

ТИМИРЯЗЕВСКИЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL

Том 2. № 2 / 2024

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

Основан в 2023 году
4 номера в год

Журнал включен в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)

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

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

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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР:

Савинов И.А., д.б.н., доцент
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия)
Трухачев В.И., д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, профессор
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);
Валентини Р., доктор наук, PhD, профессор
(1 – РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;
2 – Университет Туссии, 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);
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);
Кособрухов А.А., д.б.н., в.н.с.
(ФИЦ ПНЦБИ РАН, Путино, 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);
Лебедев А.В., д.с.-х.н., доцент
(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);
Селипкая 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);
Чердынченко М.Ю., к.б.н., доцент
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия);
Шербаков 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**

Дизайн обложки – **П.Р. Атанасов**

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. 2(2)/2024

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

Founded in 2023
Four issues per year

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

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

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

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

EDITORIAL BOARD:

EDITOR-IN-CHIEF:

Assoc. Prof. **Ivan A. Savinov**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia)

Prof. **Vladimir I. Trukhachev**, DSc (Ag), DSc (Econ), Member of RAS,
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy),
(1 – RSAU-MTAA, Moscow, Russia;

2 – University of Tuscia, Viterbo, Italy);

Assoc. Prof. **Asiyat M. Abdullaeva**, DSc (Bio),
(ROSBIOTECH, Moscow, Russia);

Prof. **Sergei L. Belopukhov**, DSc (Ag),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Gennadiy I. Blokhin**, DSc (Ag), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

LRA **Irina A. Bondorina**, DSc (Bio),
(The Main Botanical Garden, Moscow, Russia);

Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Olga Yu. Vasilyeva**, DSc (Bio),
(Research Library of TSU, Novosibirsk, Russia);

Assoc. Prof. **Vladimir G. Vertiprakhov**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Tatyana V. Denisova**, DSc (Bio),
(SFedU, Rostov-on-Don, Russia);

Prof. **Fevzi S. Dzhalilov**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Mikhail G. Divashuk, CSc (Bio),
(1 – RSAU-MTAA, Moscow, Russia; 2 – All-Russia Research

Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia);

Prof. **Nikolay N. Dubenok**, DSc (Ag), Member of RAS,
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Elena V. Dumacheva**, DSc (Bio), (Federal Williams
Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Russia);

Artem Yu. Zagarin, (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Elena A. Kalashnikova**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Svetlana V. Kalugina**, CSc (Bio),
(NRU, BelSU, Belgorod, Russia);

LRA **Piotr A. Kamenski**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);

Prof. **Gennady I. Karlov**, DSc (Bio), Member of RAS,
(All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology,

Moscow, Russia);

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);

Computer design and making-up – **Annetta S. Lavrova**

Journal cover design – **Peter. R. Atanasov**

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);

Assoc. Prof. **Aleksandr V. Lebedev**, DSc (Ag),
(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**, DSc (Bio), (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)

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

СОДЕРЖАНИЕ

БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Оригинальная научная статья
А.В. Лебедев, И.Г. Криницын, В.В. Гостев, Д.Ю. Гостева
 Ботанико-географический анализ флоры государственного заповедника «Кологривский лес»..... 6

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ

- Оригинальная научная статья
А.В. Евграфов, Н.С. Косов, Н.В. Лагутина
 Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния четырех закрытых полигонов ТКО 16
- Оригинальная научная статья
А.А. Гайворонская, Л.Н. Анищенко
 К вопросу реализации биомониторинга состояния фитоценозов Зеленой книги в местообитаниях ООПТ Брянской области..... 30

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ

- Оригинальная научная статья
Л.Р. Ахметова, Е.Е. Орлова, Е.А. Козлова
 Некоторые особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. 51

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Оригинальная научная статья
Д.Д. Беззубенко, В.Г. Вертипрахов
 Активность ферментов дуоденального химуса цыплят-бройлеров при скормливании соевого шрота и жмыха (ЭкоСоя)..... 57
- Оригинальная научная статья
С.В. Карамушкина, А.В. Вадько
 Влияние продуктов производства сои на показатели рубцового пищеварения у овец 64
- Оригинальная научная статья
Р.В. Желанкин, Г.И. Пронина
 Гематологические показатели озерной лягушки при стимулированном нересте 69
- Оригинальная научная статья
Н.К. Юдин, Г.И. Пронина, Э.В. Бубунец, А.В. Жигин
 Прижизненное исследование гемолимфы красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) при искусственном разведении 75
- Оригинальная научная статья
М.Н. Панькова
 Ожирение и антисократительные эффекты жировой ткани в регуляции тонуса аорты 80
- Оригинальная научная статья
Е.А. Мурадян, В.И. Макаева
 Показатели стресс-устойчивости у цыплят-бройлеров при использовании стресс-протекторных препаратов 86
- Оригинальная научная статья
А.И. Раковецкий, Д.В. Сорокин, А.А. Сопарев
 Влияние занятий фитнес-боксом на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы студенток 91

CONTENTS

BOTANY, PLANT PHYSIOLOGY

- Original article
Aleksandr V. Lebedev, Igor G. Krinitsyn, Vladimir V. Gostev, Daria Yu. Gosteva
 Botanical and geographical analysis of flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve 6

BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

- Original article
Alexey V. Evgrafov, Nikita S. Kosov, Nataliya V. Lagutina
 Assessment of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills..... 16
- Original article
Angelika A. Gayvoronskaya, Lidiya N. Anishchenko
 On the issue of implementation of biomonitoring of the state of phytocenoses of the Green Book in the habitats of specially protected natural areas of the Bryansk Region 30

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

- Original article
Liliya R. Akhmetova, Elena E. Orlova, Elena A. Kozlova
 Clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq. 51

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

- Original article
Darya D. Bezzubenko, Vladimir G. Vertiprakhov
 Duodenal chyme enzyme activity in broiler chickens fed soybean meal and cake (EcoSoy) 57
- Original article
Svetlana V. Karamushkina, Aleksandr V. Vadko
 Effect of soybean products on the indicators of sheep rumen digestion..... 64
- Original article
Roman V. Zhelankin, Galina I. Pronina
 Hematological indicators of the marsh frog during stimulated spawning..... 69
- Original article
Nikolay K. Yudin, Galina I. Pronina, Eduard V. Bubunets, Alexey V. Zhigin
 Lifetime study of hemolymph of the red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) under artificial culture conditions..... 75
- Original article
Marina N. Pankova
 Obesity and anticontractile effects of adipose tissue in the regulation of aortic tone..... 80
- Original article
Ekaterina A. Muradyan, Victoria I. Makaeva
 Indicators of stress resistance in broiler chickens when using anti-stress drugs 86
- Original article
Aleksandr I. Rakovetskiy, Denis V. Sorokin, Andrey A. Soparev
 Effect of fitness boxing on functional indices of cardiovascular system of female students..... 91

БОТАНИКА, ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ /
BOTANY, PLANT PHYSIOLOGY

БОТАНИКА

Оригинальная научная статья

УДК 581.9 (470.317)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-6-15>**Ботанико-географический анализ флоры государственного заповедника «Кологривский лес»****Александр Вячеславович Лебедев^{1,3}, Игорь Георгиевич Криницын^{2,3},
Владимир Викторович Гостев¹, Дарья Юрьевна Гостева¹**¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия² Центр международного сотрудничества Министерства просвещения Российской Федерации, Москва, Россия³ Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Синицына, Кологрив, Россия**Автор, ответственный за переписку:** Александр Вячеславович Лебедев; alebedev@rgau-msha.ru**Аннотация**

Региональные флоры формируются видами, ареалы которых характеризуются различными размерами и типами, что связано с этапами развития флоры на фоне воздействия разнообразных природных и антропогенных факторов. Проведение широтно-долготного анализа позволяет выявлять географические связи и устанавливать географический тип флоры. Целью работы является выполнение географического анализа флоры государственного заповедника «Кологривский лес» (Костромская область). Актуальный флористический список сформирован по материалам полевых исследований авторов с 2010 по 2023 гг., а также с привлечением данных литературы и гербарных сборов. Для отнесения вида к определенному флористическому комплексу и типу ареала использовались источники литературы, открытые электронные ресурсы (GBIF, iNaturalist), содержащие данные по находкам видов. В зональном плане для флоры заповедника «Кологривский лес» характерно преобладание плюризонального (47%), таежного (28%) и подтаежного (18%) флористических комплексов, неморальные виды составляют 5%, а гипоаркто-бореальные и лесостепные – по 1%, что согласуется с зональным положением района исследований. В долготном отношении ведущими типами ареалов во флоре заповедника являются евразийский (28%), голарктический (25%), европейско-сибирский (20%) и европейский (10%). На остальные долготные группы суммарно приходится 17% от выявленного количества видов. Преобладание видов с обширными ареалами, неоднородный состав широтных и долготных групп, а также отсутствие эндемичных таксонов указывают на миграционный характер флоры и ее относительную молодость. Проведенные исследования позволяют осуществлять мониторинг динамики соотношения между широтно-долготными группами сосудистых растений, выявлять дальнейшие направления миграции флоры.

Ключевые слова

Кологривский лес, флора, географический анализ, широтные группы растений, долготные группы растений

Для цитирования

Лебедев А.В., Криницын И.Г., Гостев В.В., Гостева Д.Ю. Ботанико-географический анализ флоры государственного заповедника «Кологривский лес» // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 6-15. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-6-15>

BOTANY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-6-15>**Botanical and geographical analysis of flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve****Aleksandr V. Lebedev^{1,3}, Igor G. Krinitsyn^{2,3}, Vladimir V. Gostev¹, Daria Yu. Gosteva¹**¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia² Center for International Cooperation of the Ministry of Education of the Russian Federation, Moscow, Russia³ Kologrivsky Forest Nature Reserve, Kologriv, Russia**Corresponding author:** Aleksandr V. Lebedev; alebedev@rgau-msha.ru**Abstract**

Regional floras are formed by species whose habitats are characterized by different sizes and types, which is associated with the stages of development of the flora against the background of the influence of various natural and anthropogenic factors.

The latitude-longitudinal analysis makes it possible to identify geographical relationships and to determine the geographical type of the flora. The aim of the work is to perform a geographical analysis of the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve (Kostroma region). The current floristic list was compiled on the basis of the authors' field studies from 2010 to 2023, as well as data from literature and herbarium collections. Literature sources, open electronic resources (GBIF, iNaturalist) containing data on species records were used to assign species to a specific floristic complex and habitat type. Zonally, the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve is characterized by a predominance of plurizonal (47%), taiga (28%) and subtaiga (18%) floristic complexes, nemoral species account for 5%, and hypoarctic-boreal and forest-steppe species account for 1% each, which is consistent with the zonal position of the study area. In terms of longitude, the leading habitat types in the flora of the reserve are Eurasian (28%), Holarctic (25%), Euro-Siberian (20%) and European (10%). The remaining longitudinal groups account for 17% of the total number of species identified. The predominance of species with large ranges, the heterogeneous composition of the latitudinal and longitudinal groups, and the absence of endemic taxa indicate the migratory nature of the flora and its relative youth. The studies carried out make it possible to monitor the dynamics of the relationship between latitudinal and longitudinal groups of vascular plants and to identify further directions of flora migration.

Key words

Kologrivsky Forest, flora, geographical analysis, latitudinal plant groups, longitudinal plant groups

For citation

Lebedev A.V., Krinitsin I.G., Gostev V.V., Gosteva D.Yu. Botanical and geographical analysis of flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):6-15. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-6-15>

Введение Introduction

Первые научные сведения о флоре Костромской области в ее современных границах относятся ко второй половине XIX в. и связаны с именами А.Н. Островского^{1,2} Н.М. Бекаревича³, И.Ф. Майснера⁴ и др. В первой четверти XX в. значительный вклад в изучение растительного покрова и флоры региона внесли работы А.Е. Жадовского^{5,6,7}, К.К. Косинского⁸, А.И. Рубенса⁹ и др. Некоторые итоги по результатам изучения растительности и флоры

Костромской области за период до 1950-х гг. подведены П.И. Белозеровым¹⁰, по истории ботанического изучения региона с XVIII в. по начало 1990-х гг. — Н.Г. Прилепским [1, 2], а сведения по изучению лесной, луговой, болотной и водной растительности во второй половине XX — начале XXI вв. представлены в работах Н.Г. Прилепского с соавт. [3, 4]. В последние десятилетия вышло значительное количество научных работ по изучению растительности и флористических особенностей Костромской области [5-8], но несмотря на усилия многих ученых, растительность региона остается изученной фрагментарно, и продолжают поступать сведения о новых флористических находках [9-11]. Слабая флористическая изученность некоторых районов, особенно в северо-восточной части области, связана с низкой плотностью населения, плохой транспортной доступностью на фоне высокой лесистости территорий [9, 12].

Государственный заповедник «Кологривский лес», созданный в 2006 г., относится к одним из самых молодых в России. На флористические особенности его территории оказывают влияние следующие факторы: расположение на южных отрогах возвышенности Северные Увалы (Кологривский участок) и в северной части Унженской низменности (Мантуровский участок), неравномерное освоение территории, отсутствие крупных железнодорожных и автомобильных магистралей. Впервые подробная характеристика лесной растительности в современных границах заповедника была дана в работе В. Матренинского¹¹, опубликованной в 1917 г. Подробные

¹ Островский А.Н. Первые сведения о флоре Костромской губернии // *Московские университетские известия*. 1867. № 5. С. 383-392.

² Островский А.Н. Список растений, собранных в Костромской губернии // *Московские университетские известия*. 1867. № 5. С. 393-424.

³ Бекаревич Н.М. Материалы к флоре Костромской губернии // *Труды общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете*. 1883. Т. 12. Вып. 3. 62 с.

⁴ Майснер И.Ф. Материалы для флоры Костромской губернии // *Материалы к познанию фауны и флоры Российской Империи. Отдел ботанический*. Вып. 3. Москва, 1899.

⁵ Жадовский А.Е. К истории изучения флоры Костромской губернии. Обзор литературы по Костромской губернии // *Издание Кинешемского уездного земства*. Кинешма, 1915. 30 с.

⁶ Жадовский А.Е. Растительность Костромской губернии // *Труды по установлению губернских, уездных и волостных границ по экономическим признакам*. Кострома, 1920. Вып. 4.

⁷ Жадовский А.Е. Экологический спектр Костромской флоры // *Труды Костромского научного общества по изучению местного края*. Кострома, 1920. Вып. 16.

⁸ Косинский К.К. Список сосудистых споровых и цветковых растений Костромской губернии // *Известия императорского Ботанического сада Петра Великого*. 1915. Т. 15. Вып. 1-6. С. 53-89.

⁹ Рубенс А.И. К флоре Костромской губернии // *Труды Костромского научного общества по изучению местного края*. Кострома, 1921. Вып. 27.

¹⁰ Белозёров П.И. Изучение растительности и флоры Костромской области в прошлом и в настоящее время // *Ученые записки Костромского педагогического института им. Н.А. Некрасова*. 1959. Вып. 11.

¹¹ Матренинский В. Леса Кологривского уезда в естественно-историческом отношении (к характеристике лесной растительности Костромской губернии) // *Труды Костромского научного общества по изучению местного края*. 6. Кострома: Губернская Типография, 1917. Вып. С. 165-332.

геоботанические исследования проводились в конце 1970 – начале 1980 гг. при организации памятника природы республиканского значения «Кологривский лес» с выполнением подробного описания основных групп типов леса^{12,13}. В дальнейшем флористические изыскания были проведены в начале 2000 гг. на этапе проектирования заповедника.

Результаты изучения растительного покрова и флористических исследований в заповеднике «Кологривский лес» приводятся в работах А.В. Немчиновой с соавт. [13], А.В. Хорошева с соавт. [14], А.Н. Иванова с соавт. [15], Н.С. Лазаревой с соавт. [16], И.Г. Криницына с соавт. [17, 18], А.В. Лебедева с соавт. [7, 19], Н.Н. Дубенка с соавт. [20, 21] и др. К настоящему времени для территории заповедника в литературе приводятся характеристики и сукцессионные изменения основных типов растительных формаций, результаты таксономического анализа флоры, выявления редких и охраняемых видов растений, опубликованы аннотированные списки для отдельных участков заповедника или для отдельных таксономических групп.

Региональные флоры формируются видами, ареалы которых характеризуются различными размерами и типами, что связано с этапами развития флоры на фоне воздействия разнообразных природных и антропогенных факторов [22]. Проведение широтно-долготного анализа позволяет выявлять географические связи и устанавливать географический тип флоры.

Цель исследований: выполнение географического анализа флоры государственного заповедника «Кологривский лес» (Костромская область).

Методика исследований

Research method

Государственный заповедник «Кологривский лес» расположен на территории Костромской области и включает в себя два обособленных и удаленных участка: Кологривский (48094,6 га) и Мантуровский (10845,0 га). Ядро заповедника расположено в границах Кологривского участка и включает в себя массив незатронутых рубками коренных южнотаежных ельников. Большая часть Кологривского участка представлена сплошнолесосечными вырубками 1930-1990 гг., а Мантуровского – участками крупного лесного пожара 1972 г. По климатическому районированию Б.П. Алисова¹⁴ территория относится

к северо-восточной подобласти Атлантико-континентальной лесной области. В системе почвенного районирования заповедник расположен в пределах Средне-Русской провинции дерново-подзолистых почв. По лесорастительному районированию СССР¹⁵ территория относится к лесам умеренного пояса с господством субнеморальных ельников.

