может быть внедрен и использован для дозирования нагрузки. В хозяйстве «Каныкей» планируется применять указанный метод, но с поправкой на условия местности и ландшафта.

Экономическая целесообразность рабочепользовательского коневодства предусматривает возможно более раннюю объективную оценку потенциальной способности молодых лошадей к выполнению тяжелой работы, желательно – до начала специальной подготовки и тренировки. Известно, что количественные значения ряда показателей крови могут варьировать в определенных пределах под влиянием внутренних и внешних воздействий. Это дает основание рассматривать их в качестве маркеров функциональной достаточности систем дыхания, крови, кровообращения и использовать для дозирования нагрузки рабочих и спортивных лошадей [13].

Расчетная нагрузка на лошадь в зависимости от ее живой массы в КХ «Каныкей»

Кличка лошади	Обхват груди, см	Расчетная масса тела лошади, кг	Масса тела лошади (взвешиванием), кг	Разница между расчетной и фактической массой тела, %	Нагрузка, % от массы тела, кг			
					15	20	25	35
Тигран	191	526	551	-4,5	82,65	110,2	137,75	192,85
Шумкар	194	544	564	-3,5	84,6	112,8	141	197,4
Монгол	201	586	598	-2,0	89,7	119,6	149,5	209,3
Михаил Тигранович	190	520	500	4,0	75	100	125	175
Гуль-Сары	188	508	498	2,0	74,7	99,6	124,5	174,3
Мария	187	502	475	5,7	71,25	95	118,75	166,25

Table 3

Estimated load on a horse depending on its live weight at the farm “Kanykei”

Horse nickname	Heart girth, cm	Calculated horse body weight, kg	Horse body weight (by weighing), kg	Difference between calculated and actual body weight, %	Load, % of body weight, kg			
					15	20	25	35
Tigran	191	526	551	-4.5	82.65	110.2	137.75	192.85
Shumkar	194	544	564	-3.5	84.6	112.8	141	197.4
Mongol	201	586	598	-2.0	89.7	119.6	149.5	209.3
Mikhail Tigranovich	190	520	500	4.0	75	100	125	175
Gul'-Sary	188	508	498	2.0	74.7	99.6	124.5	174.3
Mariya	187	502	475	5.7	71.25	95	118.75	166.25

Для оценки содержания кислорода в крови было выполнено определение оксигенации крови и величины пульса у всех рабочих лошадей крестьянского хозяйства «Каныкей», а также у потенциально пригодных молодых, из числа которых планировалось отобрать животных для специальной подготовки по транспортировке грузов в условиях высокогорья.

В таблице 4 приведены сведения о результатах обследования рабочих лошадей и перспективного молодняка в КХ «Каныкей».

Таким образом, 5 из 6 рабочих лошадей хозяйства (83,3%) могут быть использованы для выполнения работ по перемещению грузов в условиях высокогорья.

На основании анализа материала таблицы 4 получено основание для исключения из категории рабочих лошадей жеребца по кличке Михаил Тигранович, поскольку показатели оксигенации крови значительно снижены по сравнению с нормой,

что указывает на неспособность обеспечения потребности тканей в кислороде. У этого жеребца одновременно выявлена тахикардия в покое, что следует рассматривать как свидетельство компенсации сердечной недостаточности кровообращения. В числе нежелательных изменений отмечали также общее недомогание лошади, слабость мышц, судорожные их сокращения, а также отек подгрудка и снижение аппетита.

Значения оксигенации крови и пульса у 4 из 5 обследованных молодых лошадей (80%) соответствуют норме, что дает основание прогнозировать успех специальной подготовки для длительных переходов с грузом в горной местности. У молодой кобылы по кличке Лилия уже в состоянии покоя выявлены сниженное значение напряжения кислорода в артериальной крови и повышение пульса, что указывает на недостаточность дыхательной функции и не позволяет рассчитывать на успех специальных тренировок для подготовки к работе в горах.

Таблица 4

Результаты определения оксигенации крови и пульса у лошадей в КХ «Каныкей»

Кличка, пол	Возраст, лет	Оксигенация крови, %	Пульс, уд/мин
Взрослые лошади			
Тигран ♂	9	96,4±1,48	67,0±2,08
Шумкар ♂	6	98,4±1,69	55,4±1,97
Монгол ♂	6	96,0±1,53	61,6±2,21
Михаил Тигранович ♂	5	87,4±2,68	122,4±5,73
Гуль-Сары (♀)	5	97,0±1,53	80,8±1,57
Мария (♀)	4	95,4±1,24	68,0±0,00
Молодые лошади			
Принц ♂	2	97,4±0,73	66,6±1,88
Батыр ♂	2	97,6±1,10	67,0±1,00
Дамир ♂	2	94,8±0,68	68,6±0,73
Миледи (♀)	2	98,0±0,58	66,2±1,57
Лилия (♀)	2	91,6±1,24	87,8±2,48

Table 4

Results of blood oxygenation and pulse rate determination in horses at the farm “Kanykei”

Nickname, sex	Age, years	Blood oxygenation, %	Pulse rate, bpm
Mature horses			
Tigran ♂	9	96.4±1.48	67.0±2.08
Shumkar ♂	6	98.4±1.69	55.4±1.97
Mongol ♂	6	96.0±1.53	61.6±2.21
Mikhail Tigranovich ♂	5	87.4±2.68	122.4±5.73
Gul'-Sary (♀)	5	97.0±1.53	80.8±1.57
Mariya (♀)	4	95.4±1.24	68.0±0.00
Young horses			
Prints ♂	2	97.4±0.73	66.6±1.88
Batyr ♂	2	97.6±1.10	67.0±1.00
Damir ♂	2	94.8±0.68	68.6±0.73
Miledi (♀)	2	98.0±0.58	66.2±1.57
Liliya (♀)	2	91.6±1.24	87.8±2.48

В отношении жеребца с выявленными с помощью пульсоксиметра отклонениями в газовом составе крови и показателях пульса был выполнен осмотр ветеринарным врачом районного ветучастка в г. Чолпон-Ата Иссык-Кульского района Республики Кыргызстан, который подтвердил факт недостаточности кровообращения и дыхания. Для уточнения причин выявленных нарушений проведено исследование крови в ветеринарной лаборатории.

Наиболее значительным отклонением от нормы в перечне биохимических показателей сыворотки крови обследованной лошади следует считать повышение активности лактатдегидрогеназы, уменьшение содержания калия, кальция и резкое снижение концентрации хлоридов.

Выявленный факт повышения активности внутриклеточного фермента лактатдегидрогеназы в крови лошади более чем в 3 раза указывает на процессы повреждения клеток (возможно, сердца, печени, скелетных мышц, почек, печени). Считаем возможным исключить гемолиз эритроцитов, при котором повышение активности ЛДГ выражено значительно меньше, чем в данном случае [7, 9, 12].

Признано вариантом нормы умеренное колебание концентрации хлоридов, связанное с их расходом на поддержание рН, осмотического давления внутренней среды и гидростатического давления крови. Но выраженная гипохлоремия обязательно сопровождается нарушением осмотического давления и кислотно-щелочного баланса, обезвоживанием организма, образованием тромбов в сосудах.

Получено основание констатировать у обследуемого жеребца состояние острой хлоридной недостаточности организма (возможные причины – голодание в совокупности с обезвоживанием, диарея и др.). Были также отмечены слабость мышц с редкими конвульсивными движениями, нарушение дыхания, проблемы с пищеварением

и в дальнейшем – полный отказ от корма. У лошади зафиксировано отсутствие стула, прогрессирующие отеки. При развитии изменений существует угроза сдвига рН крови и развития метаболического алкалоза, резких подъемов кровяного давления [6, 10, 15, 16].

В ходе исследований выявлено свидетельство острой нехватки хлора в период, предшествующий дате отбора крови. При этом показатель резервной щелочности указывает на сохранение кислотно-щелочного равновесия, но для обоснованного прогноза требуется определение анионного разрыва (в норме 8-16 ммоль/л) с учетом содержания натрия и бикарбонатов.

Визуально установлены признаки гипокалиемии: аритмичный пульс, тахикардия, мышечная слабость и мышечные подергивания, понижение рефлекторной активности скелетных мышц. Факт замедленной моторики пищеварительной системы и запоры свидетельствуют о нарушении функции гладких мышц. Замечены увеличение диуреза и повышение потребления воды [10, 12, 15, 16].

Хозяевам лошади указано на необходимость неотложных действий по нормализации электролитного расстройства, восстановлению тонуса дыхательной мускулатуры, моторики пищеварительного тракта [12, 15, 16]. Состояние лошади в текущий момент времени не позволяет применять физическую нагрузку. В соответствии с принятой в хозяйстве практикой животное подлежит выведению из категории рабочих лошадей.

В таблице 5 представлены сведения о затратах на ветеринарное обследование и оценку оксигенации крови с использованием пульсоксиметра JZK-301 по ценам Кыргызской Республики (с учетом перевода национальной валюты в рубли РФ), сложившимся в 2021-2022 гг. В стоимость затрат на обслуживание рабочих лошадей входит и оплата труда чабана и конюха – по 15 тыс. руб. Расчет выполнен за минусом затрат на обучение перспективных молодых лошадей.

Таблица 5

Затраты на обследование перспективных молодых лошадей в КХ «Каныкей»

Показатель	Взрослые рабочие лошади (6 гол.)	Молодые перспективные лошади (5 гол.)
Затраты на оценку дыхательной функции крови (стоимость пульсоксиметра)	1500	1500
Затраты на анализ крови в ветеринарной лаборатории	3200	-
Затраты на тренировку 1 лошади, руб.	-	30000
Общая сумма затрат, руб.	4700	1500
Затраты на 1 гол., руб.	783,3	300

Table 5

Costs of equine examinations at the equestrian sports club (at the farm “Kanykei”)

Indicator	Mature working horses (6 head)	Young promising horses (5 head)
Costs of blood respiratory function assessment (cost of a pulse oximeter)	1500	1500
Costs for blood analysis in a veterinary laboratory	3200	-
Costs for training of one horse, rub.	-	30000
Total costs, rub.	4700	1500
Costs for one horse, rub.	783.3	300

Стоимость прибора пульсоксиметр JZK-301 составила 3000 руб. – это однократная трата. Трудоемкость процедуры определения оксигенации крови не учитывали, так как ее выполнили авторы данной работы и волонтеры.

Сложившаяся сумма денежных средств на оплату исследования одной рабочей лошади составила 783,3 руб., а 1 гол. ремонтного молодняка – 300 руб. Затраты на подготовку рабочей лошади включают в себя оплату труда конюха-тренера в течение 10-12 мес. (групповые занятия); на 1 лошадь за время тренировки для работы в горной местности затраты составляют в среднем 30000 руб.

Результаты расчетов затрат на обследование молодых лошадей позволяют определить удорожание их содержания на 300 руб., но данное исследование показало нецелесообразность затрат на тренировку кобылы по кличке Лилия. После выявления сниженных показателей оксигенации крови у этой лошади принято решение не осуществлять ее подготовку для работы и перевести в категорию оторма.

Считаем использование пульсоксиметра для первичной оценки потенциальной возможности лошадей выполнять тяжелую работу в условиях высокогорья экономически оправданным.

Список источников

1. Быстрыкова М.С., Зарудная Е.Н. Влияние рациона кормления на биохимический профиль крови лошадей // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2019. № 1. С. 227-229.
2. Войнова О.А., Ксенофонтова А.А. Биохимический состав крови молодняка лошадей с разным социальным статусом // *Доклады ТСХА: Сборник статей* (Москва, 2-4 декабря 2020 г.). Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. Вып. 293. Ч. I. С. 361-363.
3. Антонец Д.А., Федотова А.С., Пенькова А.А. и др. Гематологические изменения крови верховых спортивных лошадей под влиянием физической нагрузки // *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: Сборник материалов Международной научно-практической*

**Выводы
Conclusions**

Комплекс результатов, полученных в ходе проведенных исследований, дает основание для следующих выводов.

1. Метод и формула Маторина могут быть ограниченно применены для дозирования нагрузки рабочих лошадей в условиях высокогорья: расчетная нагрузка не должна превышать 15% от массы тела лошади.

2. Использование пульсоксиметра позволяет объективно оценить состояние дыхательной функции крови рабочих лошадей, а также выявить перспективный молодняк для специальной подготовки по транспортировке грузов в условиях высокогорья.

3. Состояние одного рабочего жеребца и одной молодой кобылы в текущий момент времени не позволяет применять физическую нагрузку.

4. Использование пульсоксиметра JZK-301 для первичной оценки потенциальной возможности лошадей выполнять тяжелую работу в условиях высокогорья является экономически оправданным.

References

1. Bystryakova M.S., Zarudnaya E.N. Influence of feeding diet on the biochemical profile of blood of horses. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2019;1:227-229. (In Russ.)
2. Voynova O.A., Ksenofontova A.A. Biochemical composition of the blood of young horses with different social status. Reports of RSAU – MTAA: Collection of articles (Moscow, December 2-4, 2020). Moscow: RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva, 2021;293:361-363. (In Russ.)
3. Antonevich D.A., Fedotova A.S., Pen'kova A.A. et al. Hematological changes in the blood of riding sports horses under the influence of physical activity. Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial sector: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists (Penza, March 24-26,

конференции молодых ученых (г. Пенза, 24-26 марта 2021 г.). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. Т. II. С. 168-170.

4. Лихоман А.В., Усенко В.В., Тарабрин И.В. и др. Животноводство Краснодарского края: проблемы и тенденции // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 164. С. 114-127.

5. Красильникова Е.О. Биохимические показатели крови лошади в зависимости от рациона // *Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета*. 2018. № 1. С. 196-198.

6. Кубарко А.И. Микроциркуляция и оксигенация крови в легких // *Здравоохранение*. Минск, 2019. № 12. С. 34-46.

7. Литвиненко С.Н., Войнов В.Б. Показатели оксигенации крови и суточного мониторинга ЭКГ в процессе высокогорного восхождения // *Актуальные проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI века: Материалы Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием (Москва, 10-26 апреля 2017 г.)*. Москва: Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, 2017. С. 173-178.

8. Лобанова В.Р., Анникова Л.В. Влияние физических нагрузок на показатели крови лошадей // *Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса* (Саратов, 1-2 ноября 2018 г.). Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2018. С. 142-144.

9. Ондар Р.Р. Гематологические показатели крови лошадей // *Сельскохозяйственные науки: Материалы 56-й Международной научной студенческой конференции (г. Новосибирск, 22-27 апреля 2018 г.)*. Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2018. С. 54-55.

10. Литвинов Р.Д., Баюров Л.И., Усенко В.В., Тарабрин И.В. Постродовая тетания у домашних животных // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых (г. Краснодар, 24-26 ноября 2015 г.) / Отв. за выпуск А.Г. Кошчаев*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. С. 157-158.

11. Сколько весит лошадь. Формула Маторина: электрон. текстовые, граф. дан. – Режим доступа: <https://seloiferma.ru>.

12. Усенко В.В., Дикарев А.Г., Алмабеков А.А. Использование анализа крови для дозирования нагрузки лошади // *Инновационные подходы к повышению продуктивности сельскохозяйственных животных: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина (г. Краснодар, 16 декабря 2021 г.)*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 350-355.

13. Усенко В.В., Михайлова Л.Б. Оценка перспектив лошадей в конно-спортивном комплексе // *Современное состояние животноводства: проблемы и пути их решения: Материалы Международной научно-практической*

2021). Пенза: Penzenskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet, 2021;2:168-170. (In Russ.)

4. Likhoman A.V., Usenko V.V., Tarabrin I.V. et al. Animal husbandry of the Krasnodar region: problems and trends. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2020;164:114-127. (In Russ.)

5. Krasil'nikova E.O. Biochemical parameters of horse blood depending on diet. *Vestnik molodezhnoy nauki Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;1:196-198. (In Russ.)

6. Kubarko A.I. Microcirculation and oxygenation of blood in the lungs. *Zdravookhranenie (Minsk)*. 2019;12:34-46. (In Russ.)

7. Litvinenko S.N., Voynov V.B. Indicators of blood oxygenation and daily ECG monitoring during high-altitude climbing. Current problems of biochemistry and bioenergetics of sports of the 21st century: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference with International Participation (Moscow, April 10-26, 2017). Moscow: Rossiyskiy gosudarstvenniy universitet fizicheskoy kul'tury, sporta, molodyozhi i turizma, 2017:173-178. (In Russ.)

8. Lobanova V.R., Annikova L.V. Influence of physical activity on the blood parameters of horses. Modern problems and prospects for the development of the agro-industrial sector (Saratov, November 1-2, 2018). Saratov: Saratovskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet im. N.I. Vavilova, 2018:142-144. (In Russ.)

9. Ondar R.R. Hematological parameters of horse blood. Agricultural Sciences: Proceedings of the 56th International Scientific Student Conference (Novosibirsk, April 22-27, 2018). Novosibirsk: Novosibirskiy natsional'niy issledovatel'skiy gosudarstvenniy universitet, 2018:54-55. (In Russ.)

10. Litvinov R.D., Bayurov L.I., Usenko V.V., Tarabrin I.V. Postpartum tetany in domestic animals. Scientific support of the agro-industrial sector: Collection of articles based on the materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists (Krasnodar, November 24-26, 2015). Ed. by A.G. Koshchaev. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet, 2016:157-158. (In Russ.)

11. How much does a horse weigh? Matorin formula: electron. text, graph. Data. (In Russ.) URL: <https://seloiferma.ru>

12. Usenko V.V., Dikarev A.G., Almabekov A.A. Using a blood test to dose a horse's load. Innovative approaches to increasing the productivity of farm animals: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (Krasnodar, December 16, 2021). Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet imeni I.T. Trubilina, 2021:350-355. (In Russ.)

13. Usenko V.V., Mikhaylova L.B. Assessing the prospects of horses in the equestrian sports complex. Current state of animal husbandry: problems and ways to solve them: Proceedings of the International

конференции (г. Саратов, 21-23 марта 2018 г.). Саратов: ООО «Орион», 2018. С. 331-332.

14. Усенко В.В., Тарабрин И.В. Результаты мониторинга показателей отрасли агротуризма в крестьянском (фермерском) хозяйстве // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г (г. Краснодар, 29 марта 2017 г.)*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. С. 273-274.

15. Ушаков А.О., Ковалев С.П. Возрастная динамика активности щелочной фосфатазы и гамма-глутамилтрансферазы в крови лошадей // *Актуальные вопросы ветеринарной медицины: Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедр клинической диагностики, внутренних болезней животных им. Синева А.В., акушерства и оперативной хирургии*. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. С. 131-133.

16. Ушенина А.В. Биохимические показатели крови лошадей в связи с функциональным состоянием // *Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: Электронный сборник статей по материалам LXIII Международной студенческой научно-практической конференции: Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга»*, 2018. Т. 4 (62). С. 52-57.

Сведения об авторах

Иван Владимирович Тарабрин, канд. биол. наук, доцент кафедры, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: tarabrin.i@kubsau.ru

Валентина Владимировна Усенко, канд. биол. наук, доцент кафедры, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: valentinader@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 09.02.2023
Одобрена после рецензирования 13.12.2023
Принята к публикации 20.12.2023

Scientific and Practical Conference (Saratov, March 21-23, 2018). Saratov: ООО "Orion", 2018:331-332. (In Russ.)

14. Usenko V.V., Tarabrin I.V. Results of monitoring the indicators of the agrotourism industry in peasant (farm) farming. Scientific support of the agro-industrial sector: Collection of articles based on the materials of the 72nd Scientific and Practical Conference of Teachers Based on the Results of Research for 2016 (Krasnodar, March 29, 2017). Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet imeni I.T. Trubilina, 2017:273-274. (In Russ.)

15. Ushakov A.O., Kovalev S.P. Age-related dynamics of alkaline phosphatase and gamma-glutamyl transferase activity in the blood of horses. Current issues in veterinary medicine: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the Departments of Clinical Diagnostics and Internal Animal Diseases, Obstetrics and Operative Surgery named after. A.V. Sinev. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvenniy universitet veterinarnoy meditsiny, 2022:131-133. (In Russ.)

16. Ushenina A.V. Biochemical parameters of the blood of horses in connection with the functional state. Scientific community of students of the XXI century. Natural Sciences: Electronic collection of articles based on the materials of the LXIII International Student Scientific and Practical Conference. Assotsiatsiya nauchnykh sotrudnikov "Sibirskaya akademicheskaya kniga", 2018;4(62):52-57. (In Russ.)

Information about the authors

Ivan V. Tarabrin, CSc (Bio), Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (13, Kalinina Str., Krasnodar, 350044, Russian Federation); e-mail: tarabrin.i@kubsau.ru

Valentina V. Usenko, CSc (Bio), Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (13, Kalinina Str., Krasnodar, 350044, Russian Federation); e-mail: valentinader@yandex.ru

The article was submitted to the editorial office 09 Feb 2023
Approved after reviewing 13 Dec 2023
Accepted for publication 20 Dec 2023

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.52/.58:636.084

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-81-86>



Оценка влияния применения кормовой добавки на основе хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) на продуктивность кур кросса Ломан Браун

Игорь Геннадьевич Рязанов¹, Андрей Петрович Коновалов², Ирина Игоревна Цепилова¹

¹ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия

Автор, ответственный за переписку: Андрей Петрович Коновалов, a.konovalov@rgaumcxa.ru

Аннотация

В статье приводятся результаты изучения воздействия кормовой добавки «Альгобустер» на основе хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) на продуктивность кур-несушек кросса Ломан Браун. Исследования были проведены в условиях крестьянско-фермерского хозяйства, расположенного в Ленинском районе Московской области. Эксперимент проводился на трех группах (по 15 гол. в каждой группе) кур-несушек в возрасте 200 дней. В первой опытной группе на протяжении 60 дней «Альгобустер» выпаивали индивидуально каждой птице в дозе 2 мл в сутки, во второй группе – по 4 мл в сутки. Контрольная группа не получала препарат. Результаты опыта показали, что за счет ввода добавки у кур-несушек повышалась яйценоскость: в первой опытной группе было дополнительно получено на 30 яиц больше относительно контроля, а во второй опытной группе – на 69 яиц больше. Таким образом, применение кормовой добавки «Альгобустер» в дозировке 4 мл/гол. позволило получить экономический эффект за счет повышения продуктивности кур-несушек при увеличении прибыли на 42 руб.