Материалы по формированию флористического списка заповедника «Кологривский лес» получены во время полевых исследований авторов с 2010 по 2023 гг. Кроме того, использовались гербарные материалы, хранящиеся в Государственном заповеднике «Кологривский лес» и в Костромском государственном университете. При составлении флористического списка анализировались материалы предварительной инвентаризации флоры при проектировании заповедника, выгрузки по сосудистым растениям из Глобальной информационной системы о биоразнообразии (GBIF), данные литературы [12]. Для отнесения вида к определенному флористическому комплексу и типу ареала использовались источники литературы^{16,17} [23] и открытые электронные ресурсы (GBIF, INaturalist), содержащие данные о находках видов. Часто вопрос отнесения вида к тому или иному флористическому комплексу и типу ареала является дискуссионным и может по-разному решаться региональными флористами.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Актуальный флористический список сосудистых растений заповедника «Кологривский лес» включает в себя 544 вида, относящихся к 275 родам и 79 семействам. О видовом богатстве исследуемой флоры свидетельствует то, что она составляет 48% (то есть примерно 1/2 часть) флоры Костромской области, насчитывающей 1130 видов [24], и 92% флоры северо-востока Костромской области (бассейн реки Вохмы), насчитывающей 592 вида [25]. О ненарушенности территории свидетельствует низкая доля адвентивных видов во флоре (36 видов, или 6,6%) с соотношением между археофитами (заносные растения до XVI в.) и неофитами, равным 4:6.

При анализе географической структуры флоры заповедника «Кологривский лес» выделено 6 флористических комплексов. В качестве долготной характеристики выделено 11 типов ареалов. Общие параметры географической структуры флоры заповедника «Кологривский лес» представлены в таблице.

¹² Абатуров Ю.Д., Письмеров А.В., Орлов А.Я., Зворыкина К.В., Просвирина А.Л., Морозов Г.П., Васенев И.И., Стороженко В.Г., Кожевников А.В., Воробей П.М., Письмова Р.С., Яковлев Г.В. *Коренные темнохвойные леса южной тайги (резерват «Кологривский лес»)*. М.: Наука, 1988. 220 с.

¹³ Кологривский лес: *Экологические исследования*: Научное издание. М.: Наука, 1986. 127 с.

¹⁴ Алисов Б.П. *Климат СССР*: Учебник для геогр. специальностей ун-тов и пед. вузов. Москва: Высшая школа, 1969. 104 с.

¹⁵ Курнаев С.Ф. *Лесорастительное районирование СССР*: Монография. Москва: Наука, 1973. 203 с.

¹⁶ Леострин А.В. *Флора бассейна реки Кострома*: Дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2019. 320 с. EDN: MVHFM1.

¹⁷ Третьякова А.С. *Закономерности формирования и экологическая структура флоры урбанизированных территорий Среднего Урала: Свердловская область*: Дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2016. 384 с. EDN: CPCKRV.

Таблица

Географическая структура флоры заповедника «Кологривский лес»
(по данным исследований авторов)

Тип ареала	Флористические комплексы						Всего видов
	Гипоаркто-бореальный	Тасжный	Под-тасжный	Неморальный	Лесо-степной	Плюри-зональный	
Плюримерициональный	-	-	-	-	-	22	22
Голарктический	3	70	4	-	-	51	128
Евразийский	-	20	11	4	2	108	145
Европейско-западносибирский	-	3	1	-	-	-	4
Европейско-сибирский	1	25	37	1	3	33	100
Европейско-западноазиатский	-	3	11	3	-	17	34
Восточноевропейский	-	2	2	-	-	-	4
Восточноевропейско-западноазиатский	-	1	-	-	-	-	1
Восточноевропейско-сибирский	1	5	-	1	1	1	9
Восточноевропейско-азиатский	-	9	-	-	-	2	11
Европейский	1	6	23	14	-	8	52
Европейско-средиземноморский	-	-	1	-	-	-	1
Всего видов	6	144	90	23	6	242	-

Table

Geographical structure of the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve
(according to the authors' research)

Habitat type	Floristic complexes						Total species
	Hypoarctic-boreal	Boreal	Boreal-nemoral	Nemoral	Forest-steppe	Plurizonal	
Plurimeridional	-	-	-	-	-	22	22
Holarctic	3	70	4	-	-	51	128
Eurasian	-	20	11	4	2	108	145
European-West Siberian	-	3	1	-	-	-	4
Euro-Siberian	1	25	37	1	3	33	100
European-West Asian	-	3	11	3	-	17	34
Eastern European	-	2	2	-	-	-	4
Eastern European-West Asian	-	1	-	-	-	-	1
East European-Siberian	1	5	-	1	1	1	9
East European-Asian	-	9	-	-	-	2	11
European	1	6	23	14	-	8	52
Euro-Mediterranean	-	-	1	-	-	-	1
Total species	6	144	90	23	6	242	-

Распределение видов по флористическим комплексам представлено на рисунке 1. Для Кологривского и Мантуровского участков заповедника процентное соотношение между отдельными флористическими комплексами является практически идентичным. В целом для всей территории виды гипоаркто-бореального и лесостепного флористического комплексов составляют по 1%, неморального – 5%, подтаежного – 18%, таежного – 28%, плюризонального – 47%. Далее представлена характеристика отдельных широтных групп.

Таежная. Включает в себя виды, ареалы которых приурочены к таежной зоне. Многие виды участвуют в формировании растительного покрова хвойных и хвойно-мелколиственных лесов (*Pinus sylvestris*, *Abies sibirica*, *Juniperus communis*, *Trientalis europaea*, *Maianthemum bifolium*, *Linnaea borealis*, *Oxalis acetosella*, *Circaea alpina*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Pyrola rotundifolia* и др.). Значительна доля видов, участвующих в формировании растительного покрова переувлажненных и заболоченных местообитаний (*Carex aquatilis*, *C. canescens*, *C. magellanica*, *C. rhynchophylla*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium uliginosum*, *Matteuccia struthiopteris* и др.).

Гипоаркто-бореальная. В широтном диапазоне ареалы видов приурочены к северной тайге, лесотундре и значительной части тундровой зоны. Эколого-ценотический оптимум относится к более северным широтам, поэтому многие виды на территории заповедника «Кологривский лес» находятся на южной границе своего распространения. Виды, относящиеся к этой группе, имеют незначительную ценотическую роль и только в редких случаях играют доминантную роль в растительных сообществах, например: *Rubus arcticus*, *R. chamaemorus*, *R. humulifolius*, *Melampyrum sylvaticum* и др.

Подтаежная. В эту группу входят виды, ареалы которых находятся в зоне южной тайги и в зоне широколиственных лесов. Ценотически виды, формирующие эту группу, наиболее часто встречаются в хвойно-лиственных лесах, на лугах и на низинных

болотах. Наиболее часто встречающимися видами в заповеднике являются *Calamagrostis arundinacea*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Alnus incana*, *Aegopodium podagraria*, *Pulmonaria obscura*, *Paris quadrifolia*, *Asarum europaeum*, *Stellaria holostea*, *Ranunculus cassubicus*, *Lathyrus vernus*, *Daphne mezereum*, *Ajuga reptans* и др.

Неморальная. Виды из этой группы географически приурочены к зоне широколиственных лесов. Большая часть видов в заповеднике встречается в ельниках неморальных, в состав древостоев которых, помимо темнохвойных пород, входят *Acer platanoides*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*, *Tilia cordata*, *Quercus robur*, а в подлеске могут присутствовать *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosus*. Травянистый покров в лесах формируют такие виды, как *Carex pilosa*, *Anemone nemorosa*, *Viola collina*, *Melampyrum nemorosum* и др.

Лесостепная. Включает в себя виды, которые распространены главным образом в лесостепной зоне. Это одна из слабо представленных широтных групп растений на территории заповедника «Кологривский лес». Виды находятся на северной границе своего распространения. Флора заповедника включает в себя 6 видов лесостепной широтной группы: *Carlina biebersteinii*, *Seseli libanotis*, *Rhamnus cathartica*, *Lathyrus pisiformis*, *Thalictrum minus*, *Pulsatilla patens*. Их участие в сложении растительного покрова заповедника является незначительным.

Плюризональная. В эту группу входят виды, которые распространены в нескольких природных зонах умеренного пояса северного полушария. Плюризональные виды играют значительную роль в сложении большинства растительных сообществ. Основу этой группы составляют виды лесной (*Pteridium pinetorum*, *Fragaria vesca*, *Rubus saxatilis*, *Anthriscus sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens* и др.), луговой (*Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Calamagrostis epigejos*, *Dactylis glomerata*, *Elytrigia repens*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis*, *Lathyrus pratensis*, *Campanula patula* и др.) и прибрежно-водной (*Geum rivale*, *Cicuta virosa*, *Lycopus*

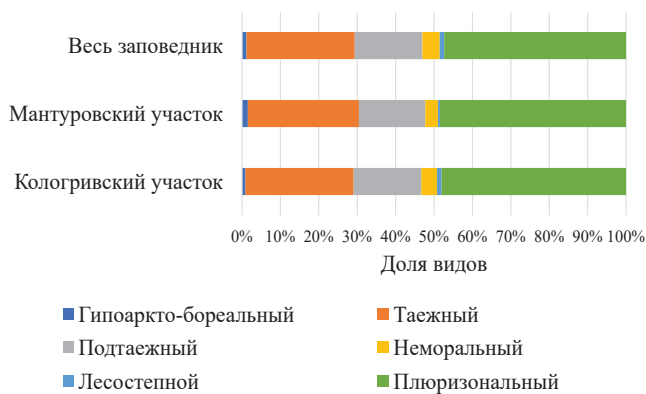


Рис. 1. Распределение видов по флористическим комплексам (расчеты авторов по данным таблицы)

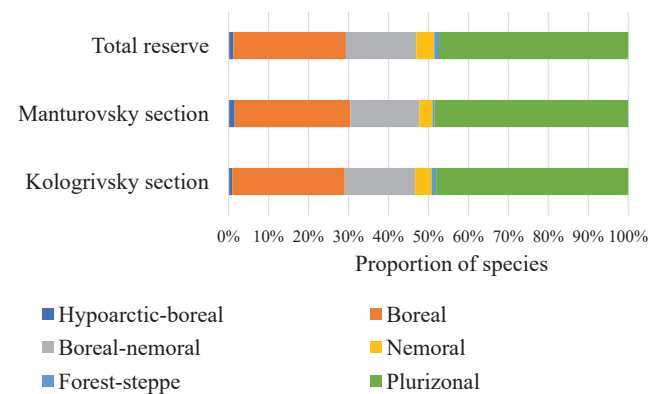


Fig. 1. Distribution of species by floristic complexes (authors' calculations based on Table)

europaeus, *Stachys palustris*, *Equisetum fluviatile*, *Alisma plantago-aquatica* и др.) эколого-ценотических групп.

Ведущими типами ареалов (долготные группы) во флоре заповедника являются евразийский (28%), голарктический (25%), европейско-сибирский (20%) и европейский (10%). На остальные долготные группы суммарно приходится 17% от выявленного количества видов. Между Кологривским и Мантуровским участками заповедника распределение видов по типам ареалов заметных различий не имеет (рис. 2). Далее представлена характеристика отдельных долготных групп.

Плюримеридиональная. К этой группе относятся виды, которые представлены в трех и более флористических областях. Наиболее заметно участие в лесных растительных сообществах заповедника «Кологривский лес» *Pteridium pinetorum*, а в водных и околоводных фитоценозах – таких видов, как *Typha latifolia*, *Lemna minor*, *Rorippa palustris*, *Callitriche palustris*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Juncus bufonius* и др.

Голарктическая. Включает в себя виды, которые встречаются на большей территории голарктической области. Подавляющее большинство видов из этой долготной группы относится к таежному и плюризональному флористическому комплексу. Обыкновенными для заповедника

являются такие виды, как *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *Equisetum sylvaticum*, *Sparganium emersum*, *Deschampsia cespitosa*, *Hierochloa odorata*, *Phalaroides arundinacea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Vaccinium myrtillus*.

Евразийская. Одна из самых больших по числу видов долготных групп. Включает в себя виды, которые широко распространены в Европе, в нетропической Азии, а также в Северной Африке. К типичным для флоры заповедника относятся *Filipendula ulmaria*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Scirpus sylvaticus*, *Maianthemum bifolium*, *Ranunculus acris*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Rubus saxatilis*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale* и др.

Европейская. К группе относятся виды, распространенные на большей территории Европы, в том числе на локальных участках горных районов. Обыкновенными для территории заповедника являются *Picea abies*, *Glyceria fluitans*, *Pulmonaria obscura*, *Salix aurita*, *Anemone nemorosa*, *Trifentalis europaea*. Значительную роль в растительных сообществах играют *Ulmus glabra*, *U. laevis*, *Acer platanoides*, *Asarum europaeum*, *Stellaria nemorum*, *Anemone ranunculoides*, *Ranunculus casubicus* и др.

Европейско-средиземноморская. Эта группа не играет существенной роли во флоре заповедника,

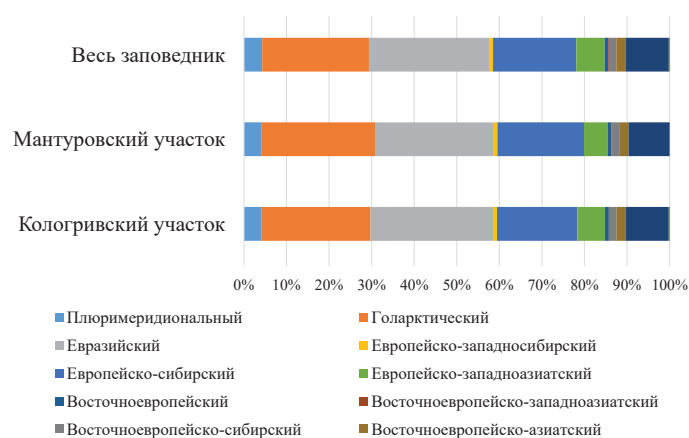


Рис. 2. Распределение видов по типам ареалов (расчеты авторов по данным таблицы)

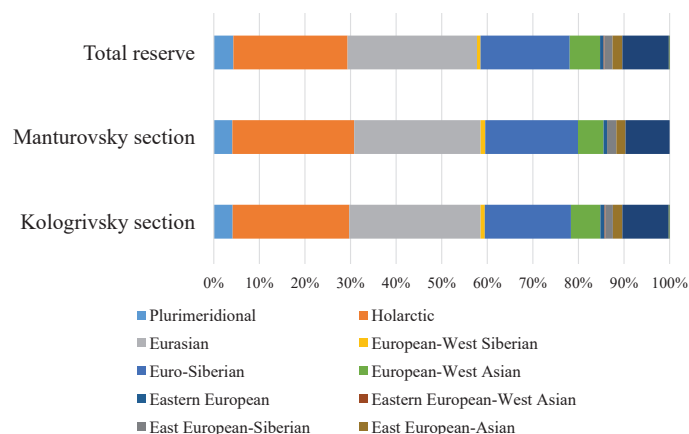


Fig. 2. Distribution of species by habitat type (authors' calculations based on Table 1)

включая единственный вид, охраняемый на территории Костромской области (*Veronica urticifolia*), распространенный на территории Европы и Древнего Средиземноморья.

Восточноевропейская. Виды этой группы характеризуются узким географическим ареалом, сосредоточенным в границах Русской равнины. К ней относится один из основных лесообразующих видов территории заповедника: *Picea × fennica*, а также *Salix phylicifolia*, *Centaurea phrygia*, *Centaurea × livonica*.

Европейско-западносибирская. В группу входят виды, ареал которых приурочен к большей части Европы и Западной Сибири. Это немногочисленная группа, на территории заповедника встречается 4 вида: *Trollius europaeus*, *Alchemilla baltica*, *Euphrasia stricta*, *E. fennica*.

Европейско-сибирская. Одна из самых крупных по числу видов долготных групп на территории заповедника, ареал которых охватывает большую часть Европы, Западной и Восточной Сибири включая некоторые участки горных районов. Заметным является участие в растительных сообществах заповедника таких видов, как *Agrostis capillaris*, *Calamagrostis arundinacea*, *Alnus incana*, *Aegopodium podagraria*, *Betula pubescens*, *Rubus idaeus*, *Sorbus aucuparia*, *Oxalis acetosella*, *Melampyrum pratense*, *Solidago virgaurea* и др.

Европейско-западноазиатская. К группе относятся виды, распространенные на большей территории Европы и Западной Азии. В лесных фитоценозах заповедника встречаются такие виды, как *Tilia cordata*, *Stellaria holostea*, *Ajuga reptans*, *Galium mollugo*, *Luzula multiflora*, *Betonica officinalis*, *Alnus glutinosa* и др.