Ключевые слова

куры-несушки, питание птиц, водоросли, хлорелла, яичная продуктивность, экономическая эффективность, кросс Ломан Браун, кормовая добавка «Альгобустер»

Для цитирования

Рязанов И.Г., Коновалов А.П., Цепилова И.И. Оценка влияния применения кормовой добавки на основе хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) на продуктивность кур кросса Ломан Браун. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1(4). С. 81-86. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-81-86>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-81-86>



Evaluation of the effect of a chlorella-based feed additive (*Chlorella vulgaris* Beijer) on the productivity of Loman Brown cross laying hens

Igor G. Ryazanov¹, Andrey P. Konovalov², Irina I. Tsepilova¹

¹ Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA by K.I. Scriabin, Moscow, Russia

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Andrey P. Konovalov; a.konovalov@rgaumcxa.ru

Abstract

The article presents the results of the study of the effect of the feed additive “Algobooster” based on chlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer) on the productivity Loman Brown cross laying hens. The research was carried out in the conditions of a peasant farm located in the Leninsky district of the Moscow region. The experiment was carried out on three groups (15 birds in each group) of 200-day-old laying hens. In the first experimental group, Algobooster was given to each bird individually for 60 days at a dose of 2 ml per day, and in the second group – 4 ml per day. The control group received no additive. The results of the experiment showed that the introduction of the additive increased the egg production of laying hens: in the first experimental group, 30 additional eggs were obtained in comparison with the control, and in the second experimental group, 69 additional eggs were obtained. Thus, the use of the feed additive “Algobooster” in the dosage of 4 ml/head made it possible to achieve an economic effect by increasing the productivity of laying hens with an increase in profit of 42 rubles.

Keywords

laying hens, bird nutrition, algae, chlorella, egg production, economic efficiency, Loman Brown cross, feed additive "Algobuster"

For citationRyazanov I.G., Kononov A.P., Tsepilova I.I. Evaluation of the effect of a chlorella-based feed additive (*Chlorella vulgaris* Beijer) on the productivity of Loman Brown cross laying hens. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):81-86. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-81-86>**Введение
Introduction**

Птицеводство – одна из самых востребованных отраслей в агропромышленном комплексе, основывающаяся на разведении и содержании различной домашней птицы, получении от нее яиц, мяса и продуктов переработки. Все птицеводческие предприятия, хозяйства и фермы подразделяются по направлениям в зависимости от получаемой продукции. Мясо-яичное направление – получение от птицы одновременно мяса и яиц [1, 14].

Помимо содержания и моциона, важнейшим фактором, оказывающим влияние на продуктивность птицы, является кормление [7, 15]. В настоящее время происходят изменения в кормовой базе, что вынуждает корректировать рацион сельскохозяйственной птицы. Приходится прибегать к использованию новых ферментов, адсорбентов, антиоксидантов, синтетических препаратов аминокислот, каротиноидов [6, 12].

Большинство из этих компонентов являются дорогостоящими, их хранение краткосрочно и имеет ограничения, что повышает себестоимость яиц и мяса [13].

Особое внимание следует уделять птице высокопродуктивных пород и кроссов, так как затраты питательных веществ на формирование яйца у них являются весьма высокими [8]. В связи с этим для улучшения кормовой базы и полноценности рационов возможно использование нетрадиционных кормов в виде различных кормовых добавок и кормовых комплексов. Эти препараты позволяют регулировать и улучшать обменные процессы в организме и при той же кормовой базе получать более высокие показатели [3, 4].

Научный и практический интерес представляет изучение эффективности применения новой кормовой добавки «Альгобустер» на основе водорослей из рода хлорелла, богатых витаминами, минеральными веществами, аминокислотами, что так необходимо птице. Питательная ценность по протеину у хлореллы в 2 раза выше, чем у сои (1 кг хлореллы приравнивается к 4-5 кг сои), а по содержанию минеральных веществ она имеет преимущество перед люцерной и клевером в 6-10 раз [2, 5, 9]. Также эта водоросль синтезирует антибиотик под названием хлореллин, который противодействует стрептококкам, стафилококкам, кишечной палочке, и в меньшей степени – другим возбудителям опасных инфекционных болезней [10, 11].

Цель исследований: научно-практическое обоснование применения кормовой добавки «Альгобустер» (производитель – ООО «Альготек Грин Технолоджи», Россия, Москва) на основе водорослей из рода хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для повышения продуктивности кур-несушек в условиях крестьянско-фермерского хозяйства.

**Методика исследований
Research method**

Объектом исследований была кормовая добавка дополнительного питания «Альгобустер», содержащая в своем составе водоросли рода хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Кормовую добавку «Альгобустер» применяли на яичных курах (кросс «Ломан Браун»). Содержание птицы выгульное, напольное. Выпойка препарата производилась индивидуально каждой птице согласно инструкции по применению [7, 11].

Для эксперимента были отобраны птицы в возрасте 200 дней и сформированы 3 группы по 15 гол. в каждой. Контрольная группа получала основной рацион, принятый в хозяйстве, без применения кормовой добавки. Опытные группы кур получали кормовую добавку на основе хлореллы в дозе 2 мл и 4 мл соответственно на 1 гол. в сутки на протяжении 60 дней. Птица содержалась в разных секциях, кормление и поение были одинаковыми и не отличались от обычной схемы. Один раз в неделю проводилось взвешивание кур в каждой группе на электронных весах модели Veit VAT1. Яйца, полученные от каждой группы, взвешивались ежедневно на весах марки Rolaris [5, 13, 15]. Схема опыта представлена в таблице 1.

Расчет экономической эффективности применения кормовой добавки «Альгобустер» производился с учетом количества полученных в результате эксперимента яиц относительно контрольной группы, а также с учетом затрат на корм и кормовой добавки [14].

Для расчетов использовались формулы:

$$A_1 = \frac{b_1 \cdot c}{p} - \frac{b_0 \cdot c}{p}, \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{b_2 \cdot c}{p} - \frac{b_0 \cdot c}{p}, \quad (2)$$

где A_1 – разница от продажи яиц от контрольной группы и 1-й опытной группы; A_2 – разница от продажи яиц от контрольной группы и 2-й опытной

группы; b_0 – количество яиц, полученных от контрольной группы за 2 месяца; b_1 – количество яиц, полученных от 1-й опытной группы за 2 месяца; b_2 – количество яиц, полученных от 2-й опытной группы за 2 месяца; c – стоимость десятка яиц; p – количество яиц в одной упаковке.

Результаты исследований обработаны с использованием современной компьютерной техники и программного продукта Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Результаты определения живой массы кур-несушек представлены в таблице 2.

В результате исследований было установлено, что прирост живой массы кур между контрольной и опытными группами на конец эксперимента составил 1%. Было также отмечено отсутствие

Таблица 1

Схема применения кормовой добавки «Альгобустер»

Группа	Количество кур, гол.	Дозировка «Альгобустер», мл
Контрольная	15	Без применения «Альгобустер»
1-я опытная	15	«Альгобустер» – 2 мл/гол/сутки
2-я опытная	15	«Альгобустер» – 4 мл/гол/сутки

Table 1

Scheme for using the feed additive “Algobooster”

Group	Number of hens, birds	Algobooster dosage, ml
Control	15	Without “Algobooster”
1st experimental	15	“Algobooster” – 2 ml/ bird/day
2st experimental	15	“Algobooster” – 4 ml/ bird/day

Таблица 2

Живая масса кур-несушек на начало и конец применения кормовой добавки «Альгобустер»

Группа	Живая масса кур, кг		
	30 дней	60 дней	Разница, %
Контроль	25,86	25,88	0,06
Опытная группа 1	25,91	26,21	1,16
Опытная группа 2	26,04	26,35	1,20

Table 2

Live weight of laying hens at the beginning and end of application of the feed additive “Algobooster”

Group	Live weight of hens (kg), $X \pm m_x$		
	30 days	60 days	Difference, %
Control	25.86 ± 0.87	25.88 ± 0.87	0.06
1st experimental	25.91 ± 0.78	26.21 ± 0.81	1.16
2st experimental	26.04 ± 0.79	26.35 ± 0.80	1.20

* $p \leq 0.05$

случаев изменения от нормы физиологического состояния птицы в опытных группах, хотя в контрольной группе были выявлены серьезные истечения из носовой полости у 3 птиц.

Результаты качественных и количественных показателей яиц контрольной и опытных групп представлены в таблице 3.

Разница в количестве яиц, полученных от контрольной, 1-й и 2-й опытных групп, составила 30 и 69 шт. соответственно.

Расчет экономической эффективности применения кормовой добавки водорослей хлорелла производился с учетом количества полученных в результате эксперимента яиц относительно контрольной группы

Яйца в данном хозяйстве не реализуются, и поэтому стоимость от их продажи взята с расчетом на среднюю розничную реализационную цену в торговых точках Москвы и Московской области (супермаркеты, продуктовые магазины, рынки) и составляет 100 руб. за десяток яиц.

Расход комбикорма за период опыта (60 дней) в каждой группе несушек составил 112,38 кг на сумму 4032 руб. Расход кормовой добавки водорослей хлорелла в 1-й и 2-й опытных группах составил 1,8 л (324 руб.) 3,6 л (648 руб.) соответственно. Следовательно, стоимость затрат на корма и полученного дохода от реализации яиц опытных групп в сравнении с контролем составила в 1-й группе 24 руб., а во 2-й группе – +42 руб.

Таблица 3

Продуктивность контрольной и опытных групп на начало и конец применения кормовой добавки «Альгобустер»

Показатель	Группа		
	Контроль	Опытная 1	Опытная 2
Количество кур, гол.	15	15	15
Сохранность, %	100	100	100
Получено яиц всего	645	675	714
Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	43	45	50
Затраты на корм, руб.	4032	4032	4032
Затраты на добавку, руб.	-	324	648
Доход от реализации яиц, руб.	2418	2394	2460
Разница с контролем, руб.	-	-24	+42

Table 3

Productivity of the control and experimental groups at the beginning and end of the use of the feed additive «Algobooster»

Indicator	Group		
	Control	1st experimental	2st experimental
Number of hens, birds	15	15	15
Survivability, %	100	100	100
Eggs received	645	675	714
Egg production per average laying hen, pcs.	43	45	50
Feed costs, rub.	4032	4032	4032
Costs for the additive, rub.	-	324	648
Income from the sale of eggs, rub.	2418	2394	2460
Difference with the control group, rub.	-	-24	+42

Выводы Conclusions

Результаты исследований показали влияние применения кормовой добавки «Альгобустер» при выпаивании курам-несушкам кросса Ломан Браун. Так, в сравнении с контрольной группой в 1-й и 2-й опытных группах было дополнительно получено на 30 и 69 яиц больше. В связи с этим экономический эффект проведенного опыта показал увеличение прибыли от использования кормовой

добавки «Альгобустер» за счет повышения продуктивности кур-несушек при дозировке 4 мл на 1 гол. +42 руб.

Таким образом, введение в рацион кормовой добавки «Альгобустер» положительно повлияло на яичную продуктивность кур-несушек, что в свою очередь влияет на экономическую эффективность производства пищевых яиц. Полученные результаты позволяют рекомендовать Альгобустер к применению в условиях крестьянско-фермерских хозяйств.

Список источников

1. Богданов Н.И. Хлорелла – новый уровень повышения резервных возможностей животноводства // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2007. № 2. С. 38-40.
2. Брюхова И.Е. Анализ развития отрасли «Птицеводство» // *Экономика и общество в условиях пандемии: взгляд молодых: Сборник статей и тезисов докладов XVII национальной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием*, Челябинск, 16 февраля 2021 г. – Челябинск: Издательство «Перо», 2021. С. 43-48.
3. Горлов И.Ф., Фролова М.В. Влияние суспензии хлореллы, выращенной на различной питательной среде, на интенсивность роста молодняка свиней // *Пути интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции в современных условиях: Материалы Международной научно-практической конференции: В 2 ч.* Волгоград, 28-29 июня 2012 г. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2012. С. 141-143.
4. Зухрабова Л.М., Галиева А.М. Оптимизация биотехнологии выращивания хлореллы в лабораторных условиях // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2014. № 217. С. 99-102.
5. Карапетян А.К., Николаев С.И. Использование премиксов «Кондор» и «Волгавит» в птицеводстве // *Главный зоотехник*. 2012. № 6. С. 43-48.
6. Кочиш И.И., Сурай П.Ф., Романов М.Н. и др. Методические рекомендации по применению основ технологии кормления яичных кур, обеспечивающей высокий процент реализации их генетического потенциала продуктивности. Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2019. 72 с.
7. Кочиш И.И., Романов М.Н., Мясникова О.В. и др. Практические рекомендации по применению кормовых добавок для улучшения продуктивности и стрессоустойчивости яичной птицы. Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2019. 48 с.
8. Кочиш И.И., Капитонова Е.А., Никонов И.Н., Селина М.В. Оценка действия аутоштаммов молочнокислых бактерий на продуктивность цыплят-бройлеров // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2020. № 11. С. 42-48. <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.202011007>

References

1. Bogdanov N.I. Chlorella – a new level of increasing reserve capacity of livestock production. *Fish Breeding and Fisheries*. 2007;2:38-40. (In Russ.)
2. Bryukhova I.E. Analysis of the development of the Poultry industry. Economy and society in a pandemic: the view of the young: Collection of articles and abstracts of the XVII National Scientific and Practical Conference of Students, Undergraduates and Graduate Students with International Participation, Chelyabinsk, February 16, 2021. Chelyabinsk: Izdatel'stvo "Pero", 2021:43-48. (In Russ.)
3. Gorlov I.F. Effect of a suspension of chlorella grown on various nutrient media on the growth rate of young pigs. Ways to intensify the production and processing of agricultural products in modern conditions: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference: At 2 o'clock. Volgograd, June 28-29, 2012. Volgograd: Volgogradskiy gosudarstvenniy tekhnicheskii universitet, 2012:141-143. (In Russ.)
4. Zukhrabova L.M., Galieva A.M. Optimization of biotechnology of cultivation of chlorella in the laboratory. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman*. 2014;217:99-102. (In Russ.)
5. Karapetyan A.K., Nikolaev S.I. Use of "Condor" and "Volvavit" premixes in poultry farming. *Glavniy zootekhnik*. 2012;6:43-48. (In Russ.)
6. Kochish I.I., Suray P.F., Romanov M.N. et al. *Methodological recommendations on the application of the basic technology of feeding egg-laying chickens, ensuring a high percentage of the realization of their genetic productivity potential*. Moscow: Sel'skokhozyaystvennye tekhnologii, 2019:72. (In Russ.)
7. Kochish I.I., Romanov M.N., Myasnikova O.V. et al. *Practical recommendations on the use of feed additives to improve productivity and stress resistance of egg birds*. Moscow: Sel'skokhozyaystvennye tekhnologii, 2019:48. (In Russ.)
8. Kochish I.I., Kapitonova E.A., Nikonov I.N., Selina M.V. Assessment of the effect of auto strains of lactic bacteria on the productivity of broiler chickens. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. 2020;11:42-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.202011007>

9. Кочиш И.И., Никонов И.Н., Селина М.В. Моделирование процессов взаимодействия микроорганизмов в кишечнике кур // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022. № 4. С. 23-34. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202204003>

10. Мельников С.С., Мананкина Е.Е. Хлорелла. Физиологически активные вещества и их использование: книга. Минск: Наука і техника, 1991. С. 77.

11. Плутахин Г.А., Мачнева Н.Л., Кошчаев А.Г. Хлорелла и ее применение в птицеводстве // *Птицеводство*. 2011. № 5. С. 23-25.

12. Подобед Л.И., Кочиш И.И., Сурай П.Ф. и др. *Оперативный контроль и коррекция кормления высокопродуктивной птицы*: учебное пособие. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2020. 419 с. EDN: FRTOII

13. Царенко П.П., Васильева Л.Т. *Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы*: Учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 280 с.

14. Чертков Д.Д., Колосов Ю.А. *Технология производства продукции птицеводства*: Учебник. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет», пос. Персиановский, 2016. 267 с.

15. Чупина Л.В., Реймер В.А., Клемешова И.Ю. *Птицеводство. Кормление сельскохозяйственной птицы*: Учебное пособие. Новосибирск: НГАУ, 2014. 134 с.

9. Kochish I.I., Nikonov I.N., Selina M.V. Modeling the processes of interaction of microorganisms in the intestines of chickens. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. 2022;4:23-34. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202204003>

10. Mel'nikov S.S., Manankina E.E. Chlorella. *Physiologically active substances and their uses*: Textbook. Minsk: Navuka i tekhnika. 1991:77. (In Russ.)

11. Plutaxin G.A., Machneva N.L., Koshhaev A.G. Chlorella in broiler diets. *Ptitsevodstvo*. 2011;05:23-25. (In Russ.)

12. Podobed L.I., Kochish I.I., Suray P.F. et al. *Operational control and correction of feeding of highly productive poultry: a training manual*. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvenniy universitet veterinarnoy meditsiny, 2020:419. (In Russ.)

13. Czarenko P.P., Vasil'eva L.T. *Methods for assessing and improving the quality of poultry eggs*: Textbook. St. Petersburg: Lan', 2022:280. (In Russ.)

14. Chertkov D.D., Kolosov Yu.A. *Poultry production technology*: Textbook. Persianovsky: Donskoy gosudarstvenniy agrarniy universitet, 2016:267. (In Russ.)

15. Chupina L.V., Reymer V.A., Klemeshova I.Yu. *Poultry farming. Feeding poultry*: A manual. Novosibirsk: NGAU, 2014:134. (In Russ.)

Сведения об авторах

Игорь Геннадьевич Рязанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зооигиены и птицеводства имени А.К. Даниловой, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина; 109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23; email: ryazanovig@gmail.com

Андрей Петрович Коновалов, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; email: a.konovlov@rgaumcxa.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7501-9529>

Ирина Игоревна Цепилова, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина; 109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23; email: irenka_c_1987@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7230-6215>

Статья поступила в редакцию 05.12.2023
Одобрена после рецензирования 15.12.2023
Принята к публикации 25.12.2023

Information about the authors

Igor G. Ryazanov, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Animal Hygiene and Poultry Science named after A.K. Danilova, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA by K.I. Scriabin (23, Akademika Skryabina Str., Moscow, 109472, Russian Federation); e-mail: ryazanovig@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2825-5868>

Andrey P. Konovlov, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: a.konovlov@rgaumcxa.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7501-9529>

Irina I. Tsepilova, CSc (Vet), Associate Professor at the Department of Parasitology and Veterinary-Sanitary Examination, candidate of veterinary sciences, associate professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA by K.I. Scriabin (23, Akademika Skryabina Str., Moscow, 109472, Russian Federation); e-mail: irenka_c_1987@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7230-6215>

The article was submitted to the editorial office 05 Dec 2023
Approved after reviewing 15 Dec 2023
Accepted for publication 25 Dec 2023

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья
УДК 796:796.05:796.011: 796.015
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-87-93>



Анализ общей физической работоспособности студентов-киберспортсменов

Игорь Иванович Корнишин, Оксана Алексеевна Петрова, Андрей Борисович Грачев

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

Автор, ответственный за переписку: Оксана Алексеевна Петрова, o.petrova@rgau-msha.ru

Аннотация

В настоящее время киберспорт – соревновательные мероприятия в компьютерных играх – является неотъемлемой частью спортивной культуры. Существует ряд исследований, подтверждающих сходство между классическим спортом и киберспортом, спортсменами и киберспортсменами, матчами в компьютерных играх и физическими упражнениями. Киберспортсмены для улучшения своих результатов используют те же методы, что и классические спортсмены: соблюдение режима дня, четкий график тренировок, наличие тренера и психолога. Наряду с этим существует представление о том, что занятия киберспортом оказывают негативное влияние на физическую форму игроков: гиподинамия, многочасовые ежедневные игровые сессии, однообразные движения малой амплитуды – все это не ассоциируется со здоровым образом жизни. Проведен анализ физической работоспособности 10 мужчин (возраст – от 19 лет до 21 года), занимающихся киберспортом на протяжении 5 лет. В качестве метода исследований был использован Гарвардский степ-тест, представляющий собой подъемы на скамью высотой 50 см для мужчин в течение 5 мин в заданном темпе. До выполнения теста и после него у испытуемых регистрируются такие биологические показатели, как частота сердечных сокращений, артериальное давление и ряд других показателей в течение первых 30 сек. на второй, третьей и четвертой минутах. В итоге установлено, что большинство испытуемых в данной группе показали результаты выше среднего в степ-тесте, физическая работоспособность молодых киберспортсменов находится на достаточно высоком уровне, что противоречит распространенному представлению об их плохой физической форме.

Ключевые слова

киберспорт, киберспортсмены, мужчины, степ-тест, физическая работоспособность

Для цитирования

Корнишин И.И., Петрова О.А., Грачев А.Б. Анализ общей физической работоспособности студентов-киберспортсменов // *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 87-93. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-87-93>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-87-93>



Analysis of general physical performance of students-eSportsmen

Igor I. Kornishin, Oksana A. Petrova, Andrey B. Grachev

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

Corresponding author: Oksana A. Petrova; o.petrova@rgau-msha.ru

Abstract

Nowadays, eSports – competitive activities in computer games – are an integral part of sports culture. There are a number of studies confirming the similarities between traditional sports and eSports, athletes and eSportsmen, computer game play and physical exercise. In order to improve their performance, eSportsmen use the same methods as traditional athletes: following a daily regime, a clear training schedule, having a coach and a psychologist. At the same time, there is a perception that eSports has a negative impact on players' physical fitness: hypodynamia, hours of daily gaming sessions and monotonous low-amplitude movements are not associated with a healthy lifestyle. This study analyzed the physical performance of ten men (aged between 19 and 21) who had been involved in eSports for 5 years. The method used was the Harvard-step test, which requires men to climb a 50 cm high bench at a given speed for 5 minutes. Before and after performing the test, biological indicators such as heart rate, blood pressure and a number of other indicators are recorded for the first 30 seconds, during the second, third and fourth minutes. The results

showed that most of the subjects in this group performed above average on the step test, indicating that the physical performance of young eSportsmen is at a relatively high level, which contradicts the common perception of their poor physical fitness.

Key words

student, step test, physical performance

For citation

Kornishin I.I., Petrova O.A., Grachev A.B. Analysis of general physical performance of students-eSportsmen. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):87-93. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-87-93>

Введение Introduction

Работоспособность человека зависит от уровня его тренированности, степени закрепления рабочих навыков, физического и психического состояния, выраженности мотивации к труду и от других факторов [1]. Различают физическую и умственную работоспособность. Физическая работоспособность является важным показателем тренированности спортсмена и показателем эффективности тренировок. В настоящее время проведено достаточно много исследований по изучению природы утомления, процессов, происходящих при утомлении, влияния утомления на физическое состояние человека и его физическую форму [2, 3].

Ведущие врачи в течение долгого времени утверждали, что интенсивные физические нагрузки не приносят пользы здоровью. Напротив, врачи отмечают, что средняя продолжительность жизни спортсменов меньше, чем у населения, занятого другими видами деятельности. Киберспорт – тоже не исключение. При занятии у студентов могут возникнуть следующие осложнения, связанные со здоровьем [4]:

- синдром «сухого глаза», который характеризуется покраснением и усталостью глаз;
- боли в спине, шее, верхних конечностях;
- синдром «компьютерной мыши» (туннельный синдром), при котором возникает боль или жжение в руке;
- варикозное расширение вен нижних конечностей.

Оценка состояния здоровья человека – достаточно сложный процесс, так как единого критерия, по которому можно судить о здоровье, не существует.

Для оценки состояния здоровья студентов, которые занимаются компьютерным спортом, были проведены исследования и произведен расчет показателей физической работоспособности организма. В наших исследованиях приняли участие 10 мужчин (студентов Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимиразева) из киберспортивных команд, возрастной диапазон которых составлял 19 лет – 21 год. Все студенты занимаются компьютерным спортом более 5 лет, регулярно тренируются и выступают на соревнованиях. Достоверных данных

о вредных привычках или регулярных занятиях классическими видами спорта у испытуемых нет.

Цель исследований: анализ физической работоспособности мужчин (возраст – от 19 лет до 21 года), занимающихся киберспортом на протяжении 5 лет.

Методика исследований Research method

В качестве метода исследований был использован Гарвардский степ-тест [5]. Его суть заключается в подъемах на скамью высотой 50 см для мужчин и 43 см для женщин в течение 5 мин в заданном темпе. Темп восхождения является постоянным и составляет 30 циклов в 1 мин. Каждый цикл состоит из четырех шагов. Темп задается метрономом – 120 ударов в минуту. Если испытуемый не может поддерживать заданный темп, работа прекращается, и фиксируется ее продолжительность. После выполнения теста испытуемый садится в кресло, и регистрируется частота сердечных сокращений (ЧСС) в течение первых 30 сек. второй, третьей и четвертой минут в классическом варианте.

Результаты и их обсуждение Result and discussion

Наибольшее влияние на работу сердечно-сосудистой системы оказывает физическая нагрузка. Увеличение систолического объема сердца и ЧСС приводит к увеличению минутного объема кровообращения (МОК). При тяжелой работе систолический объем увеличивается в 1,5-3 раза (в среднем в 2 раза); основное увеличение МОК происходит за счет увеличения ЧСС. При работе легкой и умеренной интенсивности ЧСС возрастает параллельно с увеличением потребления кислорода, что придает метаболическим процессам работающих мышц аэробный характер. Так происходит до тех пор, пока ЧСС в 1 мин не достигнет показателя 170. Именно до этой частоты существует линейная зависимость между мощностью, затрачиваемой человеком, и ЧСС [1, 6].

В начале эксперимента фиксировали биологические показатели испытуемых в состоянии покоя. Результаты представлены в таблице 1. В наших исследованиях, помимо ЧСС, также измеряли систолическое артериальное давление (сАД),

диастолическое артериальное давление (дАД), пульсовое давление (ПД), систолический объем крови (СОК), минутный объем крови (МОК).

Значения биологических показателей испытуемых после физической нагрузки (Гарвардского экспресс-теста) приведены в таблице 2.

Для удобства сравнения и наглядности результатов вместо расчета трех (или меньшего количества) показателей по отдельности рассчитывается среднее арифметическое значение этих

показателей. Затем рассчитывали показатели индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ) и вегетативный индекс Кердо (ВИК) [7].

ИГСТ рассчитывается по формуле 1:

$$I = (t \times 100) / (f1 + f2 + f3) \times 2, \quad (1)$$

где I – ИГСТ (табл. 3); t – время восхождения (с); f1, f2, f3 – ЧСС за 30 с на второй, третьей, четвертой минутах восстановительного периода.

Таблица 1

Значения биологических показателей студентов в состоянии покоя

№ учащегося	Возраст	ЧСС, уд/30 с	сАД, мм рт. ст.	дАД, мм рт. ст.	ПД, мм рт. ст.	СОК, мл	МОК, л
1	20	34	122	70	52	73	5
2	19	36	116	72	44	68,6	4,9
3	19	32	129	76	53	69,6	4,5
4	21	40	121	68	53	74,1	5,9
5	20	38	132	81	51	65,9	5
6	20	30	125	82	43	61,3	4,8
7	20	39	130	69	61	78,1	6,1
8	20	31	127	76	51	68,9	4,3
9	19	30	119	79	40	62,2	3,7
10	21	37	138	75	63	74,9	5,5

Table 1

Values of biological indicators of the students at rest

No. of the student	Age	Heart rate, beats/30 s	Systolic pressure, mm Hg	Diastolic pressure, mm Hg	Pulse pressure, mm Hg	Systolic discharge, ml	Cardiac output, l
1	20	34	122	70	52	73	5
2	19	36	116	72	44	68.6	4.9
3	19	32	129	76	53	69.6	4.5
4	21	40	121	68	53	74.1	5.9
5	20	38	132	81	51	65.9	5
6	20	20	125	82	43	61.3	4.8
7	20	39	130	69	61	78.1	6.1
8	20	31	127	76	51	68.9	4.3
9	19	20	119	79	40	62.2	3.7
10	21	37	138	75	63	74.9	5.5

Вегетативный индекс Кердо (ВИК) рассчитывали по формуле 2:

$$\text{ВИК} = (1 - (\text{дАД} / \text{ЧСС})) \times 100, \quad (2)$$

где АД (артериальное давление) и ЧСС оцениваются на первой минуте восстановительного периода.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

ВИК в организме спортсменов достаточно адекватно характеризует вагосимпатический баланс: если значение этого индекса больше нуля, то говорят о преобладании симпатических влияний в деятельности вегетативной нервной системы; если меньше нуля, то преобладают парасимпатические влияния; если равен нулю, то это говорит о функциональном равновесии [7].

Таблица 2

Значения биологических показателей студентов после физической нагрузки (Гарвардский степ-тест)

№ учащегося	Возраст	ЧСС, уд/30 с	сАД, мм рт. ст.	дАД, мм рт. ст.	ПД, мм рт. ст.	СОК, мл	МОК, л
1	20	58,6	130	70	60	77	4,5
2	19	55,4	142	76	66	77	4,3
3	19	45,8	129	80	49	64,4	3
4	21	53,8	140	82	58	68,2	3,7
5	20	59,6	136	85	51	63,5	3,8
6	20	58,2	141	79	62	72,6	4,2
7	20	62,6	139	77	62	73,8	4,6
8	20	56	134	81	53	66,9	3,7
9	19	64,2	127	83	44	61,8	4
10	21	61	147	77	70	77,2	4,7

Table 2

Values of biological indicators of the students after physical activity (Harvard-step test)

No. of the student	Age	Heart rate, beats/30 s	Systolic pressure, mm Hg	Diastolic pressure, mm Hg	Pulse pressure, mm Hg	Systolic discharge, ml	Cardiac output, l
1	20	58.6	130	70	60	77	4.5
2	19	55.4	142	76	66	77	4.3
3	19	45.8	129	80	49	64.4	3
4	21	53.8	140	82	58	68.2	3.7
5	20	59.6	136	85	51	63.5	3.8
6	20	58.2	141	79	62	72.6	4.2
7	20	62.6	139	77	62	73.8	4.6
8	20	56	134	81	53	66.9	3.7
9	19	64.2	127	83	44	61.8	4
10	21	61	147	77	70	77.2	4.7

Таблица 3

Оценка результатов уравнения
Гарвардского степ-теста [7]

ИГСТ	Оценка
> 96	Отлично
83-96	Хорошо
68-82	Удовлетворительно
54-67	Ниже среднего
< 54	Плохо

Table 3

Evaluation of the Harvard-step test results [7]

Harvard-step test results	Grade
> 96	excellent
83-96	good
68-82	satisfactory
54-67	below average
< 54	poorly

Таблица 4

Результаты исследования ИГСТ и ВИК

№ учащегося	Время работы, мин	ИГСТ	Оценка	ВИК	Балл
1	5	85,7	Хорошо	40	1
2	5	94,9	Отлично	30	1
3	5	108,7	Отлично	10	3
4	5	95,5	Отлично	20	1
5	3,20	55,9	Плохо	30	1
6	5	85,2	Хорошо	30	1
7	5	120	Отлично	40	1
8	5	93,75	Отлично	30	1
9	4,10	63,8	Ниже среднего	40	1
10	5	82,4	Хорошо	40	1

Table 4

Study of the Harvard-step test results and Kerdo's autonomic index

No. of the student	Operating time, min	Harvard-step test results	Grade	Kerdo's autonomic index	Point
1	5	85.7	well	40	1
2	5	94.9	excellent	30	1
3	5	108.7	excellent	10	3
4	5	95.5	excellent	20	1
5	3.20	55.9	bad	30	1
6	5	85.2	good	30	1
7	5	120	excellent	40	1
8	5	93.75	excellent	30	1
9	4.10	63.8	below average	40	1
10	5	82.4	well	40	1

Дальнейший рост ЧСС сопровождается уменьшением кислородтранспортной функции вследствие уменьшения объема систолического выброса и, следовательно, минутного объема кровообращения. В связи с этим определение физической работоспособности осуществляют при нагрузках, когда ЧСС не превышает 170 в 1 мин [5].

По полученным данным, используя таблицу 4, можно оценить уровень физической работоспособности испытуемых.

У 80% студентов проба проведена согласно указанному в протоколе времени, у 20% она завершена досрочно по субъективным или объективным причинам.

По результатам ИГСТ у киберспортсменов зарегистрированы различные типы физической работоспособности. У 50% испытуемых физическая работоспособность оценена на «Отлично», что свидетельствует о быстром восстановлении организма и отличной физической работоспособности.

Список источников

1. Кондаков Н.С., Авдюшенко С.А. Диагностика физиологических резервов для увеличения эффективности и безопасности тренировочного процесса спортсменов // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019. Т. 38 (S3). С. 85-88. EDN PHLJYM
2. Скларова С.С., Столярова У.А. Современные социологические проблемы студентов в спорте // *Актуальные вопросы гуманитарных и социальных наук: от теории к практике*: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Чебоксары, 5 июня 2023 г. / Чувашский республиканский институт образования Министерства образования и молодежной политики Чувашской Республики. Чебоксары: Общество с ограниченной ответственностью Издательский дом «Среда», 2023. EDN WBFYOU.
3. Ковтун Р.П. Взаимосвязь киберспорта с традиционными видами спорта, его влияние на психическое и физическое здоровье участников // *Региональный вестник*. 2020. № 9 (48). С. 25-27. EDN CSXDAW
4. Поваляева Т.В. Киберспорт как средство и метод физического воспитания студентов // *Гуманитарные науки на службе развития сельского хозяйства и АПК*: Материалы Национальной научно-практической конференции научно-педагогических работников и аспирантов, приуроченной к 110-летию Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, Воронеж, 10 ноября 2022 г. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. EDN WZOWWI.
5. Корягина Ю.В., Нопин С.В., Тер-Акопов Г.Н. и др. Применение современных систем экспресс-диагностики для выявления факторов, лимитирующих функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов // *Современные вопросы биомедицины*. 2019. 3;2 № 7. С. 53-74. EDN CNMBOOK

Показатели вегетативного индекса Кердо у всех студентов положительные. Это свидетельствует о том, что в организме преобладает симпатическая регуляция.

Выводы Conclusions

Из полученных данных следует, что большинство испытуемых в данной группе показали результаты выше среднего в степ-тесте. Кроме того, у всех исследуемых преобладает симпатическое влияние в работе вегетативной нервной системы.

Таким образом, физическая работоспособность молодых киберспортсменов находится на достаточно высоком уровне, что противоречит расхожему представлению о плохой физической форме большинства представителей данной группы.

References

1. Kondakov N.S., Avdushenko S.A. Diagnostics of physiological reserves for increasing the efficacy and safety of the training process of sportsmen. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2019;38(S3):85-88. (In Russ.)
2. Sklyarova S.S., Stolyarova U.A. Modern sociological problems of students in sports. Current issues of the humanities and social sciences: from theory to practice: proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Cheboksary, June 05, 2023. Chuvash Republican Institute of Education of the Ministry of Education and Youth Policy of the Chuvash Republic. Cheboksary: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu "Izdatel'skiy dom "Sreda", 2023:281-283. (In Russ.)
3. Kovtun R.P. The relationship between e-Sports and traditional sports, its impact on the mental and physical health of participants. *Regional'niy vestnik*. 2020;9(48):25-27. (In Russ.)
4. Povalyaeva T.V. ESports as a means and method of physical education of students. Humanities in the service of the development of agriculture and agro-industrial complex: Proceedings of the National Scientific and Practical Conference of Scientific and Pedagogical Workers and Graduate Students, Dedicated to the 110th Anniversary of the Voronezh State Agrarian University Named after Emperor Peter I, Voronezh, November 10, 2022. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvenniy agrarniy universitet im. Imperatora Petra I, 2022: 135-137. (In Russ.)
5. Koryagina Yu.V., Nopin S.V., Ter-Akopov G.N. et al. Application of modern express diagnostic systems for the detection of factors limiting the functional state of elite athletes. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny*. 2019;3;2(7):53-74. (In Russ.)

6. Тинькова Е.Л., Сейфулина Г.В. *Физиология спорта*: Учебник. Ставрополь: Издательство Ставролит, 2019. EDN NZIQJY

7. Фаттахов Р.А., Хасанова Л.Э. Изучение индекса Кердо у пациентов на амбулаторном стоматологическом приеме // *Stomatologiya*. 2018;2:93-94. EDN YYSQJV

Сведения об авторах

Игорь Иванович Корнишин, 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: igorkornishin@rgau-msha.ru

Оксана Алексеевна Петрова, старший преподаватель кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: o.petrova@rgau-msha.ru

Андрей Борисович Грачев, кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры истории, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: agrachev@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 16.11.2023
Одобрена после рецензирования 05.12.2023
Принята к публикации 15.12.2023

6. Tin'kova E.L., Seyfulina G.V. *Physiology of sports*: textbook. Stavropol: Izdatel'stvo Stavrolit, 2019:116. (In Russ.)

7. Fattakhov R.A., Khasanova L.E. Study of the Kerdo's index in patients at an outpatient dental appointment. *Stomatology*. 2018;2:93-94. (In Russ.)

Information about the authors

Igor I. Kornishin, 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: igorkornishin@rgau-msha.ru

Oksana A. Petrova, Senior Lecturer at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: o.petrova@rgau-msha.ru

Andrey B. Grachev, CSc (Hist), Associate Professor, Associate Professor at the Department of History, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: agrachev@rgau-msha.ru

The article was submitted to the editorial office 16 Nov 2023
Approved after reviewing 05 Dec 2023
Accepted for publication 15 Dec 2023

ЗООЛОГИЯ

Оригинальная научная статья
УДК 598.2(470.54/.56+.58)
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-94-106>



**Фауна и население птиц бассейна
среднего течения р. Кара (Полярный Урал, Большеземельская тундра)
по результатам экспедиционных исследований 2017 и 2023 гг.**

**Сергей Валерьевич Рупасов, Екатерина Викторовна Комарова,
Лев Дмитриевич Кильпио, Николай Антонович Мельников,
Татьяна Антоновна Мельникова, Георгий Антонович Трусов,
Ульяна Федоровна Пахлеванова**

Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы», Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Валерьевич Рупасов, sergei_rupasov@mail.ru

Аннотация

В статье приводятся результаты орнитологических исследований, выполненных в бассейне среднего течения реки Кары на границе Полярного Урала и Большеземельской тундры в полевые сезоны 2017 и 2023 гг. Маршрутами были охвачены часть долины среднего течения р. Кары, участки долин рек Хальмершор 2-й, Лядхэйяха, Нярмаяха, Юньяха, Нерусавэйяха, Силоваяха, Хальмер-Ю и прилегающие участки плакоров. Актуальность работы обусловлена фрагментарностью изученности территории и необходимостью мониторинга для более полного выявления орнитофауны относительно труднодоступного района Субарктики. В ходе исследований отмечено 70 видов птиц, в том числе 53 – гнездящиеся или вероятно гнездящиеся. Результаты работы позволили провести инвентаризацию орнитофауны бассейна среднего течения р. Кары, ранее полностью не обследовавшегося. Подтверждено регулярное гнездование в тундровой зоне, вплоть до подзоны типичных тундр, степного луня *Circus macrourus* и сибирской завирушки *Prunella montanella*. Показана стабильность популяций видов, внесенных в Красную книгу РФ: сапсана *Falco peregrinus*, малого лебедя *Cygnus bewickii*. Выявленная разница в фауне и населении птиц одного района в разные годы, сходные по погодным условиям, подтверждает необходимость мониторинга данных показателей в условиях Арктики и Субарктики.

Ключевые слова

Орнитология, орнитофауна, население птиц, Субарктика, Арктика, Полярный Урал, река Кара, Большеземельская тундра, тундровые сообщества

Вклад каждого автора

Сергей Валерьевич Рупасов – 45%; Екатерина Викторовна Комарова – 40%; Лев Дмитриевич Кильпио, Николай Антонович Мельников, Татьяна Антоновна Мельникова, Георгий Антонович Трусов, Ульяна Федоровна Пахлеванова: суммарный вклад – 15%

Для цитирования

Рупасов С.В., Комарова Е.В., Кильпио Л.Д., Мельников Н.А., Мельникова Т.А., Трусов Г.А., Пахлеванова У.Ф. Фауна и население птиц бассейна среднего течения р. Кара (Полярный Урал, Большеземельская тундра) по результатам экспедиционных исследований 2017 и 2023 гг. // *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 94-106. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-94-106>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-94-106>

Fauna and bird population of the basin of the middle reaches of the Kara River (Polar Urals, Bolshezemelskaya tundra) based on to the results of expedition studies in 2017 and 2023

Sergey V. Rupasov, Ekaterina V. Komarova, Lev D. Kilpio, Nikolai A. Melnikov, Tatyana A. Melnikova, Georgy A. Trusov, Ulyana F. Pakhlevanova

Center "On Donskoy" Moscow, Russia

Corresponding author: Sergey V. Rupasov; sergei_rupasov@mail.ru

Abstract

The article presents the results of ornithological studies carried out in the basin of the middle reaches of the Kara River on the border of the Polar Urals and the Bolshezemelskaya tundra in the field seasons of 2017 and 2023. The routes covered a part of the valley of the middle reaches of the Kara River, sections of the valleys of the Halmershor 2nd, Lyadheyakha, Nyarmayakha, Yunyakha, Nerusaveyakha, Silovayakha, Halmer-Yu rivers and adjacent sections of the plakors. The relevance of the work is due to the fragmentary study of the territory and the need for monitoring to better identify the avifauna of a relatively inaccessible area of the Subarctic. During the research, 70 species of birds were recorded, 53 of which were breeding or likely to breed. The results of the work made it possible to carry out an inventory of the avifauna of the middle reaches of the Kara River basin, which had not previously been fully surveyed. Regular nesting in the tundra zone was confirmed down to the subzone of typical tundra, the steppe arrier *Circus macrourus* and the Siberian curlew *Prunella montanella*. The stability of the populations of the species included in the Red Book of the Russian Federation is demonstrated: the peregrine falcon *Falco peregrinus* and the little swan *Cygnus bewickii*. The revealed difference in the fauna and population of birds in the same area in different years with similar weather conditions confirms the necessity of monitoring these indicators in the Arctic and Subarctic.

Keywords

Ornithology, ornithofauna, bird populations, Subarctic, Arctic, Polar Urals, Bolshezemelskaya tundra, tundra communities

Contribution of the authors

Sergey V. Rupasov – 45%; Ekaterina V. Komarova – 40%; Lev D. Kilpio, Nikolai A. Melnikov, Tatyana A. Melnikova, Georgy A. Trusov, Ulyana F. Pakhlevanova: total contribution – 15%

For citation

Rupasov S.V., Komarova E.V., Kilpio L.D., Melnikov N.A., Melnikova T.A., Trusov G.A., Pakhlevanova U.F. Fauna and bird population of the basin of the middle reaches of the Kara River (Polar Urals, Bolshezemelskaya tundra) based on to the results of expedition studies in 2017 and 2023. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):94-106. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-94-106>

Введение Introduction

В связи с относительной труднодоступностью и суровостью климата орнитологические исследования в районе северной оконечности Полярного Урала и прилегающих участков северо-востока Большеземельской тундры на сегодняшний день носят весьма фрагментарный характер [1-8]. Кроме того, население птиц тундр подвержено сильным изменениям в зависимости от фенологических и погодных условий разных сезонов. Это обуславливает актуальность регулярных фаунистических исследований и мониторинга состояния популяций птиц на данной территории. **Цель данной работы:** представление результатов инвентаризации орнитофауны бассейна реки Кары (в среднем

течении) на границе Полярного Урала и Большеземельской тундры, проведенной в полевые сезоны 2017 и 2023 гг.

Методика исследований Research method

Полевые исследования проводились в бассейне среднего течения р. Кара с 17 по 31 июля 2017 г. и с 15 июля по 3 августа 2023 г. в рамках научно-образовательных экспедиций «Клуба юных географов и путешественников» Центра «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы» и Московского детско-юношеского центра экологии, краеведения и туризма. В исследованиях, кроме преподавателей, специалистов-орнитологов, принимали участие члены юннатских кружков. Маршрутами

были охвачены часть долины среднего течения р. Кары, участки долин рек Хальмершор 2-й, Лядхэйяха, Нярмаяха, Юньяха, Нерусавэйяха, Силоваяха, Хальмер-Ю и прилегающие участки плакоров. Суммарная протяженность пеших маршрутов составила более 340 км, водных – около 310 км. Данные, полученные в полевом сезоне 2017 г., были частично опубликованы ранее [7]. Проведение повторных исследований на данной территории в аналогичные сроки и в сходной погодной обстановке позволяет выполнить мониторинг состояния популяций птиц района работ. Краткость периода работ и выполнение исследований в переходный период, захватывающий как окончание гнездования, так и начало кочевок у ряда видов, затрудняют количественную оценку плотности населения птиц. В связи с этим в большинстве случаев ограничивались балльной оценкой обилия.

Район исследований располагается на территории бассейна среднего течения р. Кара. Данная местность лежит на стыке Большеземельской тундры, Полярного Урала и хребта Пай-Хой. В биогеографическом отношении среднее течение р. Кары находится на границе подзон южных и типичных тундр. По речным долинам и вдоль долин временных водотоков на плакорах распространены массивы ивняков высотой до 1-2,5 м. Вдоль берегов рек повсеместно встречаются многочисленные скальные выходы и каньоны. На водоразделах преобладает полого-холмистый рельеф. В районе исследований были представлены разные варианты тундровых сообществ: как заболоченные, в низменностях с термокарстовыми озерами, так и хорошо дренированные, вдоль гряд холмов и вершин коренных берегов рек и ручьев. Обследованные участки располагались в основном вдоль долин рек и характеризовались преобладанием дренированных тундр с относительно небольшим количеством озер. В целом район работ вытянут с юга (68.115739, 65.321954) на север (68.843714, 64.987719).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Полевой сезон 2017 г. отличался холодной затяжной весной и крайне низкой весенней численностью мышевидных грызунов. В период работ преобладала стабильно жаркая и сухая погода. Только в последних числах июля наступило резкое похолодание с сильными ветрами и начались дожди. Тогда было отмечено 55 видов птиц, в том числе 44 – гнездящиеся или, вероятно, гнездящиеся (с проявлением беспокойства у выводков).