Восточноевропейско-западноазиатская. Виды из этой группы распространены на территории Восточной Европы и Западной Азии. Эта группа не играет существенной роли во флоре заповедника и включает в себя единственный вид – *Carex elata*.

Восточноевропейско-сибирская. Включает в себя виды, которые распространены в Восточной Европе и в Сибири. Из древесных растений на территории заповедника встречаются *Abies sibirica*, *Larix sibirica*, *Picea obovata*. В напочвенном покрове в высокотравных еловых и елово-лиственных лесах может заметно доминировать *Aconitum septentrionale*.

Восточноевропейско-азиатская. Группа включает в себя виды, которые распространены в Восточной Европе и в умеренной зоне Азии (до Тихого океана). Большая часть видов из этой группы относится к категории охраняемых и включена в Красную Книгу Костромской области: *Glyceria lithuanica*, *Carex rhynchophylla*, *Nymphaea tetragona*, *Actaea erythrocarpa*, *Atragene*

sibirica, *Cenolophium denudatum*, *Ligularia sibirica*, *Parasenecio hastatus*.

Полученные результаты по географической структуре флоры государственного заповедника «Кологривский лес» согласуются с ранее полученными для северо-восточной [20], южной¹⁸ и западной¹⁹ частей региона. В целом, как во флоре заповедника, так и Костромской области, преобладают таежные и плуризональные флористические комплексы, а среди долготных групп – голарктические, евразийские и европейско-сибирские группы. Преобладание видов с обширными ареалами, неоднородный состав широтных и долготных групп, а также отсутствие эндемичных таксонов указывают на миграционный характер флоры и ее относительную молодость [25]. Полученные в ходе исследований результаты позволяют в будущем проводить мониторинг динамики соотношения между широтно-долготными группами сосудистых растений, выявлять дальнейшие направления миграции флоры. Особую актуальность результаты имеют при оценке смещения ареалов видов на фоне изменений в климатической системе и выявлении ответной реакции флоры на них.

Выводы

Conclusions

В зональном плане для флоры заповедника «Кологривский лес» характерно преобладание плуризонального (47%), таежного (28%) и подтаежного (18%) флористических комплексов, неморальные виды составляют 5%, а гипоаркто-бореальные и лесостепные – по 1%, что согласуется с зональным положением района исследований. В долготном отношении ведущими типами ареалов во флоре заповедника являются евразийский (28%), голарктический (25%), европейско-сибирский (20%) и европейский (10%). На остальные долготные группы суммарно приходится 17% от выявленного количества видов. Преобладание видов с обширными ареалами, неоднородный состав широтных и долготных групп, а также отсутствие эндемичных таксонов указывают на миграционный характер флоры и ее относительную молодость. Проведенные исследования позволяют проводить мониторинг динамики соотношения между широтно-долготными группами сосудистых растений, выявлять дальнейшие направления миграции флоры.

¹⁸ Югай В.А. Флора южной половины Костромской области: Дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1999. 374 с.

¹⁹ Леострин А.В. Флора бассейна реки Кострома: Дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2019. 320 с. EDN: MVHFM1.

Список источников

1. Прилепский Н.Г. К истории ботанического изучения Костромской области (губернии): XVIII век – 20-е годы XX века // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1992. Т. 97, № 5. С. 118-128.
2. Прилепский Н.Г. К истории ботанического изучения Костромской области (с 20-х годов XX века до наших дней) // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 1992. Т. 97, № 6. С. 125-135.
3. Прилепский Н.Г., Демидова А.Н., Макеева Г.Ю., Преображенская Е.С. и др. Изучение лесной растительности Костромской области в конце XX – начале XXI века // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2014. Т. 8, № 3. С. 135-148. EDN: SYEFHB
4. Прилепский Н.Г., Демидова А.Н., Бобров А.А. Изучение луговой, болотной, водной растительности и охраняемых территорий Костромской области в конце XX – начале XXI века // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2014. Т. 8, № 3. С. 149-162. EDN: SYEFHL
5. Иванова Н.В., Грозовская И.С., Грозовский С.А., Шашков М.П. Находки редких видов травянистых растений на территории Родинского участка лесничества (Межевской район, Костромская область) // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. 2013. Т. 19, № 1. С. 9-12. EDN: QBBKIX
6. Лазарева Н.С., Преображенская Е.С., Ефимова А.А. *Флора государственного природного заказника Сумароковский и его окрестностей*: Монография. М., 2017. 56 с.
7. Лебедев А.В., Криницын И.Г., Гостев В.В., Лебедев А.В. Семейство лютиковые (Ranunculaceae) во флоре заповедника «Кологривский лес» // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес»: Сборник научных трудов. Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына, 2023. С. 10-17. EDN: TOTSLN
8. Леострин А.В. Дополнения к флоре Галичского района Костромской области // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3 «Биология»*. 2014. № 2. С. 41-48. EDN: SFIPZX
9. Криницын И.Г., Прилепский Н.Г. Находка нового для флоры средней полосы Европейской России вида *Botrychium lanceolatum* (S.G. Gmel.) Ångstr. в Костромской области // *Turczaninowia*. 2021. Т. 24, № 4. С. 157-167. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.24.4.15>
10. Леострин А.В., Ефимова А.А. Находки новых и редких видов сосудистых растений в Костромской области // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2017. Т. 122, № 3. С. 58-61. EDN: WEVOAP
11. Леострин А.В., Ефимова А.А. Новые виды сосудистых растений во флоре средней полосы Европейской России // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21, № 1. С. 5-12. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.21.1.1>
12. Лебедев А.В., Криницын И.Г., Гостев В.В. Таксономическая структура флоры сосудистых

References

1. Prilepsky N.G. On the history of botanical study of the Kostroma region (province): XVIII century – 20s of the XX century. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1992;97(5):118-128. (In Russ.)
2. Prilepsky N.G. On the history of botanical study of the Kostroma region (from the 20s of the 20th century to the present day). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1992;97(6):125-135. (In Russ.)
3. Prilepsky N.G., Demidova A.N., Makeeva G.Yu., Preobrazhenskaya E.S. et al. Study of forest vegetation of Kostroma region in the end of XX – the beginning of the XXI century. *Phytodiversity of Eastern Europe*. 2014;8(3):135-148. (In Russ.)
4. Prilepsky N.G., Demidova A.N., Bobrov A.A. Study of meadow, bog, aquatic vegetation and protected areas of Kostroma region in the end of XX – the beginning of XXI century. *Phytodiversity of Eastern Europe*. 2014;8(3):149-162. (In Russ.)
5. Ivanova N.V., Grozovskaya I.S., Grozovskiy S.A., Shashkov M.P. Records of rare herbaceous plant species on the territory of Rodinskiy forest district (the Mezha district, Kostroma region). *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.A. Nekrasova*. 2013;19(1):9-12. (In Russ.)
6. Lazareva N.S., Preobrazhenskaya E.S., Efimova A.A. *Flora of the state nature reserve Sumarokovsky and its environs: a monograph*. Moscow, Russia, 2017:56. (In Russ.)
7. Lebedev A.V., Krinitsyn I.G., Gostev V.V. The buttercup family (Ranunculaceae) in the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. In: *Gemonov A.V., Zaitsev V.A., Krinitsyn I.G., Muradova L.V. et al. Scientific works of Kologrivsky forest Nature Reserve: proceedings*. Kologriv, Russia: Kologrivsky Forest Nature Reserve, 2023;2:10-17. (In Russ.)
8. Leostrin A.V. Additions to the flora of the Galich district of the Kostroma region. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo universiteta. Seriya 3 "Biologiya"*. 2014;2:41-48. (In Russ.)
9. Krinitsyn I.G., Prilepsky N.G. A record of *Botrychium lanceolatum* (S.G. Gmel.) Ångstr., a new species for the flora of the middle zone of European Russia from Kostroma region. *Turczaninowia*. 2021;24(4):157-167. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.24.4.15>
10. Leostrin A.V., Efimova A.A. Records of new and rare vascular plants in Kostroma province. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 2017;122(3):58-61. (In Russ.)
11. Leostrin A.V., Efimova A.A. New vascular plant species in the flora of the Middle part of European Russia. *Turczaninowia*. 2018;21(1):5-12. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.21.1.1>
12. Lebedev A.V., Krinitsyn I.G., Gostev V.V. Taxonomical structure of the flora of vascular plants

растений заповедника «Кологривский лес» // *Природообустройство*. 2022. № 3. С. 115-121. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-3-115-121>

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

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

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

16. Лазарева Н.С., Преображенская Е.С., Попов С.Ю. *Флора окрестностей Костромской таежной научно-опытной станции ИПЭЭ РАН и Мантуровского участка заповедника «Кологривский лес»: Монография*. М., 2012. 84 с. EDN: QKUVQL

17. Криницын И.Г., Сиротина М.В., Дюкова А.С., Ефимова А.А. и др. Редкие и охраняемые растения в бассейнах малых рек ГПЗ «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына (Костромская область) // *Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана: Материалы лекций II Всероссийской школы-конференции, Борок, 18-22 ноября 2014 г.* Т. II. Борок: Общество с ограниченной ответственностью «Филигрань», 2014. С. 213-216. EDN: QAPIVX

18. Криницын И.Г., Дюкова А.С., Ситников К.С. Редкие и охраняемые растения Кологривского района Костромской области и территории ФГУ ГПЗ «Кологривский лес» им. М.Г. Синицына // *Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием, Йошкар-Ола, 22-26 сентября 2010 г.* / Отв. ред. Л.А. Жукова. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2010. С. 126-127. EDN: HTCZBF

19. Лебедев А.В., Криницын И.Г., Гостев В.В. Семейство *Juncaceae* во флоре заповедника «Кологривский лес» // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2024. № 65. С. 112-115. EDN: EWVAAX

20. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А., Криницын И.Г. и др. Динамика видового состава лесных фитоценозов за 40-летний период в заповеднике «Кологривский лес» // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2024. № 1 (74). С. 59-70. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2024.74.1.008>

21. Дубенок Н.Н., Лебедев А.В., Чистяков С.А., Криницын И.Г. Растительный покров лесных фитоценозов заповедника «Кологривский лес» // *Известия Санкт-Петербургской*

of the forest nature reserve “Kologrivsky les”. *Prirodoobustroystvo*. 2022;3:115-121. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-3-115-121>

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

14. Khoroshev A.V., Nemchinova A.V., Koshcheva A.S., Ivanova N.V. et al. Landscape and succession factors determining the balance between nemoral and boreal features of the grass layer in the Kologriv Forest Reserve. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5 “Geografiya”*. 2013;5:11-18. (In Russ.)

15. Ivanov A.N., Butorina E.A., Baldina E.A. Long-term dynamics of primary spruce forests (southern taiga) in the Kologriv Forest Natural Reserve. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5 “Geografiya”*. 2012;3:74-79. (In Russ.)

16. Lazareva N.S., Preobrazhenskaya E.S., Popov S.Yu. *Flora of the vicinity of the Kostroma taiga scientific experimental station of the Institute of Ecological Ecology of the Russian Academy of Sciences and the Manturovo section of the Kologrivsky Forest Nature Reserve: a monograph*. Moscow, Russia, 2012:84. (In Russ.)

17. Krinitsyn I.G., Sirotina M.V., Dyukova A.S., Efimova A.A. et al. Rare and protected plants in the basins of small rivers of the Kologrivsky Forest Nature Reserve named after M.G. Sinitsyn (Kostroma region). // *Vserossiyskaya shkola-konferentsiya “Ekosistemy malykh rek: bioraznoobrazie, ekologiya, okhrana”*. November 18-22, 2014. Borok, Russia: OOO Filigran”, 2014: 213-216. (In Russ.)

18. Krinitsyn I.G., Dyukova A.S., Sitnikov K.S. Rare and protected plants of the Kologrivsky district of the Kostroma region and the territory of the Kologrivsky Forest Nature Reserve named after M.G. Sinitsyn. *IV Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem “Printsipy i sposoby sokhraneniya bioraznoobraziya”*. September 22-26, 2010. Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russia: Mari State University, 2010:126-127. (In Russ.)

19. Lebedev A.V., Krinitsyn I.G., Gostev V.V. Family *Juncaceae* in the flora of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2024;65:112-115. (In Russ.)

20. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Chistyakov S.A., Krinitsyn I.G. et al. Dynamics of the species composition of forest communities over a 40-year period in the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2024;1(74):59-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2024.74.1.008>

21. Dubenok N.N., Lebedev A.V., Chistyakov S.A., Krinitsyn I.G. Vegetation cover of forest phytocenoses of the Kologrivsky Forest Nature Reserve. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy*

лесотехнической академии. 2024. № 248. С. 103-122. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2024.248.103-122>

22. Магомедова Р.С., Тайсумов М.А., Абдурзакова А.С., Астамирова М.А.М. и др. Географический анализ флоры ксерофитов российского Кавказа // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2017. № 4 (127). С. 194-203. EDN: YТОKQL

23. Карпухина Е.А., Алексеев Ю.Е., Жмылев П.Ю., Лазарева Г.А. *Флора городского округа Дубна: Монография*. Дубна: Государственный университет «Дубна», 2016. 265 с.

24. Леострин А.В., Ефимова А.А. Дополнения к «Флоре...» П.Ф. Маевского (2014) по Костромской области // *Труды Карельского научного центра РАН. Биогеография*. 2018. № 1. С. 89-96. <https://doi.org/10.17076/bg577>

25. Прилепский Н.Г. Географические особенности флоры северо-востока Костромской области (бассейн р. Вохма) // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. 2012. Т. 117, № 1. С. 69-76.

lesotehnicheskoy akademii. 2024;(248):103-122. (In Russ.) <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2024.248.103-122>

22. Magomadova R.S., Taisumov M.A., Abdurzakova A.S., Astamirova M.A.M. et al. Geographical analysis of xerophytes flora of the Russian Caucasus. *Bulletin of KSAU*. 2017;4(127):194-203. (In Russ.)

23. Karpukhina E.A., Alekseev Yu.E., Zhmylev P.Yu., Lazareva G.A. *Flora of the urban district of Dubna: a monograph*. Dubna, Russia: Dubna State University, 2016:265. (In Russ.)

24. Leostrin A.V., Efimova A.A. Additions to the "Flora. by P.F. Maevsky (2014) for the Kostroma region. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN. Biogeografiya*. 2018;1:89-96. (In Russ.) <https://doi.org/10.17076/bg577>

25. Prilepsky N.G. Geographical features of flora of the Northeast Kostroma region (the Vorhma river basin). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 2012; 117(1):69-76. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Вячеславович Лебедев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына; 157440, Россия, Костромская обл., г. Кологрив, ул. Некрасова, д. 48; e-mail: alebedev@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8939-942X>

Игорь Георгиевич Криницын, кандидат биологических наук, доцент, Центр международного сотрудничества Министерства просвещения Российской Федерации; 115093, Россия, г. Москва, Большая Серпуховская ул., д. 25, стр. 14; научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Кологривский лес» имени М.Г. Сеницына; 157440, Россия, Костромская обл., г. Кологрив, ул. Некрасова, д. 48; e-mail: hek@rambler.ru

Владимир Викторович Гостев, ассистент кафедры землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: v.gostev@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6843-3422>

Дарья Юрьевна Гостева, ассистент кафедры землеустройства и лесоводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: d.gosteva@rgaumcxa.ru

Information about the authors

Aleksandr V. Lebedev, DSc (Agr), Associate Professor at the Department of Land Organization and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Research Associate, Kologrivsky Forest Nature Reserve (48 Nekrasova St., Kologriv, Kostroma region, 157440, Russian Federation); e-mail: alebedev@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8939-942X>

Igor G. Krinitsyn, CSc (Bio), Associate Professor, Center for International Cooperation of the Ministry of Education of the Russian Federation (building 14, 25 Bolshaya Serpuhovskaya St., Moscow, 115093, Russian Federation); Research Associate, Kologrivsky Forest Nature Reserve (48 Nekrasova St., Kologriv, Kostroma region, 157440, Russian Federation); e-mail: hek@rambler.ru

Vladimir V. Gostev, Assistant at the Department of Land Organization and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: v.gostev@rgau-msha.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6843-3422>

Daria Yu. Gosteva, Assistant at the Department of Land Organization and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: d.gosteva@rgaumcxa.ru

Статья поступила в редакцию 21.05.2024
Одобрена после рецензирования 15.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 21, 2024
Approved after reviewing June 15, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

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

Оригинальная научная статья

УДК 502/504: 574.63: 574.5

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>**Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния
четырёх закрытых полигонов ТКО****Алексей Викторович Евграфов, Никита Сергеевич Косов,
Наталья Владимировна Лагутина**

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

Автор, ответственный за переписку: Алексей Викторович Евграфов; a.evgrafov@rgau-msha.ru**Аннотация**

Актуальность темы статьи обусловлена фрагментарностью не только официальных, но и научных представлений о вкладе полигонов ТКО в загрязнение ОС, разрозненностью гидробиологических исследований как таковых и потребностью в достоверных данных о строении и механизмах формирования водных экосистем. Цель работы – обнаружить единство и различия в состоянии водных экосистем, сформированных в зоне влияния сходных по стадии жизненного цикла полигонов ТКО (уже закрытых и реконструированных). Задачами работы стали выбор четырех представительных закрытых полигонов ТКО, сбор официальных данных об их техническом состоянии, выполнение комплексного экологического обследования с обязательным отбором проб и проведением гидробиологических и гидрохимических анализов, анализ результатов с точки зрения оценки соответствия нормативам, поиск зависимости загрязненности от стадии жизненного цикла полигона и формулирование предположений об условиях формирования экосистем под влиянием комплекса антропогенных воздействий (в том числе не связанных с полигонами). В статье приведены результаты экологического обследования притоков реки Лихоборки (вблизи полигона ТКО «Долгопрудненский»), притока р. Радомля (в деревне Радумля вблизи бывшего незаконного полигона), р. Нара (вблизи полигона ТКО «Слизнёво»), р. Черничка (вблизи полигона ТКО «Царёво»). Даны описания прочих хозяйственных объектов на их водосборных территориях и предположения о возможном вкладе этих дополнительных источников в загрязнение водных экосистем. Представлена методика рекогносцировки, проб на гидрохимический и гидробиологический анализы и их результаты. Расчетом индекса Пантале и Букка определено умеренное загрязнение как до полигонов, так и после них. Отслежены изменения видового состава и частоты встречаемости на втором створе относительно первого. Расчетом ИЗВ установлено в целом умеренное фоновое загрязнение (более сильное в районе Долгопрудного по причине как минимум четырех сосредоточенных сбросов, не связанных с полигоном, и менее сильное – в экологически благополучном ввиду близости к истоку и незагруженности фона Царёво). Отслежены характерные увеличения концентраций загрязнителей (в первую очередь – проблемного для всех участков аммония). Сформулирован вывод об относительно небольшом вкладе закрытых полигонов в загрязнение рек.