Полевой сезон 2023 г. характеризовался среднестатистическим течением весны, но с начала июля установилась преимущественно жаркая погода, простоявшая до конца периода работ.

Дневные температуры нередко превышали 30°C, периодически выпадали ливневые осадки. В данном сезоне, напротив, наблюдалась ситуация, близкая к пику численности мышевидных грызунов. На 1 км маршрута в конце июля наблюдалось иногда более 10 особей сибирских леммингов и серых полевок sp. Несмотря на такое обилие грызунов, численность песка была невысокой, жилые норы встречались всего 2 раза на маршрутах, сами звери визуальным образом наблюдались один раз.

В данном сезоне было отмечено 67 видов птиц, в том числе 52 – гнездящиеся или вероятно гнездящиеся (с проявлением беспокойства у выводков).

Результаты исследований приведены в виде аннотированного списка видов.

Белая куропатка *Lagopus lagopus* Linnaeus, 1758. В полевом сезоне 2017 г. данный вид был редким в долинных местообитаниях по всему бассейну среднего течения р. Кара. Встречаемость в большинстве биотопов не превышала одного вывода на 10 км маршрута. Относительно обычным данный вид был только по сырым участкам зарослей ивняков на водоразделах. Хорошо летающие выводки возрастом около 10 дней наблюдались только 30 июля [7].

В сезоне 2023 г. средняя встречаемость в большинстве биотопов составляла порядка одного вывода на каждые 2 км маршрута. В северной части обследованного района (устье р. Силоваяха и р. Брусъяхи) численность куропатки была ниже. В среднем, встречался один выводок на каждые 5-6 км маршрута. По сравнению с 2017 г. сроки размножения в среднем были ощутимо более ранними. Так, на маршрутах 18.07 отмечались выводки птенцов возрастом 8-9 и 6-7 дней. 22.07 отмечались несколько выводков птенцов возрастом 9-10 дней и отдельный выводок с птенцами возрастом 3-4 дня. 02.08 отмечались выводки примерным возрастом 11-12 и 18-19 дней.

Разница в обилии куропаток в разные годы была обусловлена, возможно, меньшим прессом хищников в связи с высокой численностью грызунов. Разница в сроках размножения предположительно связана с затяжной весной 2017 г.

Малый лебедь *Cygnus bewickii* Yarell, 1830. Относительно обычный гнездящийся вид.

В оба полевых сезона одиночные птицы и группы до 4 особей регулярно встречались на р. Кара, в нижнем течении р. Нярмаяха и на пойменных озерах этих рек. Две отдельные линные, не способные к полету особи, наблюдались 29.07 на участке русла р. Кара с обширными галечными отмелями.

Выводки и территориальные пары лебедей встречались в оба полевых сезона на большинстве обследованных плакорных озер с поперечником водного зеркала более 0,6 км, имеющих выраженные мелководные участки с травяными болотами по берегам.

Гуменник *Anser fabalis* Latham, 1787. В сезоне 2017 г. выводки гуменников были многочисленными по всей долине р. Кара, по долинам крупных притоков, различного типа озерам среднего и крупного размера (более 100 м длиной) [7]. Разброс возраста птенцов в выводках был довольно большим. Так, 17-18 июля по долине реки встречались выводки с птенцами возрастом примерно от 3 до 11 дней. Вместе с тем 29 июля еще встретился на плакорном озере выводок с птенцами возрастом не более 5-6 дней [7].

Летом 2023 г. выводки гуменников были обычными только по берегам р. Кара и ее притоков (в среднем наблюдался один выводок на 2,5 км водного маршрута, но, вероятно, в учет попадали не все птицы). На озерах в данном сезоне гуменники не встречались. 17-18 июля возраст птенцов в разных выводках составлял примерно 7-14 дней. 28-30 июля встречались выводки с птенцами возрастом примерно от 16 до 23 дней. Линные, не способные к полету взрослые особи, наблюдались с 26 июля.

Белолобый гусь *Anser albifrons* Scopoli, 1769. В 2017 г. выводки гусей были обычными на отрезке долины р. Кара между Беломраморным каньоном и устьем р. Нерусавэйяха. На других участках р. Кара они не отмечались. Птицы держались в основном на участках со скальными выходами по берегам. По состоянию на 20-25 июля вперемешку встречались выводки с птенцами примерно 6-10-дневного возраста [7].

Летом 2023 г., 21 июля, наблюдался единственный выводок с птенцами примерно 10-дневного возраста в районе Беломраморного каньона.

Связь *Anas Penelope* Linnaeus, 1758. Редкий гнездящийся вид обследованного района. В оба полевых сезона наблюдались только на одном тундровом озере в районе устья р. Лядхэйяха с обширными травяными болотами по берегам. В 2017 г. там были отмечены группа из 8 самцов и одна беспокоящаяся самка [7], а в 2023 г. – выводок из 6 птенцов возрастом 6 дней (20 июля).

Шилохвость *Anas acuta* Linnaeus, 1758. Редкий гнездящийся вид обследованного района. На озере с обширными травяными болотами по берегам в районе устья р. Лядхэйяха в 2017 г. была встречена одиночная самка, проявлявшая признаки беспокойства. 20 июля 2023 г. там же наблюдались 2 выводка по 5 и 6 птенцов возрастом, соответственно, 5 и 7 дней [7]. Кроме того, в последнем сезоне самки шилохвости с невыясненным статусом наблюдались еще на двух озерах в районе устья р. Нерусавэйяха.

Чирок-свистунок *Anas crecca* Linnaeus, 1758. Отмечался только в сезоне 2023 г. Останки данного вида были найдены в южной точке района, у автомобильного моста через р. Кара. В пределах обследованного района свистунки были в основном приурочены к небольшим рекам, имеющим

«корытообразный» профиль долины с луговыми террасами южной экспозиции по берегам. Так, выводки свистунки были обычными на р. Юньяха и р. Тиребейтосё. 24.07 встречены 3 выводка (7,6 и 7 птенцов) возрастом 6-8 дней. Встречаемость в подходящих биотопах составила 1,4 выводка/1 км речных долин. Останки свистунки обнаружены у гнезда сапсана в районе устья р. Брусъяха.

Хохлатая чернеть *Aythya fuligula* Linnaeus, 1758. Редкий гнездящийся вид обследованного района. В 2017 г. за все время работ была встречена только одиночная самка. В 2023 г., 20 июля, на озере в районе устья р. Лядхэйяха наблюдалась самка с выводком из 6 птенцов возрастом примерно 5 дней.

Морская чернеть *Aythya marila* Linnaeus, 1761. Немногочисленный гнездящийся вид обследованного района. В 2017 г. выводки и небольшие группы неразмножающихся особей встречались на долинных и крупных плакорных озерах в бассейне р. Кара ниже устья р. Нярмаяха. В 2023 г. морская чернеть встречалась на всем протяжении обследованного района. 19.07 на р. Кара встречен выводок из 5 птенцов возрастом примерно 4 дня. Одиночные самки с невыясненным статусом и небольшие группы неразмножающихся самок отмечались на озерах в разных частях района работ.

Синьга *Melanitta nigra* Linnaeus, 1758. Немногочисленный гнездящийся вид. В 2017 г. отдельные выводки и небольшие группы неразмножающихся особей встречались на озерах разного типа по всему исследованному району [7]. В 2023 г. в трех точках встречались отдельные особи с невыясненным статусом.

Турпан *Melanitta fusca* Linnaeus, 1758. Немногочисленный гнездящийся вид. В 2017 г. отдельные выводки и небольшие группы неразмножающихся особей встречались на тундровых озерах в бассейне р. Кара только ниже устья р. Брусъяха. В 2023 г. по всему району периодически встречались группы по 2-6 особей самцов и неразмножающихся самок. Выводок из самки и 6 птенцов примерно 10-дневного возраста встретился только на небольшом озере в районе устья р. Брусъяха.

Морянка *Clangula hyemalis* Linnaeus, 1758. Немногочисленный гнездящийся вид в районе работ. Морянки относительно регулярно встречались на р. Кара и по тундровым озерам разного размера. На обследованном участке держались в основном неразмножающиеся самки и линяющие самцы. В сезоне 2017 г. на озерах с обширными травяными зарослями по берегам было зарегистрировано несколько выводков. В 2023 г., 18 июля, встретился выводок из 5 птенцов 5-дневного возраста, а 20 июля – выводок из 6 птенцов 7-дневного возраста.

Гоголь *Vucephala clangula* Linnaeus, 1758. Отмечен был только в 2023 г. Одиночный самец

наблюдался на мелком озере ниже р. Брусъяха 28 июля.

Луток *Mergellus albellus*. В оба сезона одиночные и группы по 3-5 неразмножающихся особей держались на долинных озерах р. Кара в районе устья р. Нерусавэйяха.

Длинноносый крохаль *Mergus serrator* Linnaeus, 1758. В 2017 г. на русле р. Кара регулярно встречались только неразмножающиеся особи, держащиеся небольшими группами [7]. В сезоне 2023 г., кроме линных самцов и неразмножающихся самок, на р. Кара и ее притоках регулярно встречались выводки птенцов. Так, на реках Юньяхе и Тиребейтосё 24 июля встречаемость выводков с птенцами возрастом 5-6 дней составила приблизительно 1,4 выводка/км береговой линии. Среднее число птенцов в выводке составило 5,7 ($n = 6$).

Большой крохаль *Mergus merganser* Linnaeus, 1758. В 2017 г. небольшие группы неразмножающихся особей были обычными на р. Кара и ее крупных притоках. Ниже р. Нерусавэйяха такие группы стали встречаться значительно реже. В сезоне 2023 г., наоборот, по руслу Кары были обычными выводки птенцов данного вида. По наблюдениям, 30 июля возраст птенцов в выводках ($n = 3$) составлял приблизительно 15-17 дней. Размер выводков был разным: от 5 до 12 птенцов, неоднократно наблюдались объединенные выводки.

Гагара краснозобая *Gavia stellate* Pontopidan, 1763. Редкий вид. В 2017 г. одиночные гагары встречались на р. Кара. Пара, проявлявшая признаки беспокойства, отмечена на плакорном озере диаметром около 1 км, с обширными травяными болотами по берегам [7]. В 2023 г. одиночная особь отмечена на р. Лядхэйяха. Пара птиц встречена на озере в междуречье рек Юньяха и Тиребейтосё.

Гагара чернозобая *Gavia arctica* Linnaeus, 1758. Немногочисленный вид. В 2017 г. одиночные птицы регулярно встречались на р. Кара. Беспокоящиеся пары регулярно отмечались на долинных и плакорных озерах разного размера (длиной от 50 м) [7]. В 2023 г. одиночные особи были немногочисленными повсеместно на водоемах разного типа. 22.07 встречена пара с птенцом возрастом около 10 дней на р. Нярма-яха. Тогда же пара с птенцом возрастом примерно 15-18 дней отмечена на старице р. Кара выше р. Нярма-яха. Одиночные особи с невыясненным статусом наблюдались на большинстве озер различного размера в районе работ.

Дербник *Falco columbarius* Linnaeus, 1758. В 2017 г. одиночная охотящаяся особь встречена на самом юго-западе бассейна р. Кара, в окрестностях брошенного поселка Хальмер-Ю [7]. В этом районе появляются характерные местообитания дербника в условиях южных тундр – куртины высоких кустарников: ивы шерстистопобеговой (*Salix gemelinii*) и ольхи кустарниковой (*Alnus fruticosa*).

В 2023 г. одиночный самец дербника наблюдался в южной части обследованного района, у моста трассы Воркута-Яры, где вдоль поймы Кары хорошо развита полоса высоких мозаичных ивняков. Охота еще одного самца наблюдалась на р. Хальмершор 2-й. Здесь дербник охотился на мелких воробьиных птиц в открытой тундре, используя склоны прибрежных холмов как прикрытие, причем характер охотничьего полета напоминал традиционный бредущий облет опушек мозаичных высоких кустарников. Характерно, что в устье этого ручья был отмечен самый северный в долине Кары крупный фрагмент куртин ивы шерстистопобеговой.

Полученные данные подтверждают гипотезу о важности опушек куртин высококустарниковой растительности как основных охотничьих и гнездовых местообитаний данного вида в Субарктике [9, 10].

Сапсан *Falco peregrinus* Tunstall, 1771. Относительно обычный гнездящийся вид района исследований. За период работ в 2017 г. было обнаружено 3 жилых гнезда и встречены беспокоящиеся пары еще на двух участках [7]. Гнездовые территории были приурочены либо к скальным выходам на каньонах р. Кара и ее крупных притоков ($n = 4$), либо к ярам по берегу Кары ($n = 1$). В первом гнезде, обнаруженном 20 июля, находились 3 птенца примерно 6-8-дневного возраста. Гнездо располагалось на скальной полке в верхней части берегового скального обрыва южной экспозиции. Второе гнездо, найденное 23 июля, содержало 4 птенцов возрастом примерно от 8 до 11 дней. Это гнездо было расположено на верхнем краю берегового песчаного яра южной экспозиции. В третьем гнезде 25 июля обнаружили 2 птенцов примерно 5-6-дневного возраста. Гнездо располагалось на скальной полке в средней части берегового обрыва южной экспозиции.

В 2023 г. обнаружены 9 гнездовых территорий, на которых держались беспокоящиеся птицы. В связи с недостатком времени гнезда удалось найти и осмотреть только на 3 участках. 8 территорий были приурочены к скальным каньонам по берегам р. Кара, еще одно гнездо размещалось на глинистом яру. Найденные гнезда размещались: под кустом ерника высотой 1 м; на полке в верхней части глинистого яра; в старом гнезде зимняка на скальной полке. В гнезде, найденном 19 июля, обнаружено 4 птенца возрастом примерно 11-15 дней. 25 июля было найдено гнездо с 2 птенцами возрастом примерно 16-17 дней и 2 яйцами с погибшим на ранних стадиях зародышем или неоплодотворенных. При осмотре в бинокль гнезда, найденного 31 июля, было замечено не менее одного птенца, но недоступное расположение гнезда не позволило получить точные данные о размере и возрасте выводка.

Все найденные в оба сезона гнезда были приурочены к обрывистым склонам берегов крупных

рек, в основном – к скальным каньонам. Необходимо отметить, что на большей части среднего и верхнего течения преобладает каменистое русло с регулярно встречающимися скальными обнажениями. Песчаные и глинистые обрывы имеют значительно меньшее распространение. Интересно, что сапсаны в большинстве случаев выбирают для расположения гнезд элементы нанорельефа в виде «полок» – уступов, имеющих протяженность 2-3 м и более [7, 11]. Реже гнезда располагаются на верхнем краю обрыва. Даже старое гнездо зимняка, занятое сапсанами, располагалось на покрытой травой полке. Для зимняка гораздо более характерно строительство гнездовых построек на отдельных уступах, «мысах», выступающих из стенки обрыва.

При сравнении сроков размножения в разные сезоны видно, что все пары в 2023 г. загнездились минимум на неделю раньше, что согласуется с более ранней и теплой весной данного сезона.

В 2023 г. были найдены гнезда или отмечены территориальные пары на всех территориях, отмеченных в 2017 г. В двух случаях сапсаны гнездились или беспокоились на том же обрыве. В трех других случаях пары сапсанов беспокоились на том же каньоне, на удалении не более 1,5 км от гнездовой территории 2017 г.

Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* Linnaeus, 1758. В 2017 г. одиночные особи дважды встречались на р. Кара между устьями рек Нярямахи и Нерусавэйяхи [7]. В 2023 г. одиночная особь также наблюдалась над поймой Кары в районе устья р. Хальмершор. На данных участках русло Кары имеет большую ширину, местами разделяется на рукава и образует множество галечных мелководий, являющихся одними из основных охотничьих местообитаний орлана [7, 9, 12].

Полевой лунь *Circus cyaneus* Linnaeus, 1766. В полевом сезоне 2017 г. данный вид не наблюдался. В 2023 г. регулярно встречался на большей части обследованного района, неоднократно наблюдались территориальные пары. Так, на 29 км водного маршрута по долине р. Кара отмечалось 6 охотящихся луней в разных точках. Гнездовые территории, на которых пары птиц держались постоянно, отмечались минимум в 8 точках обследованного района. К сожалению, поиск гнезд луней в условиях тундры сопряжен, как правило, с высокими трудозатратами, что не позволило обнаружить жилые гнезда, несмотря на предпринятые попытки. Все обнаруженные территории были приурочены к мозаичным кустарниковым зарослям из ивы сизой (*Salix glauca*), ивы мохнатой (*Salix lanata*) и березы карликовой (*Betula nana*) вдоль русел ручьев и временных водотоков. В таких местах кустарниковый ярус имеет высоту 1-2 м и проективное покрытие 30-70%. Парцеллы ивняков чередуются с фрагментами ерников и разнотравных лугов. Охотничьи участки луней (27 наблюдений охотящихся птиц) были приурочены

к аналогичным местообитаниям (n = 19) и к берегам термокарстовых озер с обширными зарослями водной растительности и торфяными болотами по берегам (n = 8)

Степной лунь *Circus macrourus* S.G. Gmelin, 1770. В 2017 г. не отмечался. В 2023 г. было найдено жилое гнездо данного вида, еще на 5 участках гнездование степного луня является вероятным. 17 и 18 июля в районе устья ручья Хальмершор 2-й регулярно наблюдался охотящийся самец. 20 и 21 июля одиночный самец также регулярно охотился в районе устья р. Лядхэйяха. В обоих случаях неоднократно в течение двух дней наблюдался облет птицами одних и тех же охотничьих участков с периодическим пикированием на потенциальную добычу. Пара птиц неоднократно наблюдалась 29 июля над одним участком с несколькими долинами временных водотоков в долине крупного ручья недалеко от устья р. Брусъяха. В тундре на междуречье р. Кара и р. Силоваяха 2 июля в сходных биотопах наблюдались пара птиц и одиночный самец, державшийся на одном участке.

Характер наблюдений позволяет предположить, что отмеченные птицы – территориальные и, вероятно, гнездящиеся. 22 июля в тундре вдоль левого берега р. Нярямаха, в 3 км выше ее устья, найдено жилое гнездо с беспокоящейся около него парой птиц. Гнездо располагалось в долине небольшого ручья, в 1,5 км от берега Нярямахи. Гнездовой участок был приурочен к участку долины с минимальным уклоном и развитием широкой (до 400 м) пойменной террасы с мозаикой парцелл сомкнутых ивняков (*Salix glauca*, *Salix lanata*) высотой до 2,5 м, небольших парцелл ерников высотой до 0,7 м и фрагментов пойменной луговой растительности, занимающих около 30% площади биотопа. Гнездовая постройка размещалась на незначительно приподнятой над пойменным лугом надпойменной террасе, в сомкнутой куртине ерника размером примерно 10 × 10 м и высотой до 0,7 м, под кустом карликовой березы. Диаметр гнездовой постройки составлял около 50 см, высота – 5-7 см. Материал гнезда и выстилка состояли из сухих стеблей осоки. На момент проверки птенцов в гнездовой постройке уже не было, но она носила следы их недавнего пребывания. Один оперяющийся птенец был обнаружен в 5 м от гнездовой постройки на небольшой поляне. Опахала маховых и рулевых перьев у него раскрылись на длину до 3 см. Спина была покрыта опахалами кроющих полностью, через кроющие крыла пробивались пуховые перья, на голове начали раскрываться отдельные опахала кроющих.

Охотничьи участки степного луня (21 наблюдение охотящихся птиц) были приурочены к однотипным местообитаниям, представлявшим из себя полосы ивняков с фрагментами луговой растительности по долинам ручьев и временных водотоков. Как правило, наблюдались луны, летящие вдоль

пологого склона долины реки, покрытого осоковыми и дриадовыми тундрами и пересеченного такими полосами ивняков. На полете к ивнякам птицы снижались и проходили на бредущем полете вдоль их внешних опушек и внутренних границ луговых парцелл. Охотничьи участки и гнездовые участки степного луня в целом сходны с таковыми для полевого луня. В окрестностях обнаруженного гнезда степного луня дважды наблюдалась охота самца полевого луня. Вместе с тем мы не наблюдали использования степными лунями для охоты травяных болот по берегам термокарстовых озер. Участки ивняков, используемые степными лунями, чаще находились на склонах речных долин и имели больший уклон поверхности по сравнению с аналогичными охотничьими местообитаниями полевого луня.

Степные луны, в том числе территориальные, наблюдаются в тундровой зоне с конца 90-х гг. [4, 13-16]. В тундре Южного Ямала В.В. Морозовым было найдено в 1998 г. жилое гнездо с кладкой яиц. Этим же автором неоднократно фиксировались территориальные и, несомненно, гнездящиеся степные луны в разных точках Полярного Урала. Полученные нами данные подтверждают относительно регулярное гнездование этого вида в тундрах. Места встреч территориальных птиц во время нашей экспедиции находятся севернее мест наблюдений В.В. Морозова, что позволяет предположить дальнейшее расширение ареала степного луня.

Зимняк *Buteo lagopus* Pontoppidan, 1763. В сезоне 2017 г. – относительно немногочисленный вид на обследованной территории [7]. Регулярно встречались беспокоящиеся территориальные пары и отдельные особи в типичных гнездовых местообитаниях данного вида. Несмотря на специальные поиски, ни одного жилого гнезда обнаружить не удалось. Вероятно, в связи с депрессией численности всех видов грызунов и поздней холодной весной территориальные пары либо не приступили к размножению (скорее всего), либо кладки яиц были брошены. Большинство занятых гнездовых территорий было приурочено к скальным выходам на каньонах р. Кара и ее притоков ($n = 6$) [7]. Значительно реже территориальные птицы встречались в районе яров по берегам Кары и ее притоков ($n = 2$). Только одна занятая территория была приурочена к пологому склону верхней части речной долины [7]. Во всех приведенных гнездовых местообитаниях встречались незанятые гнездовые постройки данного вида.