Ключевые слова

полигоны твердых коммунальных отходов, река Лихоборка, река Бусинка, ручей Коровий Враг, Полигон ТКО «Долгопрудный», река Радомля, Незаконный Полигон ТКО «Радумля», река Нара, Полигон ТКО «Слизнёво», река Черничка, Полигон ТКО «Царёво», инженерно-экологические изыскания, гидробиологические исследования, индекс Пантале-Букка, зоопланктон, зообентос

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю пресс-службы Министерства экологии и природопользования Московской области Ирине Александровне Лаврухиной и заместителю директора Мособлэкомониторинга Ксении Маратовне Доос за информацию о параметрах полигонов, организацию выездов на пробоотбор и гидрохимический анализ.

Для цитирования

Евграфов А.В., Косов Н.С., Лагутина Н.В. Оценка состояния водных экосистем в зоне влияния четырех закрытых полигонов ТКО // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 16-29. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>

**Assessment of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills****Alexey V. Evgrafov, Nikita S. Kosov, Nataliya V. Lagutina**

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

Corresponding author: Alexey V. Evgrafov; a.evgrafov@rgau-msha.ru**Abstract**

The relevance of the article is conditioned by the fragmentation of not only official, but also scientific ideas about the contribution of municipal solid waste (MSW) landfills to environmental pollution, the fragmentation of hydrobiological research as such, and the need for reliable data on the structure and mechanisms of formation of aquatic ecosystems. The aim of the work is to discover the unity and differences in the state of aquatic ecosystems formed in the zone of influence of MSW landfills similar in life cycle stage (already closed and reconstructed). The objectives of the work were to select four representative closed MSW landfills, to collect official data on their technical condition, to conduct a comprehensive environmental survey with obligatory sampling and hydrobiological and hydrochemical analyses, to analyze the results in terms of assessing compliance with standards, to search for the dependence of pollution on the life cycle stage of the MSW landfill and to formulate assumptions about the conditions of ecosystem formation under the effect of a complex of anthropogenic impacts (including those not related to the MSW landfills). The article presents the results of an environmental study of the tributaries of the Likhoborka river (near the Dolgoprudnensky MSW landfill), a tributary of the Radomlya river (in the village Radumlya near the former illegal MSW landfill), the Nara River (near the Sliznevo MSW landfill), and the Chernichka River (near the Tsarevo MSW landfill). Descriptions of other economic objects in their catchment areas and assumptions about the possible contribution of these additional sources to the pollution of aquatic ecosystems are given. The methodology of investigation, sampling for hydrochemical and hydrobiological analyses and their results are presented. Moderate pollution both before and after the MSW landfills was determined by calculating the Pantle-Buck index. Changes in species composition and abundance at the second site relative to the first site were monitored. The WPI calculation revealed generally moderate background pollution (higher in the Dolgoprudny area due to at least four concentrated discharges not associated with the MSW landfill, and lower in the ecologically safe area due to proximity to the source and the unloaded background of Tsarevo). Characteristic increases in pollutant concentrations (mainly ammonium, which is problematic for all areas) were observed. The conclusion about the relatively small contribution of the closed MSW landfills to river pollution was formulated.

Keywords

landfills of municipal solid waste, the Likhoborka river, the Businka river, the Koroviy Vrag stream, the Dolgoprudnensky MSW landfill, the Radomlya river, the Radumlya illegal MSW landfill, the Nara river, the Sliznevo MSW landfill, the Chernichka river, the Tsarevo MSW landfill, engineering and environmental surveys, hydrobiological studies, Pantle-Buck index, zooplankton, zoobenthos

Acknowledgments

The authors thank Irina A. Lavrukhina, Head of the Press Service of the Ministry of Ecology and Nature Management of the Moscow Region, and Ksenia M. Doos, Deputy Director of Mosoblekomonitoring, for information on MSW landfill parameters and for organizing sampling and hydrochemical analysis visits.

For citation

Evgrafov A.V., Kosov N.S., Lagutina N.V. Assessment of aquatic ecosystems in the zone of influence of four closed MSW landfills. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):16-29. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-16-29>

Введение Introduction

Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) являются, пожалуй, одними из самых проблемных для местного населения хозяйственных объектов. Их вредное воздействие, выражающееся в изъятии полезных площадей и замусоривании как собственной, так и окружающей территории, распространении неприятных запахов,

загрязнении почв, грунтов, подземных вод, часто служит поводом для жалоб и роста социального напряжения.

В ходе «мусорной реформы» Министерство экологии и природопользования Московской области проделало огромную работу: большинство проблемных объектов за последние годы было либо закрыто, либо преобразовано в предприятия по сортировке и переработке отходов. Залогом спокойствия и устранения социально-психологической

напряженности могут стать открытость и достоверность информации о составе работ, реальном качестве окружающей среды и негативных воздействиях на нее.

Негативное воздействие полигона количественно обычно представляют составом фильтрата, а состояние окружающей среды (ОС), подверженной влиянию полигона, – концентрациями загрязнителей в почвах, грунтовых водах, воздухе. По нашему мнению, влияние полигонов на поверхностные воды изучено недостаточно. Чаще всего в качестве доказательства безопасности захоронения отходов общественности предоставляются протоколы химического анализа стоков, и, как правило, из поля зрения выпадает ключевой компонент – биота.

Общегосударственная сеть станций контроля водных объектов по гидробиологическим показателям является чрезвычайно редкой. В то же время ради изучения местных экологических проблем многие вузы и НИИ проводят соответствующие исследования. Некоторые специалисты в качестве тест-объектов выбирают только дафний и водоросли [1] либо более широкий круг индикаторных организмов, включающий в себя зоопланктон, зообентос, нектон [2]. Другие ограничиваются только исследованиями химического состава воды и донных отложений [3] или, развивая междисциплинарный подход [4], изучают почвы, покрывающие полигон и окрестности, атмосферный воздух и фильтрат. По нашему мнению, претензия на междисциплинарный характер не состоятельна без гидробиологических исследований.

Научное значение. Серьезных исследований водных экосистем, расположенных в районах расположения полигонов, достаточно много. Но, как правило, их авторы представляют результаты замеров по какому-нибудь одному полигону, не стремясь к формулированию каких-либо обобщений и зависимостей.

Концепция научно-исследовательского проекта состояла в комплексном обследовании водных экосистем по гидробиологическим, гидрохимическим и гидрофизическим показателям как на фоновых участках, так и на участках, находящихся под антропогенным воздействием в зонах влияния полигонов.

Практическое значение. Базу данных по исследованным участкам (8 створов) можно использовать при проведении учебных практик [5], научно-исследовательских работ, выполняемых как учащимися и сотрудниками РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, так и внешними организациями [6]), а также при совместных со службой Мосооблэкомониторинга и общественностью действиях.

Цель исследований: оценить влияние закрытых полигонов на видовой состав планктонных и бентосных организмов, представительство видов и химический состав воды.

Задачами работы явились:

1) выбор четырех представительных закрытых полигонов ТКО, сбор официальных данных об их техническом состоянии;

2) выполнение комплексного экологического обследования с обязательным отбором проб и проведением гидробиологических и гидрохимических анализов;

3) анализ результатов с точки зрения оценки соответствия нормативам, поиск зависимости загрязненности от стадии жизненного цикла полигона и формулирование предположений об условиях формирования экосистем под влиянием комплекса антропогенных воздействий (в том числе не связанных с полигонами).

Методика исследований

Research method

В качестве объектов исследований были выбраны районы расположения четырех рекультивированных полигонов ТКО в Московской области (рис. 1).

Методика исследований, проведенных в октябре и ноябре 2023 г., заключалась в выборе створов до полигона и после него по течению реки (фоновый – примерно 500 м выше по течению от границы полигона, контрольный – также примерно 0,5 км ниже). Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020. На месте замерялись также гидрофизические показатели: глубина в точке отбора, прозрачность, pH, электропроводность, температура воды и воздуха. Пробы воды на гидрохимический анализ отбирались пробоотборником на двухметровой штанге, в объеме 1 л на каждом створе.

Кислотность воды определялась портативным pH-метром марки Hanna Instruments HI 83141 pH Meter. Прозрачность в полевых условиях определялась Белым диском. Транспортирование проб, предназначенных на гидрохимический анализ, выполнялась в переносном кофре-холодильнике.

Пробы планктона отбирались сетью Апштейна (пропусканием через нее 50 л воды, отобранных ведром). Упаковка – бутылки объемом 0,5 л с оставлением небольшого количества воздуха под завинчивающейся крышкой без консервирования. Далее производились максимально быстрая транспортировка и разбор пробы в тот же день.

Пробы бентоса отбирались дночерпателем Экмана-Берджа (с площадью покрытия 10 × 10 см) на тех же точках, что и пробы планктона (рис. 8, слева). Упаковка – двойной полиэтиленовый пакет; без консервирования. Как и в отношении проб планктона, произведена максимально быстрая транспортировка и осуществлен лабораторный анализ.

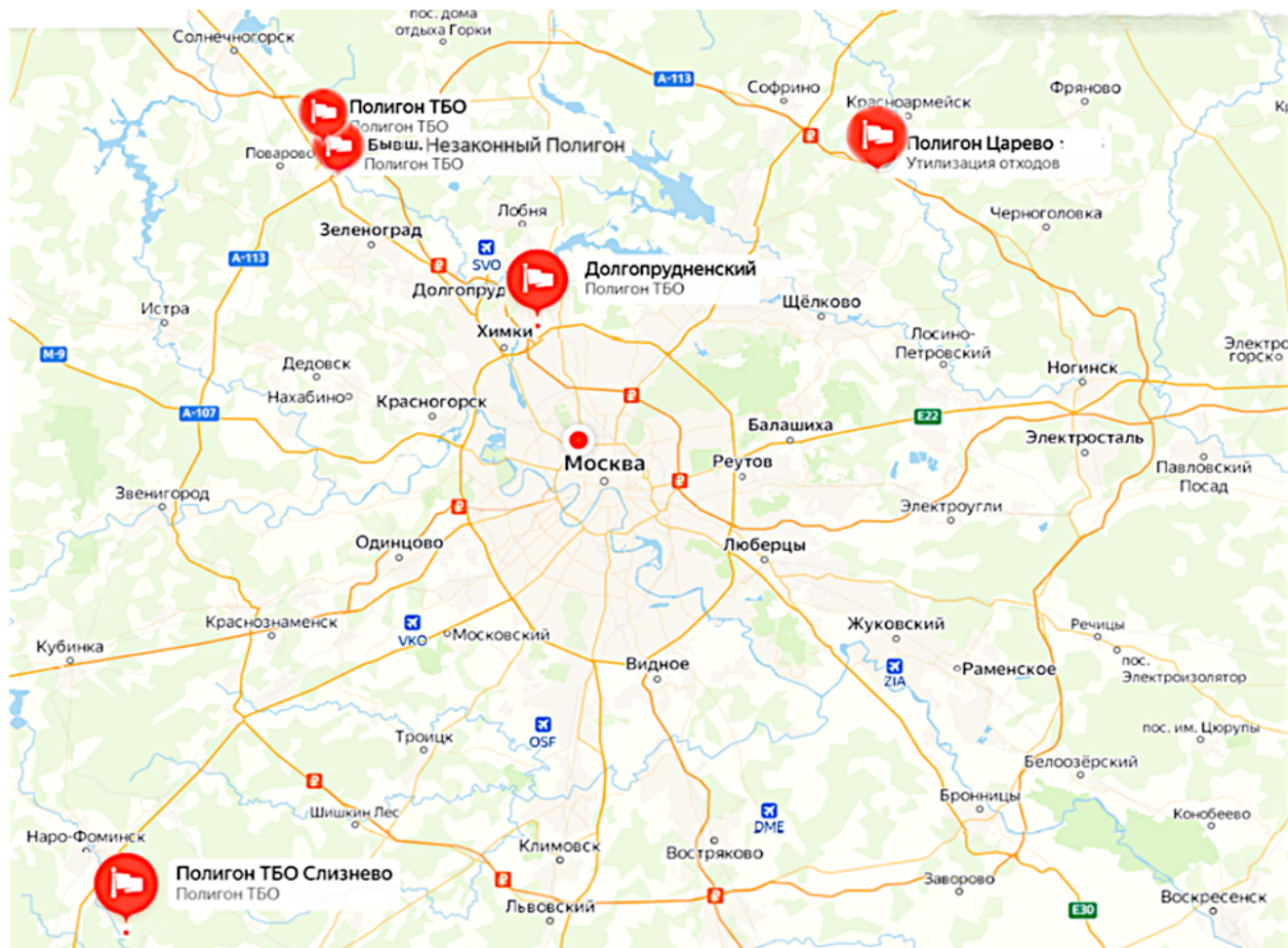


Рис. 1. Объекты исследований
Fig. 1. Objects of research

Инструктивными документами по отбору и анализу служили Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений (под ред. В.А. Абакумова [7]) и Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России (М.В. Чертопруд, Е.С. Чертопруд [8]).

Гидрохимический анализ был выполнен в аналитической лаборатории Мособлэкомониторинга. Исследования состояния воды в отобранных пробах проведены по 13 показателям: водородный показатель (рН), температура воды, удельная электрическая проводимость, окислительно-восстановительный потенциал, солесодержание, растворенный кислород, фторид-ион, нитрат-ион, хлорид-ион, натрий-ион, аммоний-ион, запах, прозрачность.

Разбор всех гидробиологических проб проводился в лаборатории кафедры экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Для выделения существ и их счета использовались бинокулярный микроскоп МСП-1, а также микроскоп-монокуляр большого увеличения Symphony для идентификации видов по видовым признакам после изготовления препаратов.

Ввиду того, что выезды на объекты были разовыми, а также с учетом того, что при гидрохимическом анализе определялось содержание

ограниченного числа ионов, оценка загрязненности была выполнена:

- 1) сопоставлением с ПДК;
- 2) расчетом ИЗВ.

С целью возможности сопоставить результаты оценки по разным рекам оценка выполнялась с использованием как рыбохозяйственных, так и хозяйственно-питьевых ПДК.

Индекс загрязненности вод (ИЗВ) вычисляется по 6 ингредиентам: 4 веществам с наибольшими превышениями ПДК, органическим веществам, определяемым по биохимическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅) и O₂:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \left(\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \frac{C_4}{\text{ПДК}_4} + \frac{\text{БПК}_5}{\text{норматив БПК}_5} + \frac{\text{норматив O}_2}{C_{\text{O}_2}} \right),$$

где C_i – концентрация каждого из ингредиентов.

Гидробиологический анализ, как указано выше, заключался в идентификации видов и оценке количества особей того или иного вида. Если видовое разнообразие планктонных организмов было достаточным (порядка 7 видов), вычислялся

индекс Панта-Букка в модификации Сладечка (иногда при малой частоте приходилось немного отступать от этого правила), и выполнялась оценка качества воды по средневзвешенной сапробности:

$$S = \frac{\sum s_i h_i}{\sum h_i},$$

где s_i – сапробность i -го вида, баллы; h_i – обилие i -го вида (частота встречаемости по глазомерной шкале) или численность N_i .