Летом 2023 г. в условиях, близких к пику численности грызунов, зимняки были обычными на гнездовании повсеместно. Найдена 21 гнездовая территория, где активно беспокоились пары птиц. В наиболее благоприятных для гнездования биотопах (протяженные каньоны по берегам Кары) территориальные пары два раза встречались на расстоянии примерно 2 км по долине и чуть более

1 км – по прямой друг от друга. Гнезда найдены на 12 из этих участков. Проверить и сосчитать птенцов удалось в 7 гнездах (в остальных гнездах особенности размещения построек на скальных выходах делали их недоступными для проверки и не позволяли понять, сколько точно птенцов в них находится). Большая часть найденных гнездовых участков была приурочена к скальным выходам ($n = 15$) по берегам водотоков. Гнезда в таких местообитаниях, как правило, располагались на отдельных уступах, образованных выступающими участками скальной стенки («мысами»), в ее средней или верхней частях. 4 гнездовых территории были приурочены к участкам плакорной ерничково-осоково-зеленомошной тундры с участками осоково-сфагновых болот. Найденные в этом биотопе гнездовые постройки (1 жилая и 3 старых, не связанных с занятыми территориями) располагались на пологих микробугорках среди мозаичных кустов ерника (проективное покрытие – в среднем 20-30%) высотой не более 20-25 см. Гнездовые постройки в данном биотопе не имели крупных размеров и не возвышались над кустами ерника. Одна гнездовая территория с осмотренным жилым гнездом была приурочена к протяженному участку песчаного яра вдоль берега Кары. Гнездо располагалось на отдельном уступе на «мысу» в верхней части песчаного обрыва.

В гнездах, где удалось установить точный размер выводка, находились по 3 ($n = 1$), 4 ($n = 5$), 5 ($n = 2$) птенцов.

В гнезде на скальном каньоне в долине ручья Хальмершор 2-й, проверенном 18 июля, возраст птенцов ($n = 4$) составлял примерно 7-11 дней. Такой же возраст был у птенцов ($n = 4$) в гнезде на береговом скальном выходе на р. Кара 19 июля. 20 июля в гнезде, находившемся на поверхности плакорной тундры в 0,5 км от берега р. Лядхэйяха, были обнаружены 4 птенца возрастом примерно 14-18 дней. В гнезде на стенке каньона Беломраморный на р. Кара 21 июля 4 птенца имели возраст примерно 9-14 дней. В гнезде на песчаном яру ниже каньона Буредан 28 июля находились 5 птенцов возрастом примерно 18-23 дня. Птенцы ($n = 3$) в гнезде на скальном выходе на берегу р. Кара в районе р. Брусъяха 29 июля имели возраст примерно 20-22 дня. У гнезда на скальной стенке в устье р. Силоваяха 31 июля держались 5 летних птенцов. Один из них был способен только к планирующему полету, сидел на пляже напротив гнезда и начал летать 1 августа.

Из сравнения данных сезонов с депрессией и пиком численности грызунов следует, что территориальные пары в оба сезона распределялись по гнездовым биотопам сходным образом (плотность населения в пиковый год, естественно, была в 2,5 раза выше). Несмотря на то, что большинство гнездовых территорий было приурочено к скальным выходам, принципиальная разница в успехе

и сроках размножения с гнездами, расположенными в других гнездовых биотопах, не наблюдается.

Охотничьи участки зимняков в оба сезона были приурочены к биотопам, где парцеллы низких ерников (проективное покрытие – в среднем 25%, высота – до 25 см) чередовались с парцеллами осоковой тундры и фрагментами луговой растительности по склонам долин рек, ручьев и поймам временных водотоков.

Золотистая ржанка *Pluvialis apricaria* Linnaeus, 1758. Беспокоящиеся пары золотистых ржанок были немногочисленными в 2017 г. и обычными в 2023 г. в дренированных тундрах по вершинам бугров и гряд. В 2023 г., 18 июля, найдено гнездо с 4 яйцами на вершине коренного берега ручья Хальмершор 2-й. 30 июля на вершине бугра коренного берега долины р. Брусъяха отмечен выводок из 3 птенцов возрастом 15-16 дней.

Галстучник *Charadrius hiaticula* Linnaeus, 1758. В целом обычный гнездящийся вид в районе работ. Большая часть встречающихся беспокоящихся пар и выводков приурочена к галечным отмелям на берегах рек. По руслам ручьев и по участкам сухих разнотравно-лишайниковых тундр в верхних частях склонов речных и озерных долин беспокоящиеся пары были немногочисленными. В 2017 г. на речных галечниках 20, 23 и 25 июля в составе выводков встречались пуховые птенцы возрастом от 2 до 6 суток [7]. 25 июля на пологом скальном мысу р. Кара было найдено гнездо данного вида, содержавшее 4 сильно насиженных яйца. В 2023 г., 16, 18, 20 и 21 июля, отмечены выводки возрастом примерно 6-7, 9-10, 7-9, 10-11 дней соответственно. 25 июля на том же скальном мысу, что и в 2017 г., найдено гнездо с одним вылупившимся птенцом и одним яйцом на стадии вылупления. 26 июля птенцы следовали за парой взрослых птиц по кромке воды. С 31 июля отмечались летные выводки.

Азиатский бекас *Gallinago stenura* Bonaparte, 1831. По сырым кустарниковым тундрам и болотам в 2017 г. был редким, а в 2023 г. – немногочисленным. Отмечалось токование.

Бекас sp. *Gallinago sp.* В 2023 г. не определенные до вида отдельные особи бекасов неоднократно вспугивались по травяным болотам на берегах озер. В связи с особенностями биотопа теоретически возможны встречи обыкновенного бекаса.

Фи-фи *Tringa glareola* Linnaeus, 1758. В оба сезона – обычный гнездящийся вид исследованного района. 16 июля 2023 г. отмечен выводок возрастом примерно 5 дней. 1 августа 2023 г. отмечен выводок с 4 летними птенцами.

Перевозчик *Actitis hypoleucos* Linnaeus, 1758. 22 июля 2023 г. встречена группа из 3 неразмножающихся особей.

Мородунка *Xenus cinereus* Gldenstdt, 1775. В 2017 г. беспокоящиеся особи были редкими на участке р. Кара выше устья р. Лядгейяха [7]. В 2023 г. в этом же районе, на ручье, была

встречена единичная беспокоящаяся самка. Ниже по Каре данный вид не встречался. Возможно, это связано с горным характером течения и недостатком илистых отмелей по берегам рек и ручьев.

Круглоносый плавунчик *Phalaropus lobatus* Linnaeus, 1758. В целом немногочисленный гнездящийся вид исследованного района. На отдельных озерах с широкой полосой разнотравно-пушицевых и осоково-пушицевых сплавинных болот по берегам плавунчики были многочисленными. 19 июля 2017 г. были встречены 2 выводка пуховых птенцов 2-3-дневного возраста. 20 июля 2023 г. найдено гнездо с 4 яйцами.

Кулик-воробей *Calidris minuta* Leisler, 1812. В целом редкий гнездящийся в районе работ вид. 24 июля 2017 г. в осоковнике по берегу маленького долинного озера был встречен 24 июля выводок из пуховых птенцов примерно 3-дневного возраста. Кроме того, в тундре и по берегам рек наблюдались редкие одиночные особи и стаи по 10-15 шт. В 2023 г. наблюдались единичная особь на берегу речной старицы и летный выводок 2 августа на вездеходной дороге среди заболоченной плакорной тундры.

Белохвостый песочник *Calidris temminskii* Leisler, 1812. Обычный гнездящийся вид в районе работ. Беспокоящиеся у выводков особи и выводки пуховых птенцов отмечались по галечным и грязевым отмелям вдоль берегов рек и озер. В 2017 г. наблюдалось успешное вылупление птенцов в гнезде с кладкой из 4 яиц 21 июля [7]. Гнездо располагалось на галечно-песчаной отмели в устье реки. В 2023 г. на галечно-песчаных отмелях пуховые птенцы возрастом примерно 3 дня наблюдались 16 июля, а возрастом примерно 5 дней – 18 июля. Предположительно летный выводок из 4 птиц был отмечен 1 августа.

Чернозобик *Calidris alpina* Linnaeus, 1758. Единичная птица отмечена в 2023 г. в травяном болоте на берегу озера у устья р. Лядхэйяха.

Турухтан *Philomachus pignax* Linnaeus, 1758. Редкий, вероятно гнездящийся вид. В оба сезона 24 и 22 июля отмечались отдельные беспокоящиеся на осоково-пушицевых болотах самки. В 2023 г. также наблюдалась 22 июля группа из 15 самцов.

Средний поморник *Stercorarius pomarinus* Temminck, 1815. Отдельные неразмножающиеся особи отмечались только в сезоне 2017 г. на участках сухой всхолмленной тундры в районе долин рек Лядгейяхи и Нярмаяхи [7].

Короткохвостый поморник *Stercorarius parasiticus* Linnaeus, 1758. В 2023 г. единичная пара беспокоилась на ручье Хальмершор 2-й, еще одна особь отмечена в долине р. Нярмаяха.

Длиннохвостый поморник *Stercorarius longicaudus* Vieillot, 1819. В 2023 г. были обычными в районе ручья Хальмершор 2-й и немногочисленными в районе р. Лядхэйяха. В этих районах

отмечались пары птиц с невыясненным статусом. Севернее поморники не встречались.

Халей *Larus heuglini* Bree, 1876. Обычный вид в южной части обследованного района. Ниже устья р. Нярямаха в 2017 г. не встречался, а в 2023 г. был немногочисленным. Охотящиеся взрослые особи регулярно наблюдались над долиной р. Кара и ее притоков. На относительно крупном озере с обширными травяными болотами по берегам и торфяными островами в районе устья р. Лядхэйяха в оба сезона наблюдали беспокоящихся у выводков птиц: 19 июля 2017 г. – 2 птенца возрастом примерно 8-10 дней; 20 июля 2023 г. – один птенец возрастом примерно 14 дней. Интересно, что численность данного вида вдоль долины Кары была обратно пропорциональной численности бургомистра. В 2017 г. халей не регистрировался ниже устья Нярямахи, а самая южная регистрация территориальной пары бургомистра была в Беломраморном каньоне чуть выше Нярямахи. В 2023 г. такой четкой границы не было, но все равно ниже Нярямахи халей стал редким, отмечены только 2 беспокоящиеся пары на галечниках в устье р. Силоваяха.

Бургомистр *Larus hyperboreus* Gunnerus, 1767. В 2023 г. отдельные особи регистрировались севернее устья р. Хальмершор 2-й. Самые южные территориальные пары отмечались выше устья р. Нярямаха в Беломраморном каньоне (2017 г. – одна, 2023 г. – две пары). Ниже устья р. Нерусавейяха вид был обычным на гнездовании в оба сезона. Бургомистр гнездится практически на всех каньонах Кары колониями от 3 до 12 пар, реже – отдельными парами. Так, в 2017 г., 25 июля, в колонии из 9 пар наблюдались выводки птенцов возрастом примерно 8-11 дней, активно перемещающиеся по прибрежным скалам; 28 июля в колонии из 6 пар птенцы имели возраст около 11-15 дней. В 2023 г., 26 июля, в колонии из 12 пар наблюдались птенцы возрастом примерно 16-19 дней. Возраст птенцов из разных пар в одной колонии был, как правило, сходным.

Озерная чайка *Larus ridibundus* Linnaeus, 1766. Немногочисленные одиночные особи данного вида отмечались только в самой южной точке маршрута, у моста трассы Воркута – Яры в 2023 г.

Полярная крачка *Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763. В 2017 г. была редкой в обследованном районе, отмечена только одна беспокоящаяся у выводка пара на песчаной косе р. Кара выше устья р. Нярямаха [7]. В 2023 г. полярная крачка была более обычной, но пары распределялись крайне неравномерно и были сосредоточены на участках с обширными галечными поймами. Так, 21 июля примерно 15 пар активно беспокоились на галечном острове размером 0,5 × 1 км.

Белая сова *Nyctea scandiaca* Linnaeus, 1758. В оба сезона следы весеннего пребывания сов находили в нескольких точках обследованного района. Несмотря на высокую численность грызунов,

в 2023 г. наблюдалась только единичная птица, взлетевшая с бугра недалеко от моста трассы Воркута – Яры.

Болотная сова *Asio flammeus* Pontoppidan, 1763. Наблюдались только в 2023 г. Охотящиеся болотные совы регулярно встречались в южной части обследованного района, до р. Нярямаха включительно. Большинство встреч было приурочено к мозаике парцелл ивняков и лугов по долинам ручьев и временных водотоков. В таком биотопе наблюдалась 21 июля явно территориальная особь, неоднократно кружившая над одним участком ивняков. В связи с большой площадью участка возможное гнездо обнаружить не удалось.

Рогатый жаворонок *Eremophila alpestris* Linnaeus, 1758. В пределах обследованной территории редкий гнездящийся вид на участках сухой лишайниковой тундры по верхним краям речных долин и вершинам холмов. В 2017 г. по всему району встречались редкие летные выводки [7]. В 2023 г. редкие летные выводки наблюдались только в северной части обследованного района.

Береговушка *Riparia riparia* Linnaeus, 1758. Обычна на участках долины р. Кара с песчаными и торфяными обрывами. В 2023 г. на всем протяжении обследованного участка р. Кара насчитали 8 небольших (максимум до 10-15 пар) колоний.

Ворон *Delichon urbica* Linnaeus, 1758. Одна особь была отмечена в сезоне 2017 г. над р. Кара в самой южной части обследованного района [7]. На данном участке Кара течет в непосредственной близости от хребта Оченырды.

Луговой конек *Anthus pratensis* Linnaeus, 1758. В оба сезона – обычный гнездящийся вид, доминирующий в долинных биотопах. В разных типах плакорных тундр был немногочисленным. Регулярно отмечались беспокоящиеся у выводков пары птиц и летные выводки. Массовый подъем выводков на крыло в 2023 г. отмечался не позднее 24 июля.

Краснозобый конек *Anthus cervinus* Pallas, 1811. В оба сезона – немногочисленный вид в долинных местообитаниях и более обычный – в разных типах плакорных тундр, где является доминантом. Регулярно отмечались беспокоящиеся у выводков пары птиц и летные выводки. 20 июля 2023 г. было найдено гнездо с тремя птенцами возрастом примерно 10 дней на берегу озера в ерничково-морошково-зеленомошной тундре. В 2023 г., после 28 июля, часть выводков начала концентрироваться в дренированных тундрах на вершинах бугров и гряд.

Желтая трясогузка *Motacilla flava* Linnaeus, 1758. Единственный выводок данного вида был встречен в 2017 г. на осоковом болоте среди пойменных ивняков в долине р. Хальмер-Ю [7], на самом юго-западе обследованного района.

Желтоголовая трясогузка *Motacilla citreola* Pallas, 1776. В 2017 г. не встречалась. В то же время

летом 2023 г. данный вид был обычным на гнездовании по ручьям и руслам временных водотоков. Повсеместно встречаются летные выводки и беспокоящиеся пары. В северной части обследованного района желтоголовые трясогузки стали немногочисленными.

Белая трясогузка *Motacilla alba* Linnaeus, 1758. В оба сезона выводки были повсеместно обычными по берегам рек и озер. В 2023 г., с 27-28 июля, часть выводков переместилась в дренированные тундры на вершинах бугров и гряд.

Сибирская завирушка *Prunella montanella* Pallas, 1776. В сезоне 2017 г. не наблюдалась. В 2023 г. как минимум одна особь отмечена в полозе высоких сомкнутых ивняков (*Salix glauca*, *Salix lanata*) высотой до 2,5 м по берегу р. Кара выше устья р. Нерусавейяха. В таком же биотопе по берегу р. Силовая близ ее устья были отмечены не менее двух выводков и отдельная взрослая птица. Кроме того, в куртине ивняков в нижней части склона долины Силовая была найдена гнездовая постройка данного вида с фрагментами скорлупы – вероятно, после вылета птенцов. Гнездо размещалось в развилке стволика ивы на высоте 1,5 м. Наружные стенки состояли из тонких веток ерника и сухих стеблей травы, внутренняя часть стенок и выстилка – из зеленого мха с примесью тонких травинок. Наблюдавшиеся особи держались очень скрытно, в глубине зарослей, тихие позывки издавались крайне редко. Данные факты показывают, что завирушки, возможно, могут гнездиться вплоть до морского побережья при наличии полос сомкнутых зарослей ивняков вдоль речных долин.

Рябинник *Turdus pilaris* Linnaeus, 1758. В 2017 г. беспокоящиеся пары были немногочисленными по каньонам р. Кара, где, возможно, гнездились на уступах скальных стенок [7]. Первые слетки наблюдались 20 июля. По крупным массивам ивняков беспокоящиеся у выводков пары были редкими. 31 июля в пойме р. Хальмер-Ю найдено жилое гнездо данного вида с 4 птенцами 4-дневного возраста (вероятно, второе гнездование за сезон) [7].

В 2023 г. рябинники были обычным гнездящимся видом. 18 июля найдено гнездо в устье ручья Хальмершор 2-й на иве шерстистопобеговой (*Salix gmelinii*) высотой 3 м. Гнездо располагалось на высоте 2 м и содержало 3 погибших либо неоплодотворенных яйца и одного птенца возрастом примерно 5 дней. На разных участках исследованного района регулярно находились гнездовые постройки после вылета птенцов. Летные выводки повсеместно были обычными по любым относительно крупным фрагментам ивняков. На скальных выходах по каньонам в данном сезоне рябинники не отмечались.

Белобровик *Turdus iliacus* Linnaeus, 1766. В оба сезона беспокоящиеся у выводков пары были в целом немногочисленными по массивам

разнотравных ивняков в долинах рек и озер. Встречались повсеместно, но численность сильно различалась на разных участках района исследований. В 2023 г. летные выводки наблюдались с 16 июля.

Варакушка *Luscinia svecica* Linnaeus, 1758. В 2017 г. беспокоящиеся у выводков особи были немногочисленными повсеместно по разнотравным ивнякам вдоль любых водотоков. В сезоне 2023 г. по данным биотопам была повсеместно многочисленной и входила в состав доминантов. 18 июля наблюдали первого слетка. Далее наблюдались преимущественно летные выводки, последние плохо летающие птенцы-слетки встречались 24 июля.

Черноголовый чекан *Saxicola torquata* Linnaeus, 1766. Визуально не наблюдался, но в 2023 г. были обнаружены останки данного вида в поедях у гнезда сапсана в каньоне р. Кара между р. Хальмершор 2-й и р. Лядхейяха.

Обыкновенная каменка *Oenanthe oenanthe* Linnaeus, 1758. В оба года – обычный гнездящийся вид на всех участках скальных выходов и осыпей в районе исследований. Первые летные выводки наблюдались 26 июля 2017 г., а в 2023 г. – 28 июля. В 2017 г. была найдена гнездовая постройка после вылета птенцов [7].

Камышевка-барсучок *Acrocephalus schoenobaenus* Linnaeus, 1758. Редкий гнездящийся вид. В 2017 г. наблюдалась 29 июля беспокоящаяся особь с кормом в районе устья р. Силовая. В 2023 г. поющий самец наблюдался на берегу озера с травяными мелководьями и фрагментами ивняков в районе устья р. Лядхейяха.

Весничка *Phylloscopus trochilus* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся вид. Беспокоящиеся пары и выводки держались по зарослям разнотравных ивняков вдоль век, ручьев и временных водотоков. В 2017 г. была немногочисленной, а в 2023 г. – обычной. В оба сезона до 28 июля регистрировалось пение.

Теньковка *Phylloscopus collybita* Vieillot, 1817. В 2017 г. была редкой, поющие самцы и беспокоящиеся пары отмечались только по долине Лядхейяхи [7]. В сезоне 2023 г. встречалась по массивам ивняков на всех участках исследованного района. Численность на разных участках при повсеместном распространении гнездовых биотопов сильно различалась: на юге района теньковка была немногочисленной, далее, на большинстве участков, – редкой, в районе устья Силовая – местами многочисленной.

Таловка *Phylloscopus borealis* Blasius, 1858. В 2017 г. отмечались только 2 беспокоящиеся особи в обширных сомкнутых ивняках в районе устья Нерусавейяхи [7]. В 2023 г. беспокоящиеся пары и выводки отмечались по ивнякам на всех участках. В целом были обычными, но численность ощутимо различалась от участка к участку.

Серая ворона *Corvus cornix* Linnaeus, 1758. В оба сезона встречалась только на самом юге

района, у моста трассы Воркута – Яры. В 2017 г. наблюдалась одиночная особь, в 2023 г. встречалась неоднократно.

Ворон *Corvus corax* Linnaeus, 1758. В оба года наблюдений выводки воронов были немногочисленными на всем протяжении исследованного района. Наблюдавшийся размер выводков – от 4 до 6 особей.

Юрок *Fringilla montifringilla* Linnaeus, 1758. В 2023 г., 27 июля, встретился одиночный самец, кормящийся на берегу р. Кара в районе устья р. Нерусавэйяха. По-видимому, вид является залетным из более южных районов, где распространена высококустарниковая растительность (*Salix gmelinii*, *Alnus fruticosa*).

Чечетка *Acanthis flammea* Linnaeus, 1758. Колющие выводки были многочисленными в 2017 г. и обычными в 2023 г. повсеместно. В ивняках по берегам рек неоднократно находили гнездовые постройки после вылета птенцов. В 2017 г., с 28 июля, стали встречаться редкие пары, проявлявшие беспокорство в гнездовых местообитаниях, а 29 июля найдено жилое гнездо с 4 яйцами [7]. В 2023 г., 24 июля, было найдено гнездо с 4 яйцами на р. Кара выше р. Нярма-яха в ивняках. Данные факты подтверждают возможность систематического второго гнездования чечеток в годы с жарким летом.

Камышовая овсянка *Schoeniclus schoeniclus* Linnaeus, 1758. Только в 2023 г. была отмечена беспокоящаяся самка в крупном массиве мозаичных ивняков на озере в районе устья р. Силоваяха.

Полярная овсянка *Schoeniclus pallasi* Cabanis, 1851. В 2017 г. была редкой, а в 2023 г. – немногочисленной на гнездовании. Беспокоящиеся пары и выводки отмечались в ивняках, как правило, граничащих с разными вариантами осоковых и сфагновых болот. В 2023 г. летные выводки отмечались с 21 июля.

Овсянка-крошка *Ocyris pusillus* Pallas, 1776. В оба сезона редко наблюдались беспокоящиеся особи – преимущественно в южной части района исследований.

Лапландский подорожник *Calcarius lapponicus* Linnaeus, 1758. Гнездится по сырым участкам ерниковых тундр. В 2017 г. южнее устья р. Нерусавэйяха были многочисленными беспокоящиеся пары [7]. Севернее подорожники не отмечались. В 2023 г. вид был обычным повсеместно в ерниковых тундрах южнее р. Нерусавэйяха, а севернее был немногочисленным.

Список источников

1. Головатин М.Г., Пасхальный С.П. Птицы Полярного Урала: монография. Екатеринбург: Уральский государственный университет им. А.М. Горького, 2005. 560 с.
2. Минева Ю.Н., Минева О.Ю. Птицы Большеземельской тундры и Югорского полуострова: монография. СПб.: Наука, 2012. 381 с.

Выводы Conclusion

При сравнении результатов работ на одной территории и в одни даты в 2017 и 2023 гг. наблюдается определенная разница. В связи с более ранней и теплой весной сроки размножения для большинства гнездящихся видов в 2023 г. были более ранними. Разница в возрасте птенцов по сравнению с 2017 г. составляла в среднем 5-7 дней. В сезоне 2023 г. было ощутимо выше как общее видовое разнообразие, так и численность многих видов. Только в 2023 г. на обследованной территории были отмечены чирок-свистун, гоголь, полевой и степной луни, перевозчик, чернозобик, длиннохвостый и короткохвостый поморники, озерная чайка, болотная сова, желтоголовая трясогузка, сибирская завирушка, черноголовый чекан, юрок, камышовая овсянка. Численность следующих видов была ощутимо выше в 2023 г.: белая куропатка, большой и длинноносый крохаль, зимняк, золотистая ржанка, рябинник, варакушка, теньковка, полярная овсянка. Только в 2017 г. отмечались желтая трясогузка, воронок и средний поморник. В большинстве случаев такая разница может объясняться очевидными причинами: более ранней весной (некоторые гусеобразные и воробьинообразные) и высокой численностью грызунов (соколообразные, совообразные, курообразные). Вместе с тем причины массового гнездования желтоголовой трясогузки, гнездования сибирской завирушки и камышовой овсянки только в 2023 г., колебаний численности полярной овсянки и таловки, возможно, не столь очевидны и нуждаются в отдельных исследованиях. Также, несмотря на обилие мышевидных грызунов и кажущиеся более благоприятными погодные условия, численность в 2023 г. гнездящихся гусей (гуменников, и особенно белолобых) была ощутимо меньшей.

Результаты исследований позволяют подтвердить регулярное гнездование в тундровой зоне, вплоть до подзоны типичных тундр, таких видов, как степной луни и сибирская завирушка. Показана стабильность популяций видов, внесенных в Красную книгу РФ: сапсана, малого лебедя. Выявленная разница в фауне и населении птиц одного района в разные годы, относительно сходных по погодным условиям, подтверждает необходимость мониторинга данных показателей в условиях Арктики и Субарктики.

References

1. Golovatin M.G., Paskhalny S.P. Birds of the Polar Urals. Ekaterinburg: Ural'skiy gosudarstvenniy universitet im. A.M. Gor'kogo, 2005:560. (In Russ.)
2. Mineev Yu.N., Mineev O.Yu. Birds of the Bolshezemelskaya tundra and the Yugorsky Peninsula. St. Petersburg: Nauka, 2012: 381. (In Russ.)

3. Морозов В.В. К фауне и распространению птиц на востоке Большеземельской тундры и Югорском полуострове // *Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири*. 1997. № 2. С. 110-116.
4. Морозов В.В. Новые фаунистические находки на востоке Большеземельской тундры и Полярном Урале // *Материалы к распространению птиц на Урале, в Приуралье и Западной Сибири*. 2000. № 7. С. 158-160.
5. Морозов В.В. К орнитофауне Полярного Урала // *Русский орнитологический журнал*. 2003. Т. 12, № 212. С. 143-169.
6. Морозов В.В. Птицы северной оконечности Полярного Урала и прилежащих тундр побережья Байдарацкой губы // *Русский орнитологический журнал*. 2012. Т. 21, № 828. С. 3205-3244.
7. Рупасов С.В. Орнитофауна бассейна среднего течения реки Кары (Полярный Урал, Большеземельская тундра) // *Русский орнитологический журнал*. 2018. Т. 27, № 1639. С. 3343-3351.
8. Селиванова Н.П. Орнитофауна верхнего течения реки Кара // *Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: III Всероссийская научная конференция, Сыктывкар, 20-24 ноября 2017 г. / Отв. ред. С.В. Дёгтева*. Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2018. С. 152-157.
9. Романов А.А., Рупасов С.В. Хищные птицы юго-западной части плато Путорана // *Русский орнитологический журнал*. 2004. Т. 13, № 257. С. 304-308.
10. Рупасов С.В. Дневные хищные птицы западной части плато Путорана // *Изучение и охрана животных сообществ плато Путорана: Монография*. М.: Типография Россельхозакадемии, 2006. С. 165-173.
11. Мечникова С.А., Рупасов С.В., Кудрявцев Н.В. Многолетние изменения численности и репродуктивных параметров сапсана на юге полуострова Ямал // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2008. Т. 113, № 3. С. 29-36.
12. Романов А.А., Рупасов С.В. Орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) на севере Средней Сибири // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2009. Т. 114, № 4. С. 44-49.
13. Морозов В.В. Степной лунь *Circus macrourus* на юге Ямала // *Русский орнитологический журнал: Экспресс-выпуск*. 1998. № 47. С. 3-5.
14. Морозов В.В., Брагин Е.А. Степной лунь *Circus macrourus* в тундровой зоне – сдвиг ареала к северу или расширение области гнездования? // *Русский орнитологический журнал*. 2005. Т. 14, № 287. С. 399-404.
15. Кондратьев А.В., Зайнагутдинова Э.М. Степной лунь *Circus macrourus* на полуострове Канин // *Русский орнитологический журнал*. 2010. Т. 19, № 616. С. 2174-2176.
16. Морозов В.В. Новые фаунистические находки на востоке Большеземельской тундры и Полярном Урале // *Русский орнитологический журнал*. 2017. Т. 26, № 1522. С. 4652-4654.
3. Morozov V.V. On the fauna and distribution of birds in the east of the Bolshezemelskaya tundra and the Yugorsky Peninsula. *Materialy k rasprostraneniyu ptits na Urale, v Priural'e i Zapadnoy Sibiri*. 1997;2:110-116. (In Russ.)
4. Morozov V.V. New faunal finds in the east of the Bolshezemelskaya tundra and the Polar Urals. *Materialy k rasprostraneniyu ptits na Urale, v Priural'ye i Zapadnoy Sibiri*. 2002;7:158-160. (In Russ.)
5. Morozov V.V. To avifauna of the Polar Urals. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2003;12(212):143-169. (In Russ.)
6. Morozov V.V. Birds of the northern tip of the Polar Urals and adjacent tundra coast Baydaratskaya bay coast. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2012;21(828):3205-3244. (In Russ.)
7. Rupasov S.V. Ornithofauna of the basin of the middle reaches of the Kara River (Polar Urals, Bolshezemelskaya tundra). *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2018;27(1639):3343-3351. (In Russ.)
8. Selivanova N.P. Ornithofauna of the upper reaches of the Kara River. Biodiversity of ecosystems of the Far North: inventory, monitoring, protection. III All-Russian Scientific Conference, Syktyvkar, November 20-24, 2017. Ed. by S.V. Degtev. Syktyvkar: Institut biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya RAN, 2018:152-157. (In Russ.)
9. Romanov A.A., Rupasov S.V. Birds of prey of the southwestern part of the Putorana plateau. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2004;13(257):304-308. (In Russ.)
10. Rupasov S.V. Daytime birds of prey of the western part of the Putorana plateau. Study and protection of animal communities of the Putorana plateau. Moscow: tip. Rossel'khozakademii, 2006:165-173. (In Russ.)
11. Mechnikova S.A., Rupasov S.V., Kudryavtsev N.V. Long-term dynamic of number and breeding performances of the falco peregrinus in the south of Yamal Peninsula. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 2008;113(3):29-36. (In Russ.)
12. Romanov A.A., Rupasov S.V. White-tailed Eagle (*Haliaeetus albicilla*) in the north of Central Siberia. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 2009;114(4):44-49. (In Russ.)
13. Morozov V.V. Steppe harrier *Circus macrourus* in the south of Yamal. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 1998;47:3-5. (In Russ.)
14. Morozov V.V., Bragin E.A. Steppe Harrier *Circus macrourus* in the tundra zone – a shift of the range to the north or an expansion of the nesting area? *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2005;14(287): 399-404. (In Russ.)
15. Kondratiev A.V., Zainagutdinova E.M. Steppe harrier *Circus macrourus* on the Kanin Peninsula. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2010;19(616):2174-2176. (In Russ.)
16. Morozov V.V. New faunal finds in the east of the Bolshezemelskaya tundra and the Polar Urals. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*. 2017;26(1522):4652-4654. (In Russ.)

Сведения об авторах

Сергей Валерьевич Рупасов, преподаватель, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: sergei_rupasov@mail.ru

Екатерина Викторовна Комарова, преподаватель, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: 5735360@mail.ru

Лев Дмитриевич Кильпио, учащийся, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: lev@kilpio.com

Николай Антонович Мельников, учащийся, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: evsmelnik@mail.ru

Татьяна Антоновна Мельникова, учащийся, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: tanmela@mail.ru

Георгий Антонович Трусов, учащийся, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул., 37; e-mail: ann.teplova@mail.ru

Ульяна Федоровна Пахлеванова, учащийся, Центр «На Донской» ГБПОУ «Воробьевы горы»; 115419, Россия, Москва, Донская ул.; 37, e-mail: ms.pamari@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 08.12.2023
Одобрена после рецензирования 18.12.2023
Принята к публикации 21.12.2023

Information about the authors:

Sergey V. Rupasov, lecturer, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: sergei_rupasov@mail.ru

Ekaterina V. Komarova, lecturer, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: 5735360@mail.ru

Lev D. Kilpio, a student, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: lev@kilpio.com

Nikolai A. Melnikov, a student, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: evsmelnik@mail.ru

Tatyana A. Melnikova, a student, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: tanmela@mail.ru

Georgy A. Trusov, a student, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: ann.teplova@mail.ru

Ulyana F. Pakhlevanova, a student, Center “On Donskoy”, SBPEI “Vorobyovy Gory” (37, Donskaya Str., Moscow, 115419, Russian Federation); e-mail: ms.pamari@inbox.ru

The article was submitted to the editorial office 08 Dec 2023
Approved after reviewing 18 Dec 2023
Accepted for publication 21 Dec 2023

Оригинальная научная статья

УДК 633.2:633.28:581.132.1:636.085.3

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-107-115>



**Содержание структурных углеводов и лигнина
в многолетних злаковых кормовых травах в зависимости от фазы роста
и цифровые инновации в анализе состава корма**

**Хатима Каримовна Худякова¹, Елена Викторовна Худякова²,
Марина Николаевна Степанцевич², Олег Алексеевич Моторин²,
Михаил Владиславович Журавлев², Михаил Сергеевич Никаноров²**

¹Всероссийский институт кормов им. В.Р. Вильямса, Лобня, Россия;

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Викторовна Худякова, evhudyakova@rgau-mcha.ru

Аннотация

Статья посвящена изучению содержания углеводов клеточных стенок: нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), кислотно-детергентной клетчатки (КДК), кислотно-детергентного лигнина (КДЛ) в злаковых травах – в зависимости от фаз вегетации. По мере смены фаз вегетации выявлено увеличение всех фракций клеточных стенок. Содержание кислотно-детергентной клетчатки, нейтрально-детергентной клетчатки и кислотно-детергентного лигнина (% в сухом веществе) в злаковых травах (кострец безостый, овсяница луговая, тимофеевка луговая) составляет до начала колошения 31-32, 50-55, 4-6; в фазу колошения –32-37 и 55-65, 5-6; в цветение – 40-45, 70-72, 7-9 соответственно. По мере роста трав одновременно с накоплением клеточных стенок происходит изменение их состава. Возрастание доли нейтрально-детергентной клетчатки происходит главным образом за счет увеличения доли целлюлозы и снижения доли гемицеллюлоз, что согласуется с более высокой переваримостью трав в ранние фазы роста. Связь между сырой клетчаткой и кислотно-детергентной клетчаткой по результатам исследования оказалась более тесной ($n = 64$, $s = 2,4\%$, $r = 0,93$), чем между сырой клетчаткой и нейтрально-детергентной клетчаткой ($n = 64$, $s = 4,4\%$, $r = 0,87$). Поскольку состав трав в течение вегетации меняется ежедневно, целесообразно определять их состав как можно более оперативно. Поскольку химические методы занимают много времени, то для решения этой задачи может быть использован экспресс-метод на основе инфракрасного анализатора. Экспресс-метод предполагает после операции размалывания пробы последовательное выполнение таких операций, как калибровка анализатора, помещение пробы в анализатор и анализ проб с помощью анализатора, то есть также является достаточно длительным. Для получения более оперативной информации (2 ч) сегодня все чаще используются цифровые технологии. Метод, основанный на цифровых технологиях, предполагает последовательное выполнение следующих операций: запуск БПЛА; исследование посевов; передача мультиспектральных данных на сервер; обработка информации и расчет содержания сырой клетчатки.

Ключевые слова

многолетние злаковые кормовые травы, фазы роста, сырая клетчатка, кислотно-детергентная клетчатка, нейтрально-детергентная клетчатка, кислотно-детергентный лигнин, цифровые инновации в кормопроизводстве

Для цитирования

Худякова Х.К., Худякова Е.В., Степанцевич М.А., Моторин О.А., Журавлев М.В., Никаноров М.С. Содержание структурных углеводов и лигнина в многолетних злаковых кормовых травах в зависимости от фазы роста и цифровые инновации в анализе состава корма. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1(4). С. 107-115. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-107-115>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-107-115>

Structural carbohydrate and lignin content of perennial cereal forage grasses depending on the growth phase and digital innovations in forage composition analysis

Hatima K. Khudyakova¹, Elena V. Khudyakova², Marina N. Stepansevich²,
Oleg A. Motorin², Mikhail V. Jouravlev², Mikhail S. Nikanorov²

¹ Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russia,

² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Elena V. Khudyakova evhudyakova@rgau-msha.ru

Abstract

The article is devoted to the study of the content of cell wall carbohydrates – neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL) – in cereal forage grasses depending on the growth phases. An increase in all cell wall fractions was revealed as the growth phases changed. The content of acid detergent fiber, neutral-detergent fiber and acid detergent lignin (% in dry matter) in cereal forage grasses (awnless brome, meadow fescue, meadow timothy) is 31-32, 50-55, 4-6 before earing; in the earing phase – 32-37, 55-65, and 5-6; in the flowering phase – 40-45, 70-72, 7-9, respectively. As grasses grow, their composition changes with the accumulation of cell walls. The increase in the proportion of neutral detergent fiber occurs mainly due to an increase in the proportion of cellulose and a decrease in the proportion of hemicellulose, which is consistent with a higher digestibility of grasses in the early growth stages. According to the results of the study, the relationship between crude fiber and acid detergent fiber was closer ($n = 64$, $s = 2.4\%$, $r = 0.93$) than between crude fiber and neutral detergent fiber ($n = 64$, $s = 4.4\%$, $r = 0.87$). As the composition of grass changes daily during the growing season, it is advisable to determine its composition as soon as possible. As chemical methods are time-consuming, an express method based on an infrared analyzer can be used to solve this problem. The express method involves, after the grinding of the sample, sequential operations such as calibrating the analyzer, placing the sample in the analyzer and analyzing the samples with the analyzer. This means that this method is also quite time-consuming. To obtain information more quickly (two hours), digital technologies are now increasingly being used. The method based on digital technologies involves the sequential execution of the following operations: UAV launch, crop survey, transmission of multispectral data to the server, information processing and calculation of crude fiber content.

Keywords

perennial cereal forage grasses, growth phases, crude fiber, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, acid detergent lignin, digital innovations in fodder production

For citation

Khudyakova H.K., Khudyakova E.V., Stepansevich M.N., Motorin O.A., Jouravlev M.V., Nikanorov M.S. Structural carbohydrate and lignin content of perennial cereal forage grasses depending on the growth phase and digital innovations in forage composition analysis. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):107-115. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-107-115>

Введение Introduction

Структурные углеводы (СУ) вместе с лигнином составляют клеточные стенки растений. К ним относят пектиновые вещества, гемицеллюлозы (ГЦ) и целлюлозу (Ц) [1]. Они вызывают интерес в связи с их значением в качестве источника энергии для жвачных животных, которые при помощи микрофлоры желудочно-кишечного тракта способны их частично переваривать. Следует отметить также физиологическую роль структурных веществ, заключающуюся в обеспечении нормального функционирования рубца (руминации) и моторной функции желудочно-кишечного тракта.

Структурные углеводы вместе с лигнином объединяют под общими названиями «волокно» (fiber)

или «клетчатка». Для определения содержания структурных углеводов обычно используются эмпирические методы. До середины XX в. уровень структурных веществ оценивался по содержанию сырой клетчатки (СК). Однако СК не представляет сумму непереваримых веществ, так же, как всю сумму структурных углеводов, часть которых, а также часть лигнина удаляются в процессе ее определения. В то же время знание всей суммы СУ и отдельных ее составляющих необходимы для более точного прогнозирования потребления корма и его переваримости. В связи с этим в 60-е гг. прошлого века Ван-Соестом был предложен метод анализа углеводов клеточных стенок кормов с помощью детергентов.

При обработке пробы корма нейтральным детергентом удаляется содержимое клетки,

и получающийся при этом остаток, называемый нейтрально-детергентной клетчаткой (НДК), представляет собой сумму целлюлозы (Ц), гемицеллюлоз (ГЦ) и кислотного детергента растворяет и ГЦ, оставляя Ц и КДЛ – кислотно-детергентную клетчатку.

Начиная с конца прошлого века оценка кормов и рационов по содержанию в них детергентных форм клетчатки получила широкое распространение во всем мире. Методы анализа стандартизованы на международном и межгосударственном уровнях. В нашей стране также исследованы некоторые корма и кормовые травы по уровню КДК и НДК [2]. Например, в условиях Московской, Калужской, Оренбургской областей и Татарстана проведены исследования по изучению пищеварения у бычков и коров в зависимости от содержания структурных углеводов в рационе. При этом информации об уровнях КДК и НДК в разных видах кормовых трав в зависимости от фазы вегетации и других условий пока недостаточно. Наличие подобной информации позволило в стандарты на объемистые корма включить требования не только к СК, но и к КДК и НДК.

Цель работы – выявить зависимость содержания структурных углеводов и лигнина от фазы роста многолетних злаковых трав и возможность применения цифровых инноваций в анализе состава корма.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований являются образцы кормовых трав, выращенных на дерново-подзолистой почве Центральной экспериментальной базы ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса. Скашивали костреч безостый (сорт Моршанский 760), овсяницу луговую (сорт ВИК 5), тимopheевку луговую (сорт ВИК 7) в фазы выхода в трубку, выметывания соцветий (колошения) и цветения. Почвы – дерново-подзолистые, среднесуглинистого состава с содержанием гумуса до 2%, подвижного фосфора и калия – 100 мг/1 кг почвы. Реакция почвенного раствора на контроле среднекислая pH – 5,0-5,5. Фазы роста трав определяли глазомерно в соответствии с ГОСТ по заготовке кормов (ГОСТ Р 55986-2022. Силос и силаж. Технические условия; ГОСТ Р 55542-2021. Сено и сенаж. Общие технические условия).

Размер делянок составлял 50 м², повторность четырехкратная, второй год вегетации, первый укос.

Пробы кормов, высушенные при температуре 60-65°C в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией, размалывали до прохода через сито с отверстиями 1 мм. Анализы на содержание НДК, КДК и КДЛ проводили с применением бумажных

фильтров вместо стеклянных^{1,2}. По этим показателям определяли гемицеллюлозы (ГЦ) по разнице между НДК и КДК, целлюлозы (Ц) – по разнице между КДК и КДЛ [3].

Статистическую обработку данных производили, применяя программу «Excel», с использованием «Statistica» 6.0.

Результаты и их обсуждение

Results and Discussion

По мере роста трав возрастает доля клеточных стенок во всех видах злаковых трав (табл. 1), хотя они несколько отличаются в зависимости от фазы роста уровнем накопления структурных веществ. Так, тимopheевка луговая уже в фазе выхода в трубку характеризовалась более высоким уровнем НДК, а в кострече безостом в фазы колошения и цветения он остается ниже, чем в двух других злаках. Виды трав также различаются по динамике накопления структурных веществ. Повышение НДК в сравнительно раннеспелой овсянице луговой происходило более высокими темпами, чем в кострече безостом, и в более позднеспелом виде – в тимopheевке луговой.

На основании анализа данных таблицы 1 можно заключить, что содержание КДК и НДК и КДЛ (% в сухом веществе) в злаковых травах составляет до начала колошения 31-32, 50-55, 4-6; в фазу колошения – 32-37 и 55-65, 5-6; в цветение – 40-45, 70-72, 7-9 соответственно.

По мере роста трав одновременно с накоплением клеточных стенок происходит изменение их состава (табл. 2). Возрастание НДК происходит главным образом за счет целлюлозы, и в меньшей степени – за счет лигнина. В связи с этим в составе НДК возрастает доля КДК, включающая в себя Ц и КДЛ. При этом наблюдается существенное снижение доли ГЦ. Так, НДК молодых злаков наполовину состоит из ГЦ. В дальнейшем доля ГЦ снижается, что особенно характерно для овсяницы луговой.

Факт накопления структурных углеводов по мере роста трав отмечается во многих исследованиях. Наиболее полно такие сведения содержатся в таблицах по составу кормов США и Канады [4], более поздние данные относятся к разным по климатическим условиям штатов США: Северной Дакоты, Вермонта, Висконсина, Колорадо. Имеются результаты исследований, проведенных

¹ ГОСТ ISO 13906-2013. Корма для животных. Определение содержания кислотного-детергентной клетчатки (КДК) и кислотного-детергентного лигнина. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105733>.

² ГОСТ ISO 16472-2014. Корма для животных. Определение содержания нейтрально-детергентной клетчатки с применением амилазы. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110768>.

Таблица 1

**Содержание структурных углеводов и лигнина в злаковых травах
в зависимости от фазы роста, % в сухом веществе**

Культуры и фазы роста	Виды структурных углеводов и лигнина				
	КДК	НДК	ГЦ	Ц	КДЛ
Кострец безостый					
- выход в трубку	26,97	45,24	18,27	21,50	5,47
- колошение	32,09	52,50	20,41	25,77	6,32
- цветение	40,04	65,24	25,20	32,51	7,53
Овсяница луговая					
- выход в трубку	26,50	42,70	16,20	22,24	4,26
- колошение	36,01	62,54	26,53	29,69	6,32
- цветение	45,76	72,00	26,24	37,90	7,86
Тимофеевка луговая					
- выход в трубку	30,08	48,84	18,76	23,14	6,94
- колошение	36,40	59,02	22,62	28,60	7,80
- цветение	42,70	72,20	29,50	32,08	10,62

Table 1

**Structural carbohydrate and lignin content of perennial cereal forage grasses depending
on the growth phase, % in dry matter**

Grasses and growth phases	Types of structural carbohydrates and lignin				
	ADF	NDF	HC	C	ADL
Awnless brome					
- shooting	26.97	45.24	18.27	21.50	5.47
- earing	32.09	52.50	20.41	25.77	6.32
- flowering	40.04	65.24	25.20	32.51	7.53
Meadow fescue					
- shooting	26.50	42.70	16.20	22.24	4.26
- earing	36.01	62.54	26.53	29.69	6.32
- flowering	45.76	72.00	26.24	37.90	7.86
Meadow timothy					
- shooting	30.08	48.84	18.76	23.14	6.94
- earing	36.40	59.02	22.62	28.60	7.80
- flowering	42.70	72.20	29.50	32.08	10.62

в некоторых других странах: например, в Финляндии, Сербии, Чехии и др. Обобщение этих данных в количественном отношении несколько затруднительно в связи с тем, что они получены при разных почвенно-климатических и погодных условиях. Кроме того, фазы вегетации зачастую трактуются и фиксируются по-разному, большей частью глазомерно.