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Полигон ТКО «Долгопрудный» был закрыт в 2014 г. Его площадь составляет почти 14 га, где накоплено порядка 2,5 млн м³ отходов. В 2019 г. началось формирование свалочного тела, вдоль реки Бусинки с его восточной стороны устроена противофильтрационная завеса. Обустроена система сбора фильтрата, включающая в себя двухконтурный дренаж по периметру свалочного тела с отводом фильтрата в 2 накопительные подземные емкости по 50 м³ каждая, и предусмотрено устройство

двух КНС. Устроены армогрунтовая подпорная стенка, защитный экран полигона (предназначенный для изоляции свалочных масс, предотвращения попадания атмосферных осадков в тело полигона и выхода фильтрата из тела полигона в окружающую среду) и система отвода свалочного газа со скважины для пассивной дегазации.

В районе расположения полигона ТКО «Долгопрудный» для пробоотборов были выбраны две точки (рис. 2).

Точка № 1 (фоновая) – на ручье Коровий Враг, притоке р. Бусинка (55.906688, 37.528461); пробы были отобраны из небольшого, расположенного на ручье водоема, берега которого сильно заросли (рис. 3, слева). С юга от этой точки находится МКАД, со всех других сторон расположен Долгопрудненский лесопарк.

Вероятно, водная экосистема находится под сильным влиянием сосредоточенного сброса «на рельеф» сточных вод, и его воды исходят из подземного выпуска, по склону сбегая в водоем. Запах сточных вод – резкий, химический. Возможно, в стоке присутствуют нефтепродукты (рис. 3, справа).

Как берега этого водоема, так и продолжение рассматриваемого участка местами замусорены (в том числе вблизи АЗС «Роснефть»),

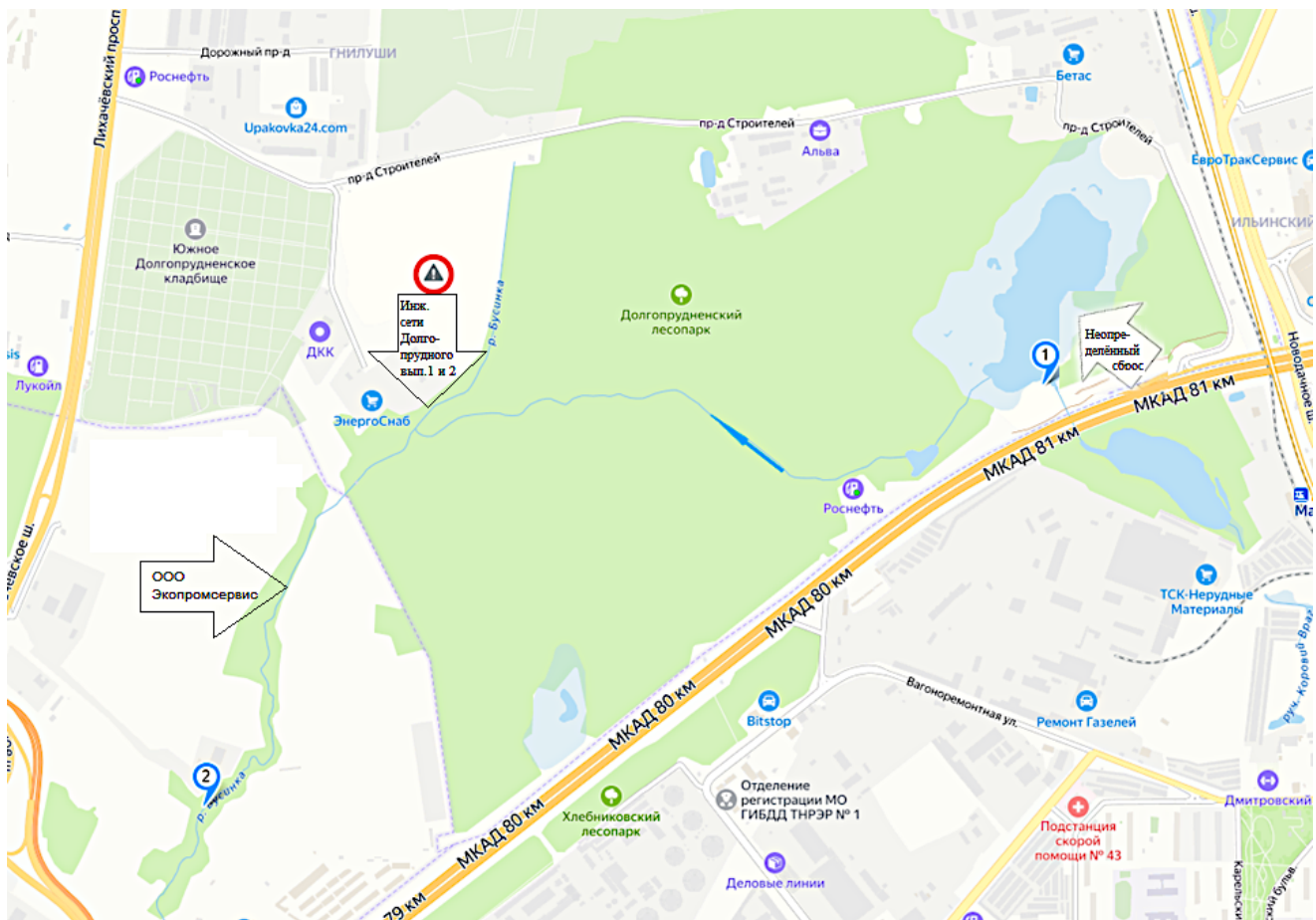


Рис. 2. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Долгопрудный» с местами отбора проб (синие кружки) и сосредоточенными сбросами сточных вод (стрелки)

Fig. 2. Schematic map of the surrounding area of the Dolgoprudny MSW landfill with the sampling sites (blue circles) and concentrated wastewater discharges (arrows)

встречаются шалаши бомжей и даже брошенные использованные шприцы. Суммируя отзывы посетителей лесопарка, засоренность водосбора можно оценить на уровне средней степени.

Установленные нормативы превысил хлорид-ион (1,4 ПДК_{р-х} и 1,2 ПДК_{к-б}) и аммоний-ион (1,8 ПДК_{р-х}). Запах – гнилостный (0/1 балл), прозрачность – 26 см.

Особенностью видового состава водоема на данный момент (поздняя осень) было массовое развитие свободно плавающих личинок поденок *Habrophlebia lauta* (бетамезосапробы – бм), циклопов *Microcyclops varicans*, *Cyclopus strenuous* (альфамезосапробы – ам) и крупных дафний *Daphnia Magna* (ам-бм). Последние имели розовый цвет, который может быть признаком недостатка кислорода в воде, хотя норматив O_2 не превышен.

Точка № 2 (контрольная) – р. Бусинка, приток р. Лихоборка, после впадения в нее Коровьего Врага (55.898147, 37.498061), расположенная в 1200 м ниже по течению от полигона (рис. 4, слева). На левом берегу за неширокой лесополосой расположены ворота и въезд для мусоровозов (рис. 4, справа). На правом берегу, также за неширокой лесополосой, – площадки и здания ООО «Экопромсервис», с заездом на МКАД.

На рассматриваемом участке сброс сточных вод в р. Бусинка осуществляют два хозяйствующих субъекта: ООО «Экопромсервис» и МУП «Инженерные сети г. Долгопрудного» (рис. 2). В связи с этим источником возросших концентраций

аммоний-иона (8,4 ПДК_{р-х} и 2,8 ПДК_{к-б}), а также изменений в структуре водной экосистемы может являться хозяйственная и/или иная деятельность вышеупомянутых юридических лиц. Запах – гнилостный (2/3 балла), прозрачность – 20 см.

На данной точке наблюдаются, во-первых, резкое снижение общей численности планктонных организмов, во-вторых – перевес циклопов над представителями других групп: в пробе массово присутствовали те же виды циклопов, и лишь в единичных количествах – дафнии и поденки. В бентосной пробе обнаружены одна личинка комара-звонца опушенного *Chironomus plumosus* и 5 личинок малощетинкового червя – трубочника обыкновенного *Tubifex tubifex* (полисапроб – п).

Для выявления возможного влияния полигона ТКО «Долгопрудненский» на водоток необходимо проведение дополнительных исследований.

Бывшая несанкционированная свалка возле деревни Радумля (рис. 5) вмещала более 3000 т ТКО. По границе «мусорки» протекал ручей, который из-за нее был просто отравлен. В 2020 г. въезд мусоровозов был прекращен. 100 тыс. м³ отходов вывезли в течение 5 месяцев. Свалки уже нет, теперь здесь находятся территория ОРЦ «Радумля» и логистический парк [9].

Точка № 1 (56.080642, 37.143480) – ручей без названия (приток р. Радомля), А-107, Ленинградско-Дмитровский перегон, второй километр (рис. 6, слева). Дно – без ила.



Рис. 3. Место отбора пробы № 1 (ручей Коровий Враг)

Fig. 3. Sampling site No. 1 (the Koroviy Vrag stream)

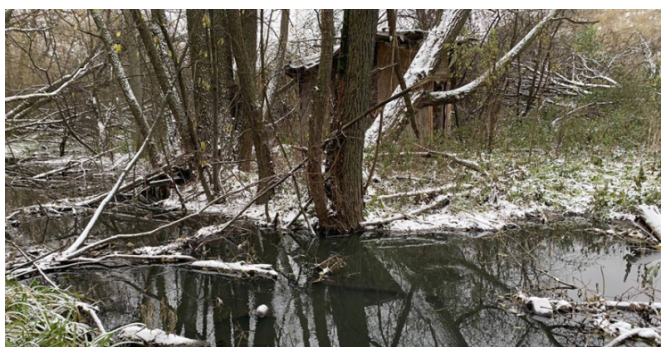


Рис. 4. Место отбора пробы № 2 (река Бусинка)

Fig. 4. Sampling site No. 2 (the Businka river)

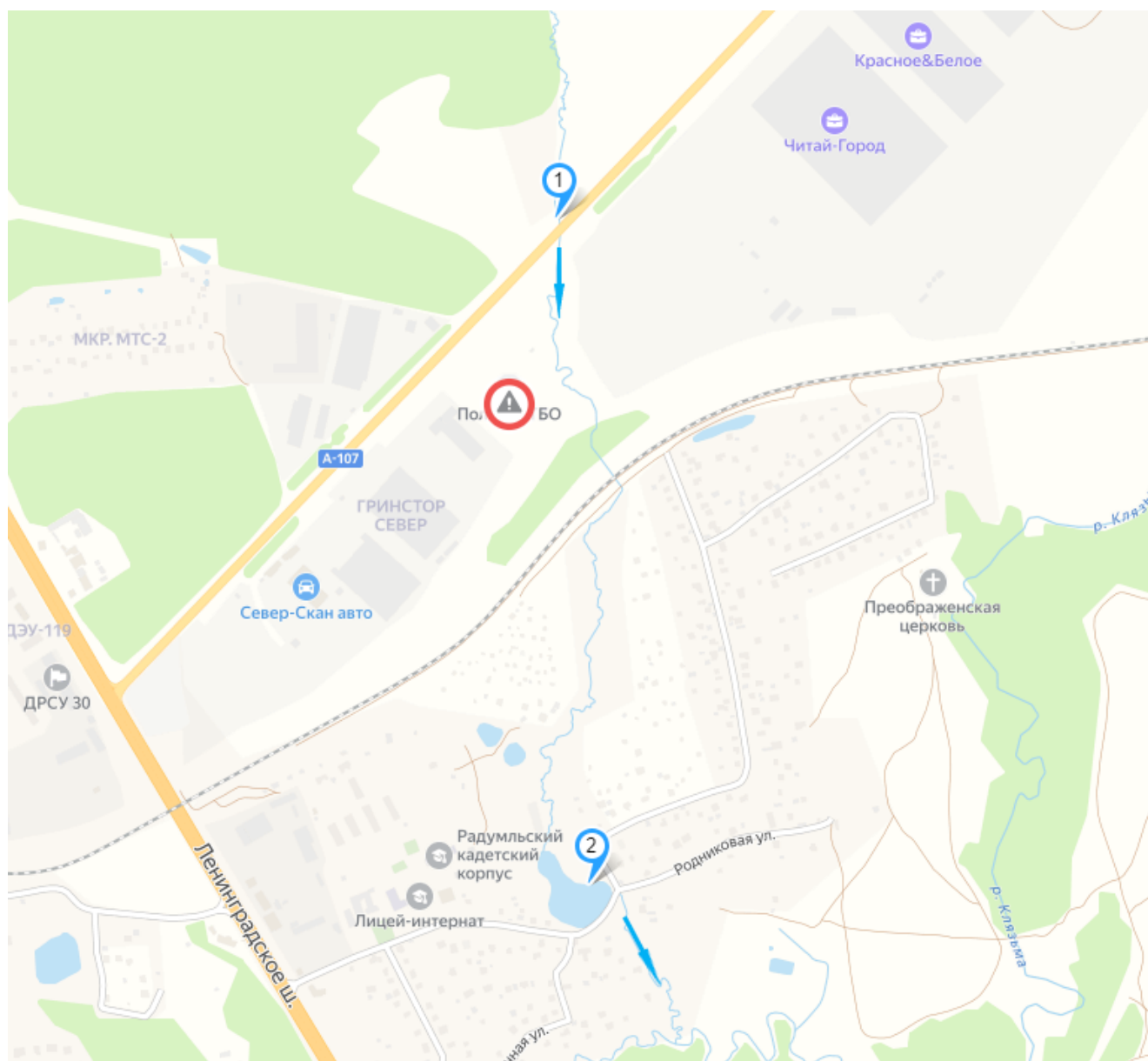


Рис. 5. Карта-схема окрестностей бывшей несанкционированной свалки в деревне Радумля с местами отбора проб (синие кружки)

Fig. 5. Schematic map of the surroundings of the former illegal MSW landfill in the village of Radumlya with the sampling sites (blue circles)



Рис. 6. Места отбора проб № 1 и № 2 (приток реки Радомли)

Fig. 6. Sampling sites No. 1 and No. 2 (tributary of the Radomlya river)

Выявлено небольшое превышение нормативов по хлорид-иону (1,2 ПДК_{р-х}), весьма значительное – по аммоний-иону (7,8 ПДК_{р-х} и 2,6 ПДК_{к-б}). Запах – гнилостный (0/2 балла). Содержание аммоний-иона в концентрациях, превышающее фоновое значение, говорит о загрязнении сточными водами.

Ввиду отсутствия потенциально опасных производственных и коммунальных объектов в непосредственной близости можно предположить вклад в формирование загрязненности вышележащего полигона ТКО (северо-западнее д. Майдарово), а также промпредприятий данного населенного пункта (птицеферма и завод аттракционов).

Гидробионты на данной точке имели единичную встречаемость: циклопы *Ectocyclops phaleratus* и *Cyclopus strenuous*, поедок *Habrophlebia lauta* и личинки комара обыкновенного *Culex pipiens*. В пробе планктона – трубочник *Tubifex tubifex* (останки). Наличие последних двух организмов указывало на загрязненность ручья.

Точка № 2 (56.070039, 37.144408) – ручей без названия (приток р. Радомля), дер. Радумля, вблизи д. 14/2. Место отбора представляло собой водоем около СНТ. Берега и отмель покрывали ивовые листья.

По ходу движения от точки 1 до точки 2 концентрация аммония даже снизилась в 2 раза и выше. Вероятно, на качестве воды благотворно сказываются процессы самоочистки, происходящие в водоеме на точке 2.

В отличие от первой точки, на которой гидробионты имели единичную встречаемость, в стоячей воде пруда их обнаружилось достаточно много, причем количество циклопов в пробе (более 100 шт.) на порядок превзошло количество дафний (12 шт.). В донном иле массово присутствовал характерный для заиленных стоячих водоемов, загрязненных ручьев и рек полисапроб трубочник обыкновенный (13 шт.).

Полигон ТКО «Слизнево» на Наре закрыт и реконструирован в 2019-2021 гг. Общая площадь составляет 10,8 га. Объем отходов – 730 000 т. Полигон накрыт защитным экраном из нескольких изолирующих слоев, дегазация – пассивная (свалочный газ из тела полигона отводится с помощью специальных скважин), фильтрат собирается со всего периметра и очищается.

Расположение точек отбора представлено на рисунке 7.



Рис. 7. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Слизнево» с местами отбора проб (синие кружки)

Fig. 7. Schematic map of the area of the Sliznevo MSW landfill with the sampling sites (blue circles)

Точка 1 (55.302303, 36.773471) – р. Нара (приток реки Оки), деревня Слизнево, вблизи д. 1. В прибрежной защитной полосе много поваленных деревьев. Склон довольно крутой и покрыт луговой растительностью. В верхней части склона расположена деревня Слизнёво. Сельские дома (Покровка) – также на противоположном берегу (рис. 8, слева).

Отличие географического положения данного участка от трех прочих заключается в том, что он располагается не в маловодных верховьях, а в среднем течении, на расстоянии около четырех десятков километров от истока. Вероятно, значительное влияние на гидрохимический режим (с превышением ПДК по аммоний-иону на уровне 3,9 ПДК_{р-х} и 1,3 ПДК_{к-б}, а также прозрачностью всего 15 см) оказывают вышерасположенные КБХ Наро-Фоминска, ферма КРС на Софринском пруду и др. По данным общественного контроля, во многих поселках, малых и средних городах не работают или работают плохо очистные сооружения [10, 11].

Поскольку по прочим ингредиентам превышений ПДК не было, ИЗВ получился на границе чистых и слабозагрязненных вод (табл. 1). Удалось идентифицировать довольно много видов (больше, чем на ранее осмотренных точках) включая ранее не встречавшиеся. Данная точка особенно отличилась обилием коловраток – обитательниц олигосапробных (о) и бета-мезосапробных вод: *Keratella quadrata* (о-бм) – очень часто; *Keratella cochlearis* (бм-о) – очень часто; *Asplanchna priodonta* (о-бм) – 1 шт. Дафнии были представлены видом *Bosmina longirostris* (о-бм) – 3 шт. Присутствовал также один циклоп *Cyclopus strenuous* (бм-ам) – 1 шт. В пробе бентоса присутствовали трубочники *Tubifex tubifex* (6 шт.) и личинки комаров *Chironomus plumosus* (9 шт.). Тубифексы на данной точке были практически полностью закопавшимися в ил. Это является признаком большого количества кислорода в воде (более 5 мг/л), что подтверждается результатами гидрохимического анализа.

Точка 2 (контрольная) – р. Нара (приток реки Оки), ниже полигона (55.295841, 36.785334). Примакаящий к точке берег – длинный пологий склон, поросший травяной растительностью (рис. 8, справа).

Выявлено превышение нормативов по аммоний-иону, но это превышение является даже несколько меньшим, чем на фоновой точке. Прозрачность – 12 см, что на 3 см хуже, чем на фоновой точке, где прозрачность составляла 15 см. Содержание аммоний-иона в концентрациях, более значительных на фоновой точке, чем на контрольной, свидетельствует о загрязнении сточными водами, попадающими в водный объект на участке именно до полигона. Сам же он вносит незначительный вклад в формирование загрязненности нижерасположенных участков.

Едва заметно на точке за полигоном сократилась численность тяготеющих к олигосапробным водам дафний и коловраток: *Bosmina longirostris* (о-бм) – 3 шт.; *Keratella quadrata* (о-бм) – часто; *Keratella cochlearis* (бм-о) – часто; *Asplanchna priodonta* (о-бм) – 2 шт.; обнаружена пара представителей среднезагрязненных вод брахионус калицифлорус: *Brachionus calyciflorus* (бм-ам) – 2 шт. Также незначительно, как и до полигона, были представлены циклопы *Cyclopus strenuous* (бм-ам) – 1 шт. В пробе бентоса: *Tubifex tubifex* – 3 шт, *Chironomus plumosus* – 2 шт.

Полигон ТКО «Царёво» закрыт в 2017 г. Фактический объем накопленных отходов составляет 5 444,73 тыс. м³ (4 355,78 тыс. т). Расположен полигон на двух земельных участках общей площадью 216166 м² (21,6 га). Особенности рекультивации – полностью переформатированное тело полигона, активное перемещение свалочных масс в специально созданную чашу (экран – решетка, песок, геомембрана) и большая армогрунтовая стена. Имеется активная система дегазации с утилизацией биогаза на термической установке. Предусмотрены система сбора фильтрата методом лучевого дренажа, противofiltrационная завеса из шпунта, а также очистные сооружения.



Рис. 8. Места отбора проб № 1 и № 2 (река Нара)
Fig. 8. Sampling sites No. 1 and No. 2 (the Nara River)

Расположение точек отбора представлено на рисунке 9.

Точка № 1 (фоновая) – на пруду без названия, г.о. Пушкинский, вблизи с. Царёво (56.078446, 38.086215). На берегу обустроена водоохранная зона из древесных насаждений. Между деревенскими домами и ВОЗ – кукурузное поле (рис. 10, слева). По результатам исследований превышения ПДК не выявлены. Это самая насыщенная растворенным кислородом точка.

Обнаружены представители всего двух родов планктонных организмов и один типичный бентосный вид, а именно: в пробе планктона – циклопы *Microcyclops varicans*, *Cyclopus strenuous* (ам) – 14 шт.; коловратки *Keratella quadrata* (о-бм) – 2 шт. В пробе бентоса *Tubifex tubifex* – единицы.

Точка № 2 (контрольная) – р. Черничка (приток реки Вори), г.о. Пушкинский (56.068418, 38.102972). Место отбора (выше трубчатого переезда) является весьма красивым. От полигона

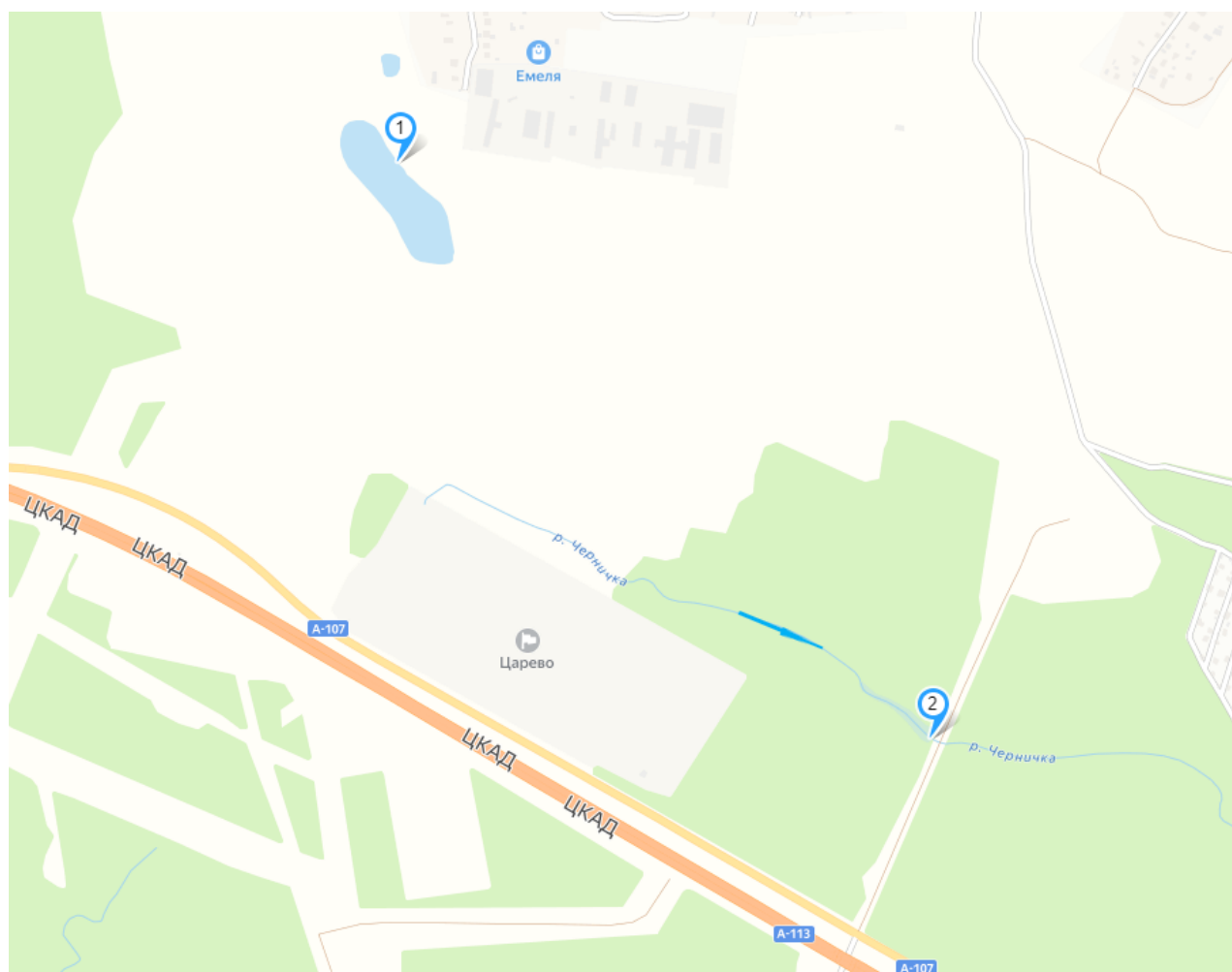


Рис. 9. Карта-схема окрестностей полигона ТКО «Царёво» с местами отбора проб (синие кружки)

Fig. 9. Schematic map of the area of the Tsarevo MSW landfill with the sampling sites (blue circles)



Рис. 10. Места отбора проб № 1 и № 2 (пруд и река Черничка)

Fig. 10. Sampling sites No. 1 and No. 2 (pond and the Chernichka river)

до данной точки расположен лес (рис. 10, справа). Берег и дно – с камнями (строительный материал, использовавшийся при обустройстве переезда), поверхность воды в раске. Выявлено незначительное превышение норматива по аммоний-иону, установленного для водных объектов рыбохозяйственного значения (1,1 ПДК_{р-х}).

Гидробиологический анализ пробы 2 за полигоном явился отражением столь же живописной, как берега вокруг, великолепной по разнообразию и представительству видов водной экосистемы с обилием зеленых водорослей спирогиры (*Spirogyra*), ряски, личинок комаров и других видов гидробионтов. В пробе планктона были обнаружены,

в том числе: дафнии включая *Bosmina longirostris* – 5 шт. (о-бм); циклопы (вероятно, *Cyclops strenuus*) – редко; личинки циклопов (науплии) – очень редко; плавающие личинки поденок *Habrophlebia lauta* – очень часто (более 8 шт.); личинки перистоусых комаров *Chaoborus crystalinus* (*Corethra plumicornis*) – массово (16 шт.). В пробе бентоса обнаружен трубочник *Tubifex tubifex* – единицы.

Сводные данные по всем участкам с оценкой по интегральным показателям ИЗВ и индекса сапробности, а также проблемным загрязнителям, по которым есть превышения ПДК, представлены в таблице.

Таблица

Комплексные показатели

Район полигона ТКО	Положение точки	Система ПДК _{р-х}		Система ПДК _{х-п}		Оценка по индексу Пантале и Букку
		Оценка по ИЗВ	Проблемный загрязнитель	Оценка по ИЗВ	Проблемный загрязнитель	
Долгопрудный	до	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Чистая	Cl ⁻	Умеренно загрязненная
	после	Загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Бывший в Радумле	до	Умеренно загрязненная	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная (ненадежна.)
	после	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Слизнёво	до	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
	после	Умеренно загрязненная	NH ₄ ⁺	Чистая	NH ₄ ⁺	Умеренно загрязненная
Царёво	до	Чистая		Чистая		Умеренно загрязненная
	после	Чистая	NH ₄ ⁺	Чистая		Умеренно загрязненная

Composite indicators

District of the MSW landfill	Position of the sampling site	Maximum permissible concentration for water in commercial fishery reservoirs		Maximum permissible concentration for water in household and drinking reservoirs		Assessment by the Pantle-Buck index
		Assessment by WPI	Problem pollutant	Assessment by WPI	Problem pollutant	
Dolgoprudny	before	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Clean	Cl ⁻	Medium polluted
	after	Polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted
Former in Radumlya	before	Medium polluted	Cl ⁻ , NH ₄ ⁺	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Medium polluted
	after	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
Sliznevo	before	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
	after	Medium polluted	NH ₄ ⁺	Clean	NH ₄ ⁺	Medium polluted
Tsarevo	before	Clean		Clean		Medium polluted
	after	Clean	NH ₄ ⁺	Clean		Medium polluted

Самым незагрязненным следует признать участок реки Чернички в районе ТКО «Царёво», а самым проблемным – участок притоки Лихоборки в районе ТКО «Долгопрудный».

На примере верховий Лихоборки (с учетом самостоятельно обнаруженного сброса сточных вод, официальной информации еще о трех водовыпусках и комментариев к протоколам гидрохимического анализа, предоставленным Мособлэкомониторингом) установлено, что гидрохимический режим рассмотренных участков формируется не только стоками с полигонов, но и деятельностью ряда других водопотребителей, осуществляющих сосредоточенные сбросы.

За исключением района Царёво речные воды прочих рассмотренных участков еще до попадания в зону влияния полигона являются загрязненными. Несмотря на то, что все полигоны, кроме Слизнёво,

находятся в верховьях рек, водные массы в зону их влияния приходят уже именно такими.

Основным является следующий вывод: вклад закрытых полигонов с учетом фона представляется не очень значительным. В некоторых случаях (как в Радумле) после прохождения участка некоторые показатели качества становились даже лучше. Вероятно, такая ситуация типична, если полигон уже закрыт и оборудован средствами минимизации негативного воздействия.

Биоценозы в зоне влияния рассмотренных полигонов демонстрируют определенную устойчивость (и в плане традиционности набора гидробионтов, и в части уровня загрязнения органикой, отражаемого индексом сапробности). Но наверняка есть некоторый предел антропогенного воздействия, за которым водная экосистема изменится более резко.

Из сказанного выше, в плане перспектив дальнейших исследований по данной теме и достижения поставленной цели, сформулированы следующие предложения:

1) увеличить количество объектов для исследований, включив в крупные полигоны (типа «Тимохово») и действующие объекты размещения ТКО или полигоны ТКО без современной реконструкции с малоэффективными средствами минимизации воздействия или без таковых;

2) повторить исследования (хотя бы на некоторых участках) в тех же точках летом, на пике развития биомассы, для выяснения сезонной динамики;

3) провести анализ химического состава сосредоточенных сбросов в реку, особенно на Лихоборке, чтобы объективно выяснить вклад каждого из участников водохозяйственного комплекса.

Выводы Conclusions

1. На подготовительном этапе был определен перечень участков рек с полигонами ТКО, находящимися на одной стадии жизненного цикла (после реконструкции и закрытия). Исключение составляет верховье реки Лихоборки, где водная экосистема формируется под воздействием нескольких существенных источников загрязнения (площадки

вне Долгопрудненского полигона, по-прежнему регулярно принимающие ТКО, неопознанный сосредоточенный сброс из-под МКАД, инженерные сети Долгопрудного, ООО Экопромсервис).

2. Воды обследованных участков как до полигона, так и после него, согласно методике Пантле и Букка по содержанию зоопланктона идентифицированы как умеренно загрязненные. Ингредиентом, измеренная концентрация которого хронически зашкаливает за ПДК, является ион аммония. По ИЗВ на всех точках до полигонов при расчете по ПДК_{х-п} воды обычно чистые, а при расчете по ПДК_{р-х} – обычно умеренно загрязненные. Переход к нижерасположенной точке не повышает класс загрязнения.

3. Обнаружены изменения видового разнообразия биоты до полигона и после него, но они не столь существенны, чтобы с продвижением вниз по течению поменялся класс вод. Можно с уверенностью утверждать, что хорошо обустроенные, закрытые полигоны оказывают весьма небольшое воздействие на биоту. Умеренное загрязнение до Радумли мы связываем с вышерасположенным другим полигоном, а особенную чистоту в Царёво – с близостью к истоку и низкой антропогенной нагрузкой от хорошо законсервированного полигона. Сток же Лихоборки, как и притока Радумли, формируется под воздействием ряда источников, не имеющих отношения к полигону.

Список источников

1. Гудкова Н.К., Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Влияние полигонов ТКО на деградацию биогеоценозов прибрежных зон водотоков и Черного моря // *Природообустройство*. 2021. № 5. С. 117-124. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-5-117-124>
2. Василискова А.В., Кондратенко С.В., Меньшин А.С. Геоэкологическая характеристика водного объекта без названия, расположенного вблизи рекультивированного полигона твердых коммунальных отходов Калининградской области // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле»*. 2023. Т. 46. С. 16-34. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.16>
3. Хучунаева Л.В. Оценка экологического состояния водных объектов вблизи полигонов ТКО (на примере полигона ТКО поселка Кашхатау КБР) // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2023. Т. 9, № 1. С. 290-298. EDN: IGCDEK
4. Титова А.Г. Оценка влияния полигона твердых коммунальных отходов на окружающую среду с использованием междисциплинарного подхода // *Проблемы региональной экологии*. 2019. № 2. С. 53-58. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12053>
5. Евграфов А.В., Косов Н.С., Цветкова А.В. Влияние экологических условий на состав зоопланктона в среднем течении реки Лихоборки // *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1. С. 73-79. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

References

1. Gudkova N.K., Gorbunova T.L., Matova N.I. Influence of MSW landfills on degradation of biogeocenoses of coastal zones of water courses and the Black sea. *Prirodoustroystvo*. 2021;5:117-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2021-5-117-124>
2. Vasiliskova A.V., Kondratenko S.V., Menshenin A.S. Geoecological Characteristics of the unnamed water body located in the near vicinity of the re-cultivated municipal solid waste landfill of the Kaliningrad Region. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*. 2023;46:16-34. (In Russ.) <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.46.16>
3. Khuchunaeva L.V. Assessment of the ecological state of water bodies near MSW landfills (on the example of MSW landfill of Kashkhatau KBR settlement). *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2023;9(1):290-298. (In Russ.)
4. Titova A.G. Assessment of the impact of solid municipal waste landfills on the environment applying an interdisciplinary approach. *Problemy regional'noy ekologii*. 2019;2:53-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2019-12053>
5. Evgrafov A.V., Kosov N.S., Tsvetkova A.V. Effect of environmental conditions on the composition of zooplankton in the middle stream of the Likhoborka river. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;(1):73-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-73-79>

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

7. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*: утв. Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 12 сентября 1982 г. / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983.