Достижение оптимального для заготовки кормов КДК и НДК в травах не всегда можно установить по фазе роста трав, тем более фазы роста несколько растянуты во времени. Поэтому целесообразно сроки уборки трав определять по фактическим данным анализов, путем ежедневного отбора

проб на протяжении всего периода заготовки кормов, как это предложено в работе [5].

Как отмечалось выше, при анализе кормов по традиционной схеме содержание волокнистых веществ, степень переваримости корма оценивают по уровню СК. К настоящему времени накоплено множество данных по уровню СК. Поэтому представляет интерес изучение взаимосвязи между СК, КДК и НДК, чтобы иметь некоторую возможность судить об уровнях детергентных форм клетчатки, исходя из содержания СК. Корреляционный анализ (в выборку включены результаты анализа проб 5 видов злаковых трав в три фазы роста каждый, а также силоса и сенажа, приготовленных из этих

Состав клеточных стенок, % от НДК

Культуры	Доля компонентов клеточных стенок, % от НДК			
	КДК	ГЦ	Ц	КДЛ
Кострец безостый				
- выход в трубку	52,6	47,4	41,6	11,1
- колошение	55,8	39,2	44,8	11,0
- цветение	61,4	38,6	49,8	11,5
Овсяница луговая				
- выход в трубку	43,6	56,4	34,5	9,1
- колошение	57,6	42,4	47,5	10,1
- цветение	63,6	36,4	52,6	10,9
Тимофеевка луговая				
- выход в трубку	51,1	48,9	39,3	11,8
- колошение	52,7	47,3	41,4	11,3
- цветение	59,1	40,8	44,4	14,7

Table 2

Cell wall composition in% of NDF

Grass	Proportion of cell wall components in% of NDF			
	ADF	HC	C	ADL
Awnless brome				
- shooting	52.6	47.4	41.6	11.1
- earing	55.8	39.2	44.8	11.0
- flowering	61.4	38.6	49.8	11.5
Meadow fescue				
- shooting	43.6	56.4	34.5	9.1
- earing	57.6	42.4	47.5	10.1
- flowering	63.6	36.4	52.6	10.9
Meadow timothy				
- shooting	51.1	48.9	39.3	11.8
- earing	52.7	47.3	41.4	11.3
- flowering	59.1	40.8	44.4	14.7

трав) показал достаточно тесную связь между СК и КДК (уравнение (1), рис. 1), а между СК и НДК она была менее тесной (уравнение (2), рис. 1), что, видимо, связано с составом этих видов клетчатки. СК и КДК состоят из одних и тех же соединений – целлюлозы и лигнина, хотя в количественном отношении различаются между собой, в то время как в НДК, кроме них, входят ГЦ:

$$\text{КДК} = 1,0764\text{СК} + 6,3265 \quad (n = 64, R^2 = 0,865, s = 2,43); \quad (1)$$

$$\text{НДК} = 1,5986\text{СК} + 7,9237 \quad (n = 64, R^2 = 0,757, s = 4,36). \quad (2)$$

Как известно, адекватность регрессионных моделей зависит от объема и состава выборки. Они

достаточно хорошо описывают зависимость для трав одного семейства, хотя и разной фазы роста в пределах одной почвенно-климатической зоны, но для трав разных семейств, выращенных в других условиях. Однако при большом объеме выборки, включающей в себя образцы трав, полученных в широком диапазоне условий их выращивания, появляется возможность разработки более универсальных уравнений. Например, в работе [6] допускается определение концентрации КДК в травах по уравнениям регрессии, полученным на основе большой выборки для злаковых трав (уравнение 3):

$$\text{КДК} = 6,89 + 0,5 \cdot \text{НДК}, \quad (n = 722, R^2 = 0,62, s = 3,1). \quad (3)$$

Определение состава кормов нужно производить чаще (в идеале – через 1-2 дня) для определения

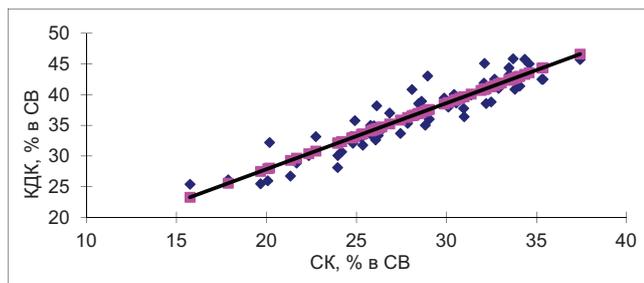


Рис. 1. Взаимосвязь между СК и КДК
Fig. 1. Relationship between CF and ADF

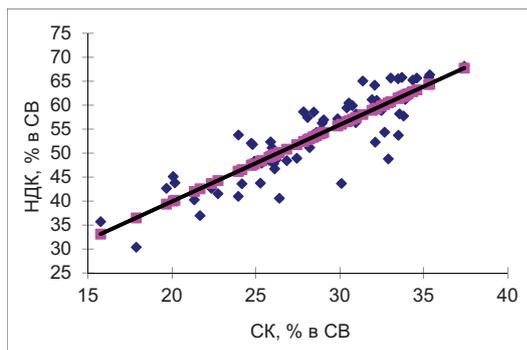


Рис. 2. Взаимосвязь между СК и НДК
(источник – исследования авторов)
Fig. 2. Relationship between CF and NDF
(source – authors' research)

оптимальных сроков заготовки кормов. Однако традиционные химические методы требуют много времени для измерений КДК и НДК. Работа производится в несколько этапов: сбор проб, сушка, измельчение и химический анализ. Технология проведения анализа состава кормов совершенствуется, и передовыми сегодня являются метод инфракрасного анализа [7] и др.

Авторы [8] предлагают определять содержание КДК и НДК с помощью инфракрасного излучения следующим образом: направлять на травостой инфракрасный луч в диапазоне от 40 до 2500 нм и измерять отражательную способность травостоя; одновременно на всех стадиях роста растения измерять содержание КДК и НДК химическим путем; затем составлять калибровочные уравнения, позволяющие впоследствии не проводить химический анализ.

В настоящее время в определении состава и качества кормов используются цифровые технологии [9-11], в том числе технологии дистанционного плана, основанные на использовании беспроводных сетей. Они являются составляющей технологии интернета вещей, все активнее применяемых сегодня в сельском хозяйстве, что во многом является следствием развития и удешевления в несколько раз технологий беспроводной связи. Авторы того же источника [8] предлагают для определения КДК и НДК БПЛА применять мультиспектральную камеру и использовать вегетационный индекс NDVI. Вегетативные индексы

растений – такие, как нормализованный разностный вегетативный индекс (NDVI), рассчитанный на основе данных спектральной отражательной способности листьев растений, использовались при оценке надземной вегетативной биомассы и качества. Это согласуется с нашими исследованиями, проведенными ранее, где предлагалось с помощью технологий дистанционного зондирования посевов определять содержание в растениях переваримого протеина через фиксацию содержания в них азота [2]. В этом случае скорость анализа существенно повышается, составляется на большой территории карта неоднородности полей.

Методика основана на применении БПЛА и мульти- или гиперспектральной камеры, фиксирующей отражение от поверхности листа растения солнечного света. Метод предполагает: формирование определенной эталонной площадки однородной поверхности рядом с проверяемым полем; установление границ нескольких контрольных площадок в поле с различной степенью густоты растений; осуществление аэрофотосъемки поля с БПЛА с получением мультиспектральных снимков. Далее измеряют на контрольных площадках содержание КДК и НДК в растениях с помощью химического или спектрального методов. Далее полученные результаты передаются в компьютер, где с помощью специальной обработки формируется мультиспектральный ортофотоплан диагностируемого поля. По сравнению со статическими полевыми станциями БПЛА обладают рядом таких преимуществ, как высокое качество собранных данных, высокое качество разрешения снимков, относительно низкая цена, возможность выбора и интеграции различных датчиков. Беспилотники оснащены различными современными технологиями – такими, как инфракрасные камеры, GPS и лазер.

Тем не менее применение цифровых технологий при повышенных затратах на покупку БПЛА и мультиспектральной камеры существенно экономит время, затраты труда и химических реактивов, позволяя оптимизировать время заготовки кормов, тем самым получать более высокие показатели кормоотдачи. Так, традиционный метод требует выполнения 12 трудовых операций и длится около 3 дней. Экспресс-метод требует выполнения 11 операций, и работа длится около дня. Цифровой метод предполагает выполнение 5 операций, которые выполняются в течение 2 ч. Кроме того, цифровой метод охватывает значительные площади (площадь 10 га анализируется за 30 мин).

Экспериментальные данные по цифровому методу пока не получены, эксперименты планируется провести в ближайшем будущем. Однако авторы уверены в высокой результативности предлагаемого метода, так как он использовался различными исследователями для решения схожих задач, что было отражено ими в научных статьях [12-15].

Таким образом, цифровые новации в кормопроизводстве, имеющиеся сегодня в арсенале исследователей, играют важную роль в науке и практике. Они позволяют существенно сократить время анализа кормов, оперативно принимать управленческие решения относительно технологий выращивания кормовых трав и технологий заготовки кормов.

Выводы Conclusions

Изучен состав структурных углеводов злаковых трав умеренно-холодного климата в зависимости от фазы роста. Приводятся уравнения связи между разными формами структурных углеводов.

Список источников

1. Bailey R.W. Structural carbohydrates. *Chemistry and biochemistry of herbage*. New York, «Academic Press»; 1973. Pp. 157-211.
2. Khudyakova E.V., Khudyakova H.K., Shitikova A.V., Savoskina O.A., Konstantinovich A.V. Information technologies for determination the optimal period of preparing fodder from perennial grasses. *Periodico Tche Quimica*. 2020;17(35):1044-1056. https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n35.2020.86_KHUDYAKOVA_pgs_1044_1056.pdf
3. Van-Soest P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991;74:3583-3597.
4. National Research Council. 1982. *United States-Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds, Third Revision*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/1713>
5. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа: Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 4 июня 2018 г. № 16. – Режим доступа: <https://brestplem.by/informatsiya/instruktsii/oot.pdf>
6. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*, 2001. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
7. Walelegne M., Meheret F., Derseh M.B., Dejene M., Asmare Y.T., Prasad K.V.S.V., Jones C.S., Dixon R.M. and Duncan A.J. Near-infrared reflectance spectroscopy using a portable instrument to measure the nutritive value of oilseed meals as livestock feed. *Front. Anim. Sci.* 2023;4:1203449. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1203449>
8. Lingjie Zeng, Chengci Chen. Using remote sensing to estimate forage biomass and nutrient contents at different growth stages. *Biomass and Bioenergy*. 2018;115:74-81. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.04.016>
9. Khudyakova E.V., Gorbachev M.S., Nifontova E.A. Improving the efficiency of agro-industrial complex

По мере роста кормовых трав в составе клеточных стенок повышается доля кислотно-детергентной клетчатки (целлюлозы и лигнина) и снижается содержание гемицеллюлозы.

Корреляционный анализ, проведенный с экспериментальными данными, показал, что между СК и НДК, а также между СК и КДК существует тесная связь: R^2 составляет соответственно 0,86 и 0,75.

Поскольку состав кормов из трав в период их заготовки нужно определять с периодичностью в 2-3 дня, в этих целях сегодня могут быть использованы цифровые технологии, основанные на применении БПЛА, дистанционном зондировании посевов. Это позволит сократить время проведения анализа с 3 дней до 2 ч, что обеспечит более высокую оперативность в принятии управленческих решений при заготовке кормов.

References

1. Bailey R.W. Structural carbohydrates. *Chemistry and biochemistry of herbage*. New York: “Academic Press”, 1973:157-211.
2. Khudyakova E.V., Khudyakova H.K., Shitikova A.V., Savoskina O.A., Konstantinovich A.V. Information technologies for determination the optimal period of preparing fodder from perennial grasses. *Periodico Tche Quimica*. 2020;17(35):1044-1056. https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n35.2020.86_KHUDYAKOVA_pgs_1044_1056.pdf
3. Van-Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991;74:3583-3597.
4. National Research Council. 1982. *United States-Canadian Tables of Feed Composition: Nutritional Data for United States and Canadian Feeds, Third Revision*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/1713>
5. Organizational and technological requirements for milk production at industrial-type dairy complexes: Resolution of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus No. 16 of 4 June 2018. (In Russ.) URL: <https://brestplem.by/informatsiya/instruktsii/oot.pdf>
6. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press, 2001. <https://doi.org/10.17226/9825>
7. Walelegne M., Meheret F., Derseh M.B., Dejene M., Asmare Y.T., Prasad K.V.S.V., Jones C.S., Dixon R.M., Duncan A.J. Near-infrared reflectance spectroscopy using a portable instrument to measure the nutritive value of oilseed meals as livestock feed. *Front. Anim. Sci.* 2023;4:1203449. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1203449>
8. Lingjie Zeng, Chengci Chen. Using remote sensing to estimate forage biomass and nutrient contents at different growth stages. *Biomass and Bioenergy*. 2018;115:74-81. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.04.016>
9. Khudyakova E.V., Gorbachev M.S., Nifontova E.A. Improving the efficiency of agro-industrial complex

management based on digitalization and system approach. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2018;274:012079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012079>

10. Khudyakova E., Nikanorov M., Bystrenina I., Cherevatova T., Sycheva I. Forecasting the production of gross output in agricultural sector of the ryazan oblast. *Estudios de Economía Aplicada*. 2021. Т. 39, № 6. <https://doi.org/10.25115/eea.v39i6.5171>

11. Slasya I., Khudyakova E., Vasenev I., Nikanorov M., Fomina T. Improvement of the Integral Indicator of the Ecological and Toxicological Assessment of the Danger of the Use of Pesticides in Agriculture and the Creation of an Information System for Their Monitoring. *Agriculture (Switzerland)*. 2023;13(9):1797. <https://doi.org/10.3390/agricultural13091797>

12. Худякова Е.В., Кушнарёва М.Н., Горбачёв М.И. Определение оптимальных сроков заготовки кормов на основе использования технологий «Интернета вещей» (IoT). *Главный агроном*. 2022;2.

13. Yao X., Zhu Y., Tian Y. et al. Exploring hyperspectral bands and estimation indices for leaf nitrogen accumulation in wheat. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2010;12:89-100. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.008>

14. Zhang X., Liu F., He Y., Gong X. Detecting macronutrients content and distribution in oilseed rape leaves based on hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering*. 2013;115:56-65. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.02.007>

15. Трухачев В.И., Сычёва О.В., Стародубцева Г.П. и др. Технология молочного фиточая «Стевилакт». *Пищевая индустрия*. 2012;2:18-20.

management based on digitalization and system approach. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2018;274:012079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/274/1/012079>

10. Khudyakova E., Nikanorov M., Bystrenina I., Cherevatova T., Sycheva I. Forecasting the production of gross output in agricultural sector of the ryazan oblast. *Estudios de Economía Aplicada*. 2021;39;6. <https://doi.org/10.25115/eea.v39i6.5171>

11. Slasya I., Khudyakova E., Vasenev I., Nikanorov M., Fomina T. Improvement of the Integral Indicator of the Ecological and Toxicological Assessment of the Danger of the Use of Pesticides in Agriculture and the Creation of an Information System for Their Monitoring. *Agriculture (Switzerland)*. 2023;13(9):1797. <https://doi.org/10.3390/agricultural13091797>

12. Khudyakova E.V., Kushnareva M.N., Gorbachev M.I. Determining the optimal timing of feed procurement based on the use of Internet of Things (IoT) technologies. *Glavniy agronom*. 2022;2. (In Russ.)

13. Yao X., Zhu Y., Tian Y. et al. Exploring hyperspectral bands and estimation indices for leaf nitrogen accumulation in wheat. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2010;12:89-100. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.008>

14. Zhang X., Liu F., He Y., Gong X. Detecting macronutrients content and distribution in oilseed rape leaves based on hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering*. 2013;115:56-65. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.02.007>

15. 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.)

Сведения об авторах

Хатима Каримовна Худякова, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»; 141055, Россия, Московская область, г. Лобня, Научный городок, корпус 1; e-mail: hatima40@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2738-3438>

Елена Викторовна Худякова, д-р экон. наук, профессор кафедры прикладной информатики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7875-074X>

Марина Николаевна Степаневич, канд. экон. наук, доцент кафедры прикладной информатики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: stepmn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7125-3027>

Олег Алексеевич Моторин, канд. полит. наук, доцент кафедры прикладной информатики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: o.motorin@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0123-2068>

Information about the authors

Hatima K. Khudyakova, CSc (Agr), Leading Research Associate, Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology (Building 1, Scientific town, Lobnya, Moscow region, 141055, Russian Federation); e-mail: hatima40@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2738-3438>

Elena V. Khudyakova, DSc (Econ), Professor, Professor at the Department of Applied Information Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: evhudyakova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7875-074X>

Marina N. Stepantsevich, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Applied Information Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: stepancevich@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7125-3027>

Oleg A. Motorin, CSc (Polit), Associate Professor at the Department of Applied Information Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: o.motorin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0123-2068>

Михаил Владиславович Журавлев, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры прикладной информатики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: jouravl@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0226-980X>

Михаил Сергеевич Никаноров, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikanorov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7487-6273>

Mikhail V. Jouravlev, CSc (Phys-math), Associate Professor at the Department of Applied Information Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: jouravl@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0226-980X>

Mikhail S. Nikanorov, Senior Lecturer at the Department of Applied Information Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nikanorov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7487-6273>

Статья поступила в редакцию 07.11.2023
Одобрена после рецензирования 03.12.2023
Принята к публикации 13.12.2023

The article was submitted to the editorial office 07 Nov 2023
Approved after reviewing 03 Dec 2023
Accepted for publication 13 Dec 2023

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Оригинальная научная статья

УДК 631.442.2:631.484

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-116-124>



**Оценка состояния органического вещества и физических свойств
постагрогенной дерново-подзолистой почвы и ее пахотного аналога**

**Борис Анорьевич Борисов, Олег Евгеньевич Ефимов, Ольга Владимировна Елисеева,
Николай Викторович Минаев, Артем Анатольевич Прохоров**

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

Автор, ответственный за переписку: Борисов Борис Анорьевич, borisov@rgau-msha.ru

Аннотация

Почвы часто по разным причинам выходят из сельскохозяйственного оборота, при этом около 1/4 залежных почв в мире являются российскими, преимущественно расположенными в таежно-лесной зоне. Во время нахождения в залежи в почвах происходят изменения, направленность которых обусловлена сочетанием различных факторов, поэтому для определения целесообразности или очередности возврата залежных почв в пашню актуальной является оценка важнейших показателей их плодородия. С этой целью проведено сравнительное исследование показателей состояния органического вещества и физических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы и ее постагрогенного аналога, находящегося более 20 лет под залежью. Отмечено достоверное увеличение содержания углерода легкой фракции органического вещества в слое 0-10 см залежной почвы по сравнению с соответствующим горизонтом пахотного аналога. В горизонте 10-20 см это увеличение проявилось в виде тенденции, также проявилась тенденция повышения содержания органического углерода (общего гумуса) в бывшем пахотном слое почвы залежи. Увеличение данных показателей состояния органического вещества обусловлено, по-видимому, ростом количества растительных остатков в результате сукцессии естественной травянистой растительности по сравнению с количеством послеуборочных остатков на пашне. В залежной почве также наблюдалось увеличение количества макроагрегатов, агрономически ценных агрегатов, водопрочности макро- и микроагрегатов по сравнению с пахотной почвой. Очевидно, такое улучшение показателей структурного состояния связано с увеличением гумусированности и с отсутствием механической обработки почв, способствующей разрушению агрегатов. Почва залежи по сравнению с пахотной имела достоверно более низкую плотность и плотность твердой фазы, что объясняется более высоким содержанием в ней легкой фракции органических веществ, а также лучшей структурой. Полученные результаты позволяют оценить характер изменений показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в результате пребывания в залежном состоянии. Показатель содержания легкой фракции органического вещества является более ранним индикатором восстановления почв под залежью по сравнению с общим содержанием углерода в почве, что позволяет определить целесообразность и очередность возвращения залежных почв в пашню.

Ключевые слова

залежь, постагрогенные почвы, сукцессия, легкая фракция органического вещества почв, физические свойства, агрегатное состояние

Благодарности

Статья подготовлена по итогам исследований в рамках программы «Приоритет 2030» по направлению научного исследования «Новые технологии в сельском хозяйстве»

Для цитирования

Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Елисеева О.В., Минаев Н.В., Прохоров А.А. Оценка состояния органического вещества и физических свойств постагрогенной дерново-подзолистой почвы и ее пахотного аналога. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1 (4). С. 116-124. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-116-124>

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-116-124>

Assessment of organic matter state and physical properties of postagrogenic sod-podzolic soil and its arable analogue

Boris A. Borisov, Oleg E. Efimov, Olga V. Eliseeva, Nikolay V. Minaev, Artem A. Prokhorov

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

Corresponding author: Boris A. Borisov; borisov@rgau-msha.ru

Abstract

Land is often withdrawn from agriculture for various reasons, about 1/4 of the world's fallow land is in Russia, mainly in the taiga forest zone. Some changes, determined by a combination of various factors, take place in fallow land. Therefore, in order to determine the expediency or priority of returning fallow land to arable land, it is relevant to assess the main indicators of its fertility. To this end, a comparative study of the organic matter and physical properties of an arable sod-podzolic soil and its post-agricultural analogue, which has been fallow for more than 20 years, was carried out. A reliable increase in the carbon content of the light fraction of organic matter in the 0-10 cm layer of the fallow soil was observed in comparison with the corresponding horizon of the arable analogue. In the 10-20 cm horizon this increase was manifested in the form of a tendency, also the tendency of increase in the content of organic carbon (total humus) in the former arable layer of the fallow soil was manifested. The increase in these indicators of the state of organic matter is apparently due to the increase in the amount of plant residues as a result of the succession of natural herbaceous vegetation compared to the amount of post-harvest residues on arable land. The fallow soil also showed an increase in the number of macroaggregates, agronomically valuable aggregates and the water holding capacity of macro- and microaggregates compared to the arable soil. Obviously, such an improvement in the structural condition indicators is related to the increase in humus content and the absence of mechanical tillage, which favours the destruction of aggregates. The fallow soil in comparison with the arable soil had reliably lower density and density of solid phase, which is explained by higher content of light fraction of organic matter in it, as well as better structure. The obtained results allow to assess the nature of changes in fertility indicators of sod-podzolic soil as a result of staying in fallow condition. The indicator of the content of the light fraction of organic matter is an earlier indicator of the recovery of the fallow soil compared to the total carbon content in the soil, which allows to determine the expediency and priority of the return of fallow soils to arable land.