8. Чертопруд М.В., Чертопруд Е.С. Краткий определитель беспозвоночных пресных вод центра Европейской России. Москва: Макс Пресс, 2003. EDN: QKMMDV

9. Мусорный полигон в Радумле ликвидировали за 5 месяцев: Видеоклип // *Видеоканал 360 Солнечногорск*. 2020. 18 июля. URL: <https://rutube.ru/video/a8499bfd97db12c7a9ff9bbc70fddd20/> (дата обращения: 09.06.2024).

10. Баташов В. Современное состояние реки Нара от истока до устья: состояние, проблемы, предварительные выводы и предложения // *Великие реки России от истока до устья: Общественный проект*. URL: <https://rivers-russia.ru/expedition/2020/07/18/sovremennoe-sostoyanie-reki-nara-ot-istoka-do-ustya-sostoyanie-problemy-predvaritelnye-vyvody-i-predlozheniya.html?ysclid=lvnioushaw124721329> (дата обращения: 09.05.2024).

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

6. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2009*. Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2010:260. (In Russ.)

7. *Manual on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments*. Ed. by V.A. Abakumov. Leningrad, USSR: Gidrometeoizdat, 1983. (In Russ.)

8. Chertoprud M.V., Chertoprud E.S. Brief identification of freshwater invertebrates of Central European Russia. Moscow, Russia: Maks Press, 2003. (In Russ.)

9. *Landfill in Radumlya was liquidated within five months*: video clip. Telekanal 360 Solnechnogorsk, July 18, 2020. (In Russ.) URL: <https://rutube.ru/video/a8499bfd97db12c7a9ff9bbc70fddd20/> (accessed: June 05, 2024)

10. Batashov V. Current state of the Nara River from source to mouth: condition, problems, preliminary conclusions and proposals. *Velikie reki Rossii ot istoka do ust'ya: Obshchestvennyy proyekt: [website]*. July 18, 2020. (In Russ.) URL: <https://rivers-russia.ru/expedition/2020/07/18/sovremennoe-sostoyanie-reki-nara-ot-istoka-do-ustya-sostoyanie-problemy-predvaritelnye-vyvody-i-predlozheniya.html?ysclid=lvnioushaw124721329> (accessed: May 05, 2024)

11. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2009*. Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2010:260. (In Russ.)

Сведения об авторах

Алексей Викторович Евграфов, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.evgrafov@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6306-2266>

Никита Сергеевич Косов, аспирант кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikitacosov@yandex.ru

Наталья Владимировна Лагутина, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nlagutina@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1066-2211>

Information about the authors

Alexey V. Evgrafov, CSc (Eng), Associate Professor at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: a.evgrafov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6306-2266>

Nikita S. Kosov, postgraduate student at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nikitacosov@yandex.ru

Nataliya V. Lagutina, CSc (Eng), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: nlagutina@rgau-msha.ru. <https://orcid.org/0000-0003-1066-2211>

Статья поступила в редакцию 30.05.2024
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 30, 2024
Approved after reviewing June 20, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья

УДК 581.9: 574.4 (470.333)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-30-50>**К вопросу реализации биомониторинга состояния фитоценозов Зеленой книги в местообитаниях ООПТ Брянской области****Анжелика Алексеевна Гайворонская, Лидия Николаевна Анищенко**

Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Лидия Николаевна Анищенко; Lanishchenko@mail.ru**Аннотация**

Приоритетность сохранения и биомониторинга редких растительных сообществ является актуальной для староосвоенного региона – Брянской области. Инвентаризация лесных биоценозов Зеленой книги региона позволит не только уточнять природоохранную значимость сообществ, но и планировать развитие сети особо охраняемых природных территорий, повышая их эффективность. Обследованы местообитания 10 памятников природы в Брянской области для выявления и описания лесных сообществ Зеленой книги, представленных формациями дубрав, ясеневников. Для целей биомониторинга состояния фитоценозов с анализом синтаксономического разнообразия создали базы наблюдений – фитоценотические таблицы – для 6 ассоциаций и одной субассоциации. В статье впервые приводится наличие биоценозов редкой субассоциации *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 в памятнике природы «Хутор Любин» Новозыбковского района, редкой ассоциации *Ulm laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 – для «Старинного парка в Ляличах» Суражского района Брянской области. Разнообразие эколого-фитоценотической структуры изучаемых лесных сообществ определяется дифференциацией местообитаний, наличием буферной зоны, площадью охраняемых территорий, стадией демулационных восстановительных постантропогенных сукцессий. Отмечено, что ценотические и структурные характеристики редких и эталонных лесных сообществ соответствуют модельным описаниям в Зеленой книге Брянской области. Методом эколого-флористической классификации Ж. Браун-Бланке (1964) обоснована новая субассоциация с участием *Sanicula europaea* L., что диагностирует гетерогенность биотопов и благоприятное фитоценотическое окружение регионально редкого вида. Единицы эколого-флористической классификации лесных биоценозов позволили в качестве критериальных признаков установить наличие ценных биотопов системы EUNIS-ESy (2020): категория Т – «Лесные и другие лесные земли» с четырьмя видами (Т1В, Т19, Т13, Т1Е). Выполненные исследования как опыт длительных исследований сообществ уникального природоохранного каталога Зеленой книги будут способствовать подготовке и обнародованию аналогичных списков, решению проблемы охраны растительных сообществ России.

Ключевые слова

биомониторинг состояния фитоценозов, памятники природы, лесные сообщества, Зеленая книга, редкие и эталонные сообщества, синтаксономическое разнообразие, Нечерноземье РФ

Для цитирования

Гайворонская А.А., Анищенко Л.Н. К вопросу реализации биомониторинга состояния фитоценозов Зеленой книги в местообитаниях ООПТ Брянской области // Тимирязевский биологический журнал. 2024. Т. 2, № 2. С. 30-50. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-30-50>

BIOLOGICAL RESOURCES

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-30-50>**On the issue of implementation of biomonitoring of the state of phytocenoses of the Green Book in the habitats of specially protected natural areas of the Bryansk Region****Angelika A. Gayvoronskaya, Lidiya N. Anishchenko**

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia

Corresponding author: Lidiya N. Anishchenko; Lanishchenko@mail.ru**Abstract**

The priority of conservation and biomonitoring of rare plant communities is relevant for the old developed region – Bryansk Region; the inventory of forest biocenoses of the Green Book of the region will allow not only to clarify

the conservation significance of communities, but also to plan the development of a network of specially protected natural areas (SPNA), increasing their efficiency. The habitats of 10 natural monuments in the Bryansk Region were surveyed to identify and describe the forest communities of the Green Book, represented by oak and ash forest formations. For the purposes of biomonitoring of phytocenoses with the analysis of syntaxonomic diversity, we created observation bases – phytocenotic tables – for six associations and one subassociation. The article presents for the first time the presence of biocenoses of the rare subassociation *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 in the natural monument “Khutor Lyubin” of the Novozybkovsky district, the rare association *Ulm laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 – for the “Old park in Lyalichi” of the Surazh district, Bryansk Region. The diversity of the ecological and phytocenotic structure of the studied forest communities is determined by the differentiation of habitats, the presence of a buffer zone, the area of protected natural areas, and the stage of demutational restorative post-anthropogenic successions. It is noted that the cenotic and structural characteristics of rare and reference forest communities correspond to the model descriptions in the Green Book of the Bryansk Region. Using the method of ecological-floristic classification by J. Braun-Blanquet (1964), a new subassociation with the participation of *Sanicula europaea* L. was established, which reveals the heterogeneity of biotopes and a favorable phytocenotic environment of a regionally rare species. The units of ecological-floristic classification of forest biocenoses made it possible to establish the presence of valuable biotopes of the EUNIS-ESy system (2020) as criterion features: category T – “Forest and other wooded lands” with four species: T1B, T19, T13, T1E. The conducted studies as an experience of long-term studies of communities of the unique nature conservation catalog of the Green Book will contribute to the preparation and publication of similar lists and solution of the problem of protection of plant communities in Russia.

Keywords

biomonitoring of phytocenoses, natural monuments, forest communities, Green Book, rare and reference communities, syntaxonomic diversity, Non-Black Earth Region of the Russian Federation

For citation

Gayvoronskaya A.A., Anishchenko L.N. On the issue of implementation of biomonitoring of the state of phytocenoses of the Green Book in the habitats of specially protected natural areas of the Bryansk Region. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):30-50. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-30-50>

Введение Introduction

Зеленые книги регионов, которые известны для Сибири, Самарской и Брянской областей, Украины, создаются на основе концептуального правила теоретической и прикладной экологии о приоритетности сохранения сообществ – биотопов для произрастания редких видов флоры и фауны [1-4]. Эти фундаментальные труды, обобщающие результаты природоохранных исследований растительности биогеографических районов с детальной разработкой классификации сообществ на основе метода эколого-флористической классификации, реже – доминантно подхода, обеспечивают базовые основы биомониторинга и выявление направлений развития в ходе естественных процессов [1, 4].

Зеленая книга Брянской области в 2012 г. обнародовала базу растительных сообществ различных категорий природоохранной значимости с учетом своеобразия флористического состава, участия редких видов, уникальности ценотической структуры, размеров и динамики ценоареалов, степени нарушенности. Перспектива исследования в рамках ведения этого документа предусматривает описание динамических процессов, уточнение местоположений сообществ, эколого-ботанические характеристики эдификаторных, редких видов. Экспертное исследование показателей, отражающих специфику растительных сообществ региональной

Зеленой книги, позволит не только оптимизировать и вывести на новый уровень охрану элементов флоры, но и подойти к решениям о инвентаризации биотопов, учете изменений при демутационных сменах и природоохранном статусе объектов, возрастном состоянии редких видов и видов мониторингового списка, эффективности охранных мер объектов: создание особо охраняемых природных территорий, а также регулирование использования земель хозяйственного назначения для снижения отрицательного воздействия на биоту и биотоп.

Значительное флористическое и фитоценотическое богатство биотопов Брянской области – западного отрога Среднерусской возвышенности – предполагает постоянный биомониторинг природоохранной значимости и сохранности ценных (раритетных) лесных сообществ, особенно в местах территориальной охраны. В регионе все растительные сообщества несут следы природо-преобразующей деятельности, в том числе постантропогенных восстановительных процессов. Поэтому выявление фитоценологических особенностей лесов Зеленой книги Брянской области в биомониторинге растительного покрова, синтаксономического разнообразия, охваченного территориальной охраной, критериев классификации местообитаний на основе единиц эколого-флористической классификации редких и эталонных сообществ является актуальным и решалось в работе по результатам долгосрочных наблюдений.

Биомониторинг лесных сообществ различных категорий Зеленой книги Брянской области проводится с целью оценки распространения фитоценозов различных ассоциаций на охраняемых природных территориях, для выявления негативных факторов, отрицательно воздействующих на состояние макрокомплексов, для прогноза развития лесных насаждений, представляющих значительную ценность в природоохранном плане.

Методика исследований Research method

Для решения вопроса о динамике состава растительных сообществ различных категорий региональной Зеленой книги заложены модельные учетные площадки на 10 особо охраняемых территориях. На некоторых из них – постоянных ключевых участках – наблюдения осуществлялись с 2015 г., на временных пробных площадках в рамках инвентаризации биоразнообразия описаны лесные сообщества, не выявленные ранее при обследовании.

Для биомониторинга принимались во внимание природные охраняемые объекты, обеспечивающие в первую очередь территориальную охрану сообществ Зеленой книги (рис. 1): памятник природы Рёвны (Навлинский район, 18 га, ландшафтный); Рёвенские дубравы (Навлинский

район, 68 га, комплексный); Добрунские склоны (Брянский район, 10 га, ландшафтный); Хутор Любин (Новозыбковский район, 164 га, лесной); Брасовская дубрава (Брасовский район, 430 га, ботанический); Севская дубрава (Севский район, 457 га, ландшафтный); Владимирская дубрава (Комаричский район, 54 га, ботанический); Дубрава Десятуха (Стародубский район, 20 га, ландшафтный); Семеновская дубрава (Почепский район, 92 га, комплексный); Старинный парк в Ляличах (Суражский район, 63 га, комплексный).

На мониторинговых маршрутах описывали элементы лесного растительного покрова, фиксировали элементы флоры, в том числе редкие и инвазивные виды, проводили геоботаническое описание растительных сообществ по методике эколого-флористической классификации Ж. Браун-Бланке (1964) на ключевых пробных площадках в 400 м² [5]. При исследовании выявили полный флористический состав, отмечали обилие видов, ярусность лесных биоценозов. В синоптической таблице инвазивные виды не указывали, их присутствие в сообществах в ООПТ анализировали отдельно ввиду малого распространения.

При камеральной обработке данных составляли синоптические таблицы синтаксонов, проективное покрытие видов указывали в баллах по комбинированной шкале обилия-покрытия Ж. Браун-Бланке (1964): r – единично встреченный вид; + – проективное покрытие до 1%;

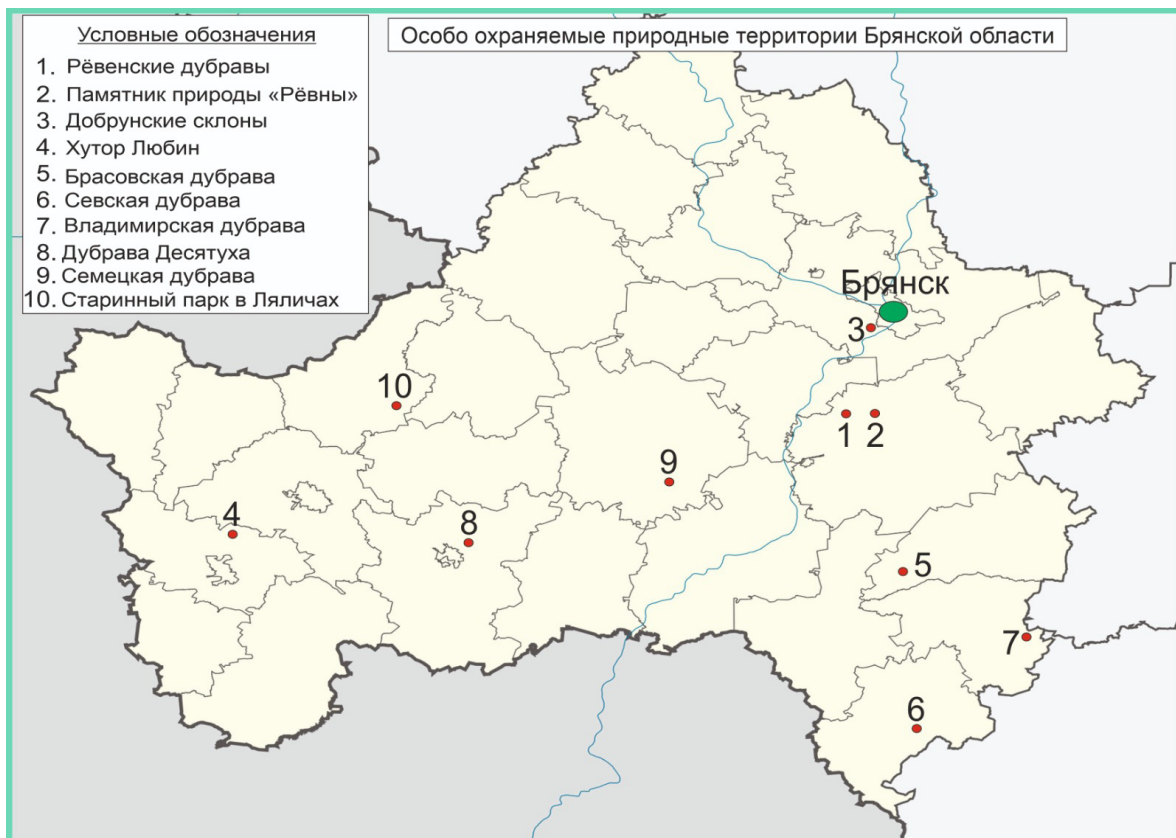


Рис. 1. Карта-схема особо охраняемых объектов, обеспечивающих охрану сообществ Зеленой книги Брянской области



Fig. 1. Map-scheme of specially protected natural areas, ensuring the protection of communities of the Green Book of the Bryansk Region

1 – от 1 до 5%; 2 – от 6 до 25%; 3 – от 26 до 50%; 4 – от 51 до 75%; 5 – выше 76% [9]. В сводной синоптической таблице, характеризующей встречаемость видов, охарактеризованы в классах постоянства: r – не более 5%; + – 6-10%; I – 11-20%; II – 21-40%; III – 41-60%; IV – 61-80%; V – 81-100%. Баллы выраженности экологических факторов рассчитывали с использованием шкал Г. Элленберга (1992) [6]. Наименования синтаксонов соответствуют Кодексу фитосоциологической номенклатуры, учтены современные работы по синтаксономическим решениям при классификации лесных сообществ [7, 8].