Keywords

fallow land, fallow soil, postagrogenic soils, succession, light fraction of soil organic matter, physical properties, aggregate state

Acknowledgements

The article was prepared based on the results of research within the framework of the Priority 2030 Program in the research area "New Technologies in Agriculture"

For citation

Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V., Minaev N.V., Prokhorov A.A. Assessment of organic matter state and physical properties of postagrogenic sod-podzolic soil and its arable analogue. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;1(4):1-10. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-4-116-124>

Введение Introduction

Переход пахотных земель в залежное состояние является достаточно распространенным явлением. Площадь залежных земель в мире составляет примерно 220 млн га [1], из них в России под залежью находятся около 4,9 млн га [2]. При этом преобладающие площади залежных земель России расположены в таежно-лесной зоне [3]. Большинство залежных участков представлено маргинальными почвами, находящимися в районах с неблагоприятными экологическими условиями

для сельскохозяйственного производства или почвами, подверженными процессам деградации [3]. После снятия антропогенного воздействия происходит смена растительности и развиваются новые процессы почвообразования, в результате чего меняются свойства почв на всех уровнях их структурной организации, однако характер этой трансформации определяется разными факторами, а изменения могут идти в разных направлениях [4]. В результате восстановления естественной растительности на постагrogenных почвах начинается процесс их самовосстановления, происходящий в направлении исходного зонального типа. Этот

процесс заключается в восстановлении морфологических признаков, агрегатного состояния и химических свойств, характерных для почв без прямого антропогенного вмешательства. В залежных почвах по сравнению с пахотными возрастает доля макроагрегатов и снижается доля микроагрегатов, происходит увеличение содержания агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10 мм [5].

Постагрогенные сукцессии обычно способствуют нарастанию массы корней, усилению биологической активности, увеличению содержания органического вещества почв, улучшению агрегатного состояния пахотного слоя [3, 6, 7]. Сравнительное исследование постагрогенных серых лесных и черноземных почв показало, что на серых лесных почвах под залежью происходил значительно более высокий прирост содержания почвенного органического углерода по сравнению с черноземом [8].

Углерод легкой фракции органического вещества, а также углерод, связанный с макроагрегатами, могут служить диагностическими фракциями почвенного органического вещества, реагирующими на изменения характера землепользования [9, 10]. При залегании пахотных почв на склонах отмечается увеличение содержания легкой фракции в нижних частях склонов по сравнению с верхними за счет смыва при водной эрозии, при переходе почв в залежное состояние различия между верхними и нижними частями склонов по содержанию легкой фракции постепенно нивелируются [11, 12].

Преобразование пахотных земель в пастбища и нахождение их в течение 29 лет под травянистой растительностью привели к относительно высокому накоплению органического углерода в почвенных профилях, особенно на глубине 0-40 см. При этом на изменение характера землепользования реагировали в первую очередь лабильные фракции органического углерода – такие, как водорастворимое органическое вещество и легкая фракция [13].

Целью данной работы является установление изменений показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в результате длительного нахождения в залежи: состояния органического вещества, физических свойств и агрегатного состояния.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований являлась дерново-неглубокоподзолистая тяжелосуглинистая почва на покровном суглинке, залегающая на двух соседних полях северо-восточной экспозиции, разделенных ложиной в Волоколамском районе Московской области. Одно из полей используется под пашней в зернотравяном севообороте, другое поле находится под залежью в течение 21 года, на нем произошла сукцессия травянистой растительности.

Поскольку на данном поле один раз в несколько лет проводилось скашивание травянистой растительности, отмечаются только отдельные деревца березы возрастом не более 4-5 лет.

Были поставлены задачи провести на залежной почве и на ее пахотном аналоге сравнительные исследования показателей состояния органического вещества почв, их физических свойств и агрегатного состояния.

Площадки, с которых отбирали образцы почв, были приурочены к пологой приводораздельной поверхности с крутизной не более 1°, размер площадок – 20 на 20 м, повторность отбора пятикратная. Образцы были отобраны из слоев почвы 0-10 и 10-20 см, поскольку основная масса корней травянистой растительности на залежной почве сосредоточена в этих слоях, причем они значительно отличаются друг от друга по данному показателю. Для определения плотности почвы отбирали керны с помощью цилиндра диаметром 8,5 см и высотой 10 см, отбор проводили в августе 2022 г.

В образцах почв определяли содержание общего органического углерода и углерода легкоразлагаемого органического вещества (легкой фракции).

Легкая фракция представляет собой свежие и находящиеся в разной степени разложения и минерализации растительные остатки, а также собственно гумусовые вещества, не связанные с минеральной частью почвы. Препаративное выделение легкой фракции производили по методике Борисова и Ганжары [14]. Для выделения применяли две последовательные экстракции тяжелой жидкостью: раствором NaI – для первой экстракции использовали раствор плотностью 1,8 г/см³ при отношении почва: экстрагент 1:2; после центрифугирования при 5000 об/мин в течение 10 мин легкую фазу почвы отделяли от супернатанта на бумажном фильтре, переносили в центрифужную пробирку и затем, для отделения минеральных илистых частиц, выполняли повторную экстракцию раствором иодистого натрия плотностью 1,6 г/см³. Легкую фракцию на фильтре промывали дистиллированной водой и сушили при температуре 70°C.

Определение содержания органического углерода в почве и в составе легкой фракции производили путем сжигания при температуре 900°C на анализаторе Vario Micro Cube (Elementar, Langensfeld, Германия).

Определение агрегатного состава и содержания водостойких агрегатов исследуемых почв выполняли по методу Н.И. Саввинова, определение содержания илистых частиц размером <0,001 мм при гранулометрическом и микроагрегатном анализе – методом Н.А. Качинского, плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, общую пористость – расчетным путем [15].

Дисперсионный анализ и расчет наименьшей значимой разницы Фишера производили с использованием программного комплекса STRAZ.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В таблице 1 представлены результаты определения показателей состояния органического вещества почв.

Различия по содержанию органического углерода и углерода легкой фракции между слоями 0-10 и 10-20 см пахотной почвы были очень незначительными, так как эти слои относятся к ежегодно перемешиваемому пахотному горизонту. Поскольку преобладающее количество корней естественной травянистой растительности расположено в слое 0-10 см, различия по этим показателям между слоями 0-10 и 10-20 см залежной почвы проявились как заметная тенденция, однако, по результатам дисперсионного анализа, оказались недостоверными. Также заметное, но недостоверное увеличение содержания органического углерода наблюдалось в слое 0-10 см залежной дерново-подзолистой почвы по сравнению с таким же слоем пахотного аналога. Эта тенденция увеличения содержания гумуса в залежной почве, по-видимому, обусловлена достоверным увеличением содержания углерода легкой фракции в почве залежи по сравнению с пахотной почвой, так как легкая фракция является источником формирования гумусовых веществ. Подобные результаты

получены рядом исследователей [16-18]. Также следует отметить повышение запасов углерода легкой фракции в бывшем пахотном слое (0-20 см) залежной почвы по сравнению с таким же слоем пахотной почвы примерно на 1/3 – с 6,2 до 8,3 т/га.

В таблице 2 представлены результаты определения общих физических свойств исследуемых почвенных разностей.

В горизонте 10-20 см залежной почвы наметилась тенденция снижения плотности и плотности твердой фазы по сравнению с аналогом, оставшимся под пашней, однако это снижение было недостоверным.

Плотность и плотность твердой фазы достоверно уменьшились в слое 0-10 см почвы под залежью по сравнению с пахотным слоем обрабатываемой почвы. Такие результаты, очевидно, также объясняются преимущественным накоплением остатков корней травянистой растительности на залежи в слое 0-10 см. Различия в величине общей пористости между соответствующими слоями почв под пашней и залежью были незначительными.

В таблице 3 представлены результаты агрегатного анализа (сухое просеивание) исследуемых почв.

Из данных таблицы 3 следует, что в агрегатном составе залежной почвы в слое 0-20 см по сравнению с аналогичным слоем пахотной почвы

Таблица 1

Показатели состояния органического вещества дерново-подзолистой почвы под пашней и залежью

Угодье, горизонт	Глубина, см	Содержание органического углерода, %	Запасы органического углерода, т/га	Содержание углерода легкой фракции, %	Запасы углерода легкой фракции, т/га
Пашня, A _{пах}	0-10	1,64	43,9	0,24	6,2
	10-20	1,61		0,22	
Залежь, бывший A _{пах}	0-10	1,79	42,9	0,38	8,3
	10-20	1,66		0,29	
НСП ₀₅		0,22	-	0,11	-

Table 1

Indicators of organic matter state of sod-podzolic soil (arable and fallow)

Site, horizon	Depth, cm	Organic carbon content, %	Organic carbon stocks, tonnes/ha	Light fraction carbon content, %	Light fraction carbon stocks, tonnes/ha
Arable land, A _{ar}	0-10	1.64	43.9	0.24	6.2
	10-20	1.61		0.22	
Fallow land, former A _{ar}	0-10	1.79	42.9	0.38	8.3
	10-20	1.66		0.29	
НСП ₀₅		0.22	-	0.11	-

Таблица 2

Общие физические свойства дерново-подзолистой почвы под пашней и залежью

Угодье, горизонт	Глубина, см	Плотность почвы, г/см ³	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Общая пористость, %
Пашня, A _{пах}	0-10	1,34	2,64	49,2
	10-20	1,36	2,65	48,7
Залежь, бывший A _{пах}	0-10	1,22	2,51	51,0
	10-20	1,29	2,56	49,8
НСП ₀₅		0,08	0,12	-

Table 2

General physical properties of sod-podzolic soil (arable and fallow)

Site, horizon	Depth, cm	Soil density, g/cm ³	Soil particle density, g/cm ³	Total porosity, %
Arable land, A _{ар}	0-10	1.34	2.64	49.2
	10-20	1.36	2.65	48.7
Fallow land, former A _{ар}	0-10	1.22	2.51	51.0
	10-20	1.29	2.56	49.8
НСП ₀₅		0.08	0.12	-

Таблица 3

Агрегатный состав дерново-подзолистой почвы под пашней и залежью (сухое просеивание)

Угодье, горизонт	Глубина, см	Размер фракций, мм, содержание, %									
		<10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	10-0,25
Пашня, A _{пах}	0-20	25,6	12,4	8,3	7,1	5,2	6,2	5,4	8,8	21,0	53,4
Залежь, бывший A _{пах}	0-20	22,1	11,7	12,4	6,8	4,4	5,1	8,9	9,3	19,3	58,6

Table 3

Aggregate composition of sod-podzolic soil (arable and fallow) (dry sieving)

Site, horizon	Depth, cm	Fraction size, mm, content, %									
		<10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25	10-0.25
Arable land, A _{ар}	0-20	25.6	12.4	8.3	7.1	5.2	6.2	5.4	8.8	21.0	53.4
Fallow land, former A _{ар}	0-20	22.1	11.7	12.4	6.8	4.4	5.1	8.9	9.3	19.3	58.6

произошли благоприятные изменения: несколько уменьшилось содержание агрегатов размером менее 0,25 мм, то есть, увеличилось содержание макроагрегатов, а также заметно (с 53,4 до 58,4%) увеличилось содержание агрономически ценных агрегатов (10-0,25 мм).

В таблице 4 представлены результаты определения содержания водопрочных агрегатов в исследуемых почвах. Определение содержания водопрочных агрегатов, рассчитанное по результатам мокрого просеивания, показало, что в почве под залежью по сравнению с пахотным аналогом произошло снижение количества микроагрегатов (<0,25 мм) с 38,3 до 32,1% и соответствующее увеличение содержания макроагрегатов (>0,25 мм), и это также благоприятно с агрономической точки зрения. Изменения в агрегатном составе залежных почв обусловлены, очевидно, улучшением показателей состояния органического вещества в результате пребывания под залежью, как отмечается и в подобных зарубежных исследованиях [19].

Для оценки водопрочности микроагрегатов в исследуемых почвах был рассчитан фактор дисперсности по Н.А. Качинскому, определяемый по отношению содержания ила (частиц размером <0,001 мм), полученного при микроагрегатном анализе без предварительного разрушения агрегатов, к содержанию ила, полученному при гранулометрическом анализе с предварительным разрушением агрегатов. Более высокий фактор дисперсности говорит о меньшей водопрочности микроагрегатов. В пахотной почве фактор дисперсности составил 33,7%, а в залежной произошло увеличение водопрочности микроагрегатов: фактор дисперсности снизился до 26,4%.

Сравнительное исследование показателей состояния органического вещества и физических

свойств пахотной дерново-неглубокоподзолистой тяжелосуглинистой почвы на покровном суглинке и аналогичной почвы, перешедшей более 20 лет назад в залежное состояние, показало, что в слое 0-10 см залежной почвы под травянистой растительностью при очень слабом развитии древесной растительности произошло достоверное увеличение содержания легкой фракции органического вещества. Накопление легкой фракции в залежной почве обусловлено, по-видимому, более высоким поступлением опада под естественной травянистой растительностью по сравнению с поступлением послеуборочных остатков от сельскохозяйственных культур в пахотную почву. При этом преобладающее количество корневых остатков естественной травянистой растительности сосредоточено в слое 0-10 см. Кроме того, при отсутствии механической обработки почвы замедляются процессы минерализации органических остатков. Увеличение содержания общего органического углерода в залежной почве по сравнению с пахотной почвой проявилось только как тенденция.

В слое 0-10 см залежной почвы по сравнению с соответствующим слоем пахотной почвы наблюдалось достоверное снижение как плотности, так и плотности твердой фазы, что объясняется повышенным содержанием в этом слое легкой фракции органического вещества, обладающей меньшей плотностью по сравнению с минеральной частью почвы, а также лучшим агрегатным и микроагрегатным состоянием почвы под залежью, в которой по сравнению с пахотным аналогом отмечено увеличение содержания макроагрегатов, агрономически ценных агрегатов, водопрочных макро- и микроагрегатов.

Улучшение показателей структурного состояния почвы под залежью связано, очевидно,

Таблица 4

Агрегатный состав дерново-подзолистой почвы под пашней и залежью (мокрое просеивание)

Угодье, горизонт,	Глубина, см	Размер фракций, мм, содержание, %					
		5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Пашня, A _{пах}	0-20	12,4	8,5	10,9	11,0	18,9	38,3
Залежь, бывший A _{пах}	0-20	16,2	13,1	12,2	9,6	16,8	32,1

Table 4

Aggregate composition of sod-podzolic soil (arable and fallow) (wet sieving)

Site, horizon	Depth, cm	Fraction size, mm, content, %					
		5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25
Arable land, A _{ar}	0-20	12.4	8.5	10.9	11.0	18.9	38.3
Fallow land, former A _{ar}	0-20	16.2	13.1	12.2	9.6	16.8	32.1

как с повышением гумусированности, поскольку гумус почвы является основным фактором, обеспечивающим оструктурирование почв, так и с отсутствием механической обработки, ведущей к разрушению почвенных агрегатов.

Выводы Conclusions

Таким образом, проведенное исследование показало заметное улучшение важных показателей плодородия дерново-неглубокоподзолистой

тяжелосуглинистой почвы за время длительного пребывания под залежью по сравнению с аналогичной почвой, оставшейся под пашней, и возможность ее возвращения в сельскохозяйственный оборот.

При этом показатель содержания легкой фракции органического вещества является более ранним индикатором восстановления почв под залежью по сравнению с общим содержанием углерода в почве, что позволяет определить целесообразность и очередность возвращения залежных почв в пашню.

Список источников

1. Kurganova I., Merino A., Lopes de Gerenyu V., Barros N. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems. *Geoderma*. 2019;354:113882. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113882>
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с.
3. Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Gianni L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia. *Catena*. 2015;129:18-29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
4. Гончарова О.Ю., Телеснина В.М. Биологическая активность постагрогенных почв (на примере Московской области) // Вестник Московского университета. Серия 17 «Почвоведение». 2010. № 4. С. 24-31.
5. Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес Де Гереню В.О., Овсепян Л.А. и др. Изменение агрегатного состава различных типов почв в ходе залежной сукцессии // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2017. № 88. С. 47-74. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-47-74>
6. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils. *Global Change Biology*. 2007;13:1145-1156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01359.x>
7. Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J. et al. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*. 2011;17:2415-2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
8. He Y., Xu Z., Chen C., Burton J. et al. Using light fraction and macroaggregate associated organic matters as early indicators for management-induced changes in soil chemical and biological properties in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Geoderma*. 2008;147(3-4):116-125. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.08.002>
9. Lavalley J.M., Soong J.L., Cotrufo M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology*. 2020;26(1):261-273. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>

References

1. Kurganova I., Merino A., Lopes de Gerenyu V., Barros N. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems. *Geoderma*. 2019;354:113882. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113882>
2. Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2020. Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2022:384. (In Russ.)
3. Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Gianni L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia. *Catena*. 2015;129:18-29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
4. Goncharova O.Yu., Telesnina V.M. Biological activity of post-agrogenic soils (Moscow region). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2010;4:24-31. (In Russ.)
5. Baeva Yu.I., Kurganova I.N., Lopes De Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A. et al. Change in aggregate structure of various soil types during the succession of abandoned lands. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017;(88):47-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-47-74>
6. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils. *Global Change Biology*. 2007;13:1145-1156. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01359.x>
7. Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J. et al. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*. 2011;17:2415-2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
8. He Y., Xu Z., Chen C., Burton J. et al. Using light fraction and macroaggregate associated organic matters as early indicators for management-induced changes in soil chemical and biological properties in adjacent native and plantation forests of subtropical Australia. *Geoderma*. 2008;147(3-4):116-125. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.08.002>
9. Lavalley J.M., Soong J.L., Cotrufo M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology*. 2020;26(1):261-273. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>

10. Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Елисеева О.В. Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом // *Почвоведение*. 2022. № 7. С. 909-917. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070036>.
11. Gregorich E.G., Greer K.J., Anderson D.W., Liang B.C. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. *Soil and Tillage Research*. 1998;47(3-4):291-302. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00117-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00117-2)
12. Hao X., Han X. – Z., Li N., Lei W. Long-term grassland restoration exerts stronger impacts on the vertical distribution of labile over recalcitrant organic carbon fractions in Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*. 2022;86:1444-1456. <https://doi.org/10.1002/saj2.20422>
13. Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V., Tarazanova T.V. et al. Organic matter of sod-podzolic soil after transition to a fallow state. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021:022022. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012108>
14. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Почвоведение: Практикум. М.: «ИНФРА-М», 2014. 256 с.
15. Liao J., Yang X., Dou Y., Wang B. et al. Divergent contribution of particulate and mineral-associated organic matter to soil carbon in grassland. *Journal of Environmental Management*. 2023(344):118536. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118536>
16. Chen S., Feng X., Lin Q., Liu C. et al. Pool complexity and molecular diversity shaped topsoil organic matter accumulation following decadal forest restoration in a karst terrain. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022;166:108553. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108553>
17. Poirier V., Roumet C., Munson A.D. The root of the matter: Linking root traits and soil organic matter stabilization processes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018;120:246-259. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.016>
18. John B., Yamashita T., Ludwig B., Flessa H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. 2005;128(1-2):63-79. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.013>
19. Wang B., Xu G., Ma T., Chen L. et al. Effects of vegetation restoration on soil aggregates, organic carbon, and nitrogen in the Loess Plateau of China. *Catena*. 2023;231:107340. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107340>
10. Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V. Organic matter and physical properties of postagrogenic eroded soddy-podzolic soil and arable soddy-podzolic soil. *Eurasian Soil Science*. (In Russ.) 2022;7:909-917. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070036>
11. Gregorich E.G., Greer K.J., Anderson D.W., Liang B.C. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. *Soil and Tillage Research*. 1998;47(3-4):291-302. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00117-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00117-2)
12. Hao X., Han X. – Z., Li N., Lei W. Long-term grassland restoration exerts stronger impacts on the vertical distribution of labile over recalcitrant organic carbon fractions in Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*. 2022;86:1444-1456. <https://doi.org/10.1002/saj2.20422>
13. Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V., Tarazanova T.V. et al. Organic matter of sod-podzolic soil after transition to a fallow state. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021:022022. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012108>
14. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baybekov R.F. Soil science: Workshop. M.: “INFRA-M”, 2014:256. (In Russ.)
15. Liao J., Yang X., Dou Y., Wang B. et al. Divergent contribution of particulate and mineral-associated organic matter to soil carbon in grassland. *Journal of Environmental Management*. 2023(344):118536. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118536>
16. Chen S., Feng X., Lin Q., Liu C. et al. Pool complexity and molecular diversity shaped topsoil organic matter accumulation following decadal forest restoration in a karst terrain. *Soil Biology and Biochemistry*. 2022;166:108553. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108553>
17. Poirier V., Roumet C., Munson A.D. The root of the matter: Linking root traits and soil organic matter stabilization processes. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018;120:246-259. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.02.016>
18. John B., Yamashita T., Ludwig B., Flessa H. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. 2005;128(1-2):63-79. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.12.013>
19. Wang B., Xu G., Ma T., Chen L. et al. Effects of vegetation restoration on soil aggregates, organic carbon, and nitrogen in the Loess Plateau of China. *Catena*. 2023;231:107340. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107340>

Сведения об авторах

Борис Анорьевич Борисов, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: borisov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>

Олег Евгеньевич Ефимов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: efimov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/00-0002-8134-0159>

Ольга Владимировна Елисеева, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: o.eliseeva@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2513-6268>

Николай Викторович Минаев, кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0718-3383>

Артем Анатольевич Прохоров, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: soillab@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 21.11.2023
Одобрена после рецензирования 22.12.2023
Принята к публикации 27.12.2023

Information about the authors

Boris A. Borisov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: borisov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5396-1695>

Oleg E. Efimov, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: efimov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/00-0002-8134-0159>

Olga V. Eliseeva, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: o.eliseeva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2513-6268>

Nikolay V. Minaev, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0718-3383>

Artem A. Prokhorov, Assistant at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: soillab@rgau-msha.ru

The article was submitted to the editorial office 21 Nov 2023
Approved after reviewing 22 Dec 2023
Accepted for publication 27 Dec 2023

ТИМИРЯЗЕВСКИЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ / TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL

e-mail: 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 30.12.2023 г. Формат 60 84/8 7,8 печ. л.
Гарнитура шрифта «Times New Roman»