Отмечали изменения в составе сообществ, структурные особенности фитоценозов по сравнению с описаниями модельных биоценозов в Зеленой книге Брянской области (2012). Ценопопуляционные исследования проводили для редкого вида предполесских и полесских ландшафтов – подлесника европейского (*Sanicula europaea* L.), строили возрастные спектры в сообществах субассоциации на территории трех охраняемых природных территорий, основываясь на ключах онтогенетических состояний [9].

Для анализа показателей флористического разнообразия определяли показатели α -разнообразия (флористическая насыщенность), вычисляли значения индекса Шеннона-Уивера для отражения гетерогенности ценофлоры, используя данные по процентному обилию-покрытию

видов при описаниях сообщества и элементы α -разнообразия¹. Номенклатура видов приведена по сводке П.Ф. Маевского (2016) [10].

Результаты и их обсуждение Result and discussion

На территории памятников природы для биомониторинга охарактеризовали сообщества 6 ассоциаций и одной субассоциации, представляющей значительную ценность как средообразующая единица [1]. К категории эталонных (показательных для лесных биоценозов средней России) отнесены: сообщества ассоциации *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015; сообщества ассоциации *Geo rivale-Quercetum roboris* Semenishchenkov in Bulokhov et Semenishchenkov 2008 – класс *Carpino-Fagetia* Jakus ex Passarge 1968; порядок *Fagetalia sylvaticae* Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 1928; союз *Quercus roboris-Tilion cordatae* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015; сообщества ассоциации *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 – класс *Quercetia robori-Petratae* Br. – Bl. Et Tx. et Oberd. 1957; порядок *Quercetalia roboris* Tx. 1931; союз *Vaccinio*

¹ Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение: Монография. М.: Мир, 1992. 181 с.

myrtilli-Quercion roboris Bulokhov et Solomeshch 2003. Редкие сообщества, характерные для местообитаний со специфическими экологическими факторами, богатые стенотопными видами, принадлежат сообществам класса *Carpino-Fagetea*: ассоциация *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003, порядка *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933, союза *Betonico officinalis-Quercion roboris* Goncharenko et Semenishchenkov in Goncharenko et al. 2020 и ассоциация *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 (союз *Quercus roboris-Tilion cordatae*, порядок *Fagetalia sylvaticae*). В памятниках природы изучено редкое сообщество пойменных лесов – ассоциации *Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris* Polozov Solomeshch 1999 in Semenishchenkov 2015 – класса *Alno glutinosae-Populetea albae* Fukarek et Fabijanić 1968, порядка *Alno-Fraxinetalia excelsioris* Passarge 1968, союза *Faxino-Quercion roboris* Passarge 1968. Основные фитоценоотические характеристики сообществ описаны в таблице 1 (прочие виды не указывались).

Ввиду различных экологических условий местообитаний в памятниках природы Брянской области сообщества ассоциаций распределены по охраняемым территориям (табл. 2).

Все лесные сообщества формируются в специфических местообитаниях: например, по речным долинам, склонам балок, на равнинных участках с понижениями между балочным ландшафтом, часто в местах выхода карбонатных пород. Развитие лесных биоценозов эталонной и редкой группы определяется экологическими особенностями эдификаторов и доминантов. Также рассмотренные при анализе сообщества характеризуются уникальным положением урочищ ландшафтов и биотопическими факторами, создающими рефугиум для географически различных по происхождению видов, входящих в состав списков охраняемых элементов флоры.

Только в местообитаниях памятника природы «Хутор Любин» описаны сообщества субассоциации *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015, в местообитаниях «Старинного парка в Ляличах» (усадьба П.В. Завадовского) – сообщества ассоциации *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 (рис. 2).

Эталонные сообщества ассоциаций *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015, *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 и *Geo rivale-Quercetum roboris* Semenishchenkov in Bulokhov et Semenishchenkov 2008, территориально выявленные для ООПТ, флористически и структурно соответствуют описаниям инвентаризационных характеристик в Зеленой книге

Брянской области; отмечено только их местоположение, не учтенное в документе.

В ацидофитных сосново-широколиственных лесах ассоциации *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* ценофлора представлена 76 видами, среднее α -разнообразие – 35 видов на 400 м². В гигро-мезофитных широколиственных лесных сообществах ассоциации *Geo rivale-Quercetum roboris* ценофлора состоит из 72 видов, среднее α -разнообразие – 32 вида; в мезофитных неморальнотравных широколиственных лесных биоценозах *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* ценофлора состоит из 68 видов, среднее α -разнообразие – 30 видов. В ценофлоре лесных биоценозов на ООПТ описаны виды региональной Красной книги: *Digitalis grandiflora*, *Sanicula europaea*, *Lilium martagon*; растений мониторингового списка: *Pyrethrum corymbosum*, *Anthericum ramosum*, *Epipactis helleborine*. Фрагментированные массивы эталонных сообществ на охраняемых территориях без буферной зоны создают биотопические условия для меньшего числа редких и нуждающихся в охране видов; зарегистрированные виды представлены малочисленными ценопопуляциями пониженной жизнеспособности.

Богатство ценофлоры и увеличение видовой насыщенности свидетельствуют о демулационных процессах и смене коренных сообществ.

В биотопах памятника природы «Хутор Любин» описаны фитоценозы редкой субассоциации *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015, которые сформировались при спонтанном зарастании старинного усадебного парка с редкими интродуцентами, в том числе с грабом обыкновенным. Ценофлора субассоциации включает в себя 45 видов, среднее α -разнообразие – 21 вид на 400 м². Лесные насаждения – темные, с ярко выраженной подстилкой, с незначительным возобновлением граба и дуба черешчатого. Ввиду произрастания сообщества на территории демулаций и обеднения биоразнообразия при отсутствии диаспор видов инвазии некоторых видов-трансформеров видовая насыщенность меньше, чем рассмотренная для модельного описания Зеленой книги. В ценофлоре не отмечены редкие виды регионального списка охраняемых видов.

Для биотопов памятника природы «Старинный парк в Ляличах» Суражского района охарактеризованы мезофитные неморальнотравные ясеневые леса редко встречающейся ассоциации *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008, которые также оформились при прекращении ландшафтно-парковых работ в середине XX в. Видовой состав ценофлоры ассоциации – 47 видов, среднее α -разнообразие – 17 видов на 400 м². Охраняемые по региональным спискам виды, указанные для этих фитоценозов в материалах Зеленой книги, не выявлены.

Таблица 1

**Синоптическая таблица синтаксонов лесных сообществ Зеленой книги Брянской области,
представленных в местообитаниях охраняемых природных территорий**

Сообщества ассоциаций		1*	2	3	4	5	6	7
Число описаний	h	16	4	35	27	12	4	22
Диагностические виды (д.в.) ассоциации <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i>								
<i>Quercus robur</i>	A	V ⁵	V ⁴	V ⁵	V ⁵	V ³	IV ²	V ⁵
<i>Picea abies</i>	B	IV ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	C	IV ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Euonymus verrucosa</i>	C	IV ³	II ¹	V ²		.	V ¹	.
<i>Tilia cordata</i>	B	IV ²	II ²	.	V ¹		III ¹	.
<i>Luzula pilosa</i>	D	IV ²	.	V ²	V ¹	.	V ²	V ²
<i>Carex pilosa</i>	D	IV ²	III ²	II ²	.	.	V ¹	.
<i>Mercurialis perennis</i>	D	III ¹	II ²	.			III ¹	
<i>Oxalis acetosella</i>	D	II ²	I ¹	.	.	.	.	.
<i>Gallium intermedium</i>	D	I ¹	.	.	.	.	.	.
Д.в. варианта <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i>								
<i>Carpinus betulus</i>	B	.	IV ⁴	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	C	.	IV ³	.	.	.	.	.
Д.в. ассоциации <i>Geo rivale- Quercetum roboris</i>								
<i>Geum rivale</i>	D	.	.	V ⁴	.	.	.	IV ¹
<i>Impatiens noli-tangere</i>	D	.	.	V ⁴	.	.	.	.
<i>Sanicula europaea</i>	D	.	.	IV ³	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	B	.	I ¹	IV ²	.	.	I ¹	V ³
Д.в. ассоциации <i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i>								
<i>Lathyrus niger</i>	D	.	.	III ¹	V ⁴	.	.	III ¹
<i>Primula veris</i>	D	.	.	IV ¹	V ³	.	.	III ¹
<i>Heracleum sibiricum</i>	D	.	.	.	V ³	.	.	III ²
<i>Laserpitium latifolium</i>	D	.	.	.	V ³	.	.	II ¹
<i>Allium oleraceum</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	.
<i>Potentilla alba</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	.
Д.в. ассоциации <i>Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris</i>								
<i>Filipendula ulmaria</i>	A	.	.	.	.	V ³	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	D	.	.	I ⁺	.	V ²	I ⁺	.
<i>Scrophularia nodosa</i>	D	.	.	.	.	IV ⁺	.	I ⁺

Продолжение табл. 1

Сообщества ассоциаций		1*	2	3	4	5	6	7
Число описаний	h	16	4	35	27	12	4	22
Д.в. ассоциации <i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i>								
<i>Fraxinus excelsior</i>	A	.	.	.	.	.	V ⁵	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	C	.	.	.	.	.	V ²	.
<i>Ulmus laevis</i>	B	.	.	.	.	.	V ²	.
<i>Ulmus laevis</i>	C	.	.	.	.	.	V ⁺	.
<i>Campanula trachelium</i>	D	.	.	.	.	.	V ¹	.
Д.в. ассоциации <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris</i>								
<i>Vaccinium myrtillus</i>	D	.	.	IV ¹	III ¹	.	.	V ⁵
<i>V. vitis-idaea</i>	D	.	.	.	.	.	.	V ⁵
<i>Pteridium aquilinum</i>	D	.	.	IV ¹	V ³	.	.	V ²
<i>Potentilla erecta</i>	D	.	.	.	IV ³	.	.	V ²
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	D	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Hieracium umbellatum</i>	D	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	C	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Pyrola rotundifolia</i>	D	.	.	.	III ¹	.	.	V ³
Д.в. союза <i>Quercro roboris-Tilion cordatae</i> , порядка <i>Fagetalia sylvaticae</i> , класса <i>Carpino-Fagetea</i>								
<i>Acer platanoides</i>	A	V ²	IV ¹	I ¹	.	.	II ²	.
<i>Populus tremula</i>	B	IV ¹	III ¹	III ¹	.	III ²	I ⁺	I ⁺
<i>Corylus avellana</i>	C	V ¹	I ⁺	IV ²	I ¹	I ²	.	III ¹
<i>Lonicera xylosteum</i>	C	III ⁺	I ⁺	II ⁺	II ⁺			I ⁺
<i>Majanthemum bifolium</i>	D	V ²	II ⁺	III ²	II ¹	I ¹	.	I ⁺
<i>Pulmonaria obscura</i>	D	III	I ⁺	IV ²	IV ²	I ⁺	IV ²	II ¹
<i>Festuca gigantea</i>	D	III ^r	III ^r	III ^r	III ^r	III ^r	I ⁺	I ⁺
<i>Glechoma hederacea</i>	D	V ²	I ⁺	I ⁺	.	III ¹	III ¹	III ¹
<i>Stellaria holostea</i>	D	IV ²	II ¹	II ¹	.	.	I ⁺	II ¹
<i>Anemona ranunculoides</i>	D	V ²	V ²	III ²	III ²	.	.	.
<i>Corydalis cava</i>	D	V ²	V ¹	III ²	III ²	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	D	V ³	IV ³	III ²	.	.	IV ²	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	D	V ⁺	.	II ⁺	.	.	V ⁺	I ⁺
<i>Milium effusum</i>	D	III ¹	.	III ⁺	I ⁺	.	III ⁺	.
<i>Polygonatum multiflorum</i>	D	IV ¹	II ⁺	.	III ¹		IV ²	I ⁺
<i>Lathyrus vernus</i>	D	III ¹	II ⁺	II ¹	I ⁺	.	II ^r	.

Сообщества ассоциаций		1*	2	3	4	5	6	7
Число описаний	h	16	4	35	27	12	4	22
<i>Athyrium filix-femina</i>	D	III ¹	.	III ⁺	I ⁺	.	I ⁺	I ⁺
<i>Geum urbanum</i>	D	I ⁺	.	II ¹	III ¹	III ¹	III ¹	IV ¹
<i>Viola mirabilis</i>	D	IV ¹	II ⁺	III ¹	I ⁺	III ¹	.	.
<i>Actaea spicata</i>	D	V ⁺	I ⁺	III ⁺	III ⁺	III ⁺	III ⁺	.
<i>Paris quadrifolia</i>	D	I ⁺	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.	II ⁺	II ⁺
<i>Mycelis muralis</i>	D	V ⁺	.	V ¹	V ¹	V ¹	.	V ¹
<i>Galium odoratum</i>	D	V ²	II ¹	IV ⁺	IV ⁺	.	II ⁺	.
<i>Vicia sepium</i>	D	V ¹	II ²	V ¹	IV ¹			IV ¹
<i>Ajuga reptans</i>	D	V ²	I ⁺	II ⁺	II ⁺	.	.	I ⁺
<i>Asarum europaeum</i>	D	IV ¹	II ¹	II ²	I ¹	.	II ²	IV ²
<i>Viola riviniana</i>	D	V ²	.	V ²	IV ¹	.	.	.
<i>Galeobdolon luteum</i>	D	V ¹	IV ²	I ⁺	.	.	.	.
<i>Stachys sylvatica</i>	D	V ³	.	I ⁺	III ⁺	.	.	.
<i>Neottia nidus-avis</i>	D	IV ⁺	.	.	V ⁺	.	.	V ⁺
<i>Lilium martagon</i>	D	.	.	II ⁺	IV ⁺	.	.	IV ⁺
<i>Melica nutans</i>	D	II ¹	.	II ⁺	I ⁺	.	.	II ⁺
<i>Lamium maculatum</i>	D	V ¹	.	I ⁺	.	.	.	.
<i>Ficaria verna</i>	D	V ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Adoxa moschatellina</i>	D	V ⁺	.	V ⁺	.	.	.	.
<i>Lathraea squamaria</i>	D	IV ⁺	IV ⁺	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus cassubicus</i>	D	V ⁺	.	.	.	.	III ¹	.
<i>Epipactis helleborine</i>	D	IV ⁺	.	.	IV ⁺	.	.	.
<i>Bromopsis benekenii</i>	D	.	.	.	IV ⁺	.	.	.
Д.в. порядка <i>Quercetalia pubescentis-petraeae</i>								
<i>Anthericum ramosum</i>	D	.	.	.	V ¹	.	.	V ⁺
<i>Geranium sylvaticum</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	IV ²
<i>Origanum vulgare</i>	D	.	.	I ⁺	II ⁺	.	.	III ⁺
<i>Serratula tinctoria</i>	D	.	.	.	III ²	.		IV ²
<i>Agrimonia eupatoria</i>	D	.	.	.	V ²	.	.	V ³
<i>Digitalis grandiflora</i>	D	.	.	.	V ¹	.	.	III ⁺
<i>Melampyrum nemorosum</i>	D	.	.	.	III ¹	.		V ¹
<i>Campanula persicifolia</i>	D	.	.	.	III ²	.	.	III ¹
<i>Trifolium medium</i>	D				III ⁺	.	.	III ⁺

Окончание табл. 1

Сообщества ассоциаций		1*	2	3	4	5	6	7
Число описаний	h	16	4	35	27	12	4	22
<i>Pyrethrum corymbosum</i>	D	.	.	.	IV ⁺	.	.	II ⁺
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	D	.	.	.	III ¹	.	.	III ⁺
<i>Trifolium alpestre</i>	D	.	.	.	.	.	.	III ⁺
Д.в. класса <i>Vaccinio-Piceetea</i>								
<i>Ortilia secunda</i>	D	.	.	.	I ⁺	.	.	V ²
<i>Trientalis europaea</i>	D	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.	.	.	IV ¹
<i>Calluna vulgaris</i>	D	.	.	.	.	.	.	III ¹
<i>Polygonatum odoratum</i>	D	I ⁺	.	.	.	.	.	I ⁺
<i>Pleurozium schreberi</i>	E	.	.	.	.	.	.	IV ¹
<i>Dicranum scoparium</i>	E	.	.	.	.	.	.	V ¹
<i>Dicranum polysetum</i>	E	.	.	.	.	.	.	V ¹
Д.в. класса <i>Alno glutinosae-populetea albae</i>, порядка <i>Alno-Fraxinetalia excelsioris</i>								
<i>Alnus glutinosa</i>	B	.	.	.	.	I ⁺	.	.
<i>Padus avium</i>	C	I	II ²	II ²	II ²	III ²	I ⁺	.
<i>Viburnum opulus</i>	C	II ¹	II ¹	III ¹	II ¹	II ¹	I ⁺	.
<i>Convallaria majalis</i>	D	II ²	III ¹	II ¹	II ²	V ²	I ¹	III ¹
<i>Glechoma hederaceae</i>	D	V ¹	II ¹	I ⁺	II ¹	V ¹	II ¹	I ⁺
<i>Urtica dioica</i>	D	.	.	II ⁺	I ⁺	IV ⁺	I ⁺	.
<i>Rubus caesius</i>	D	.	.	I ⁺	.	II ⁺	III ¹	.
<i>Equisetum sylvaticum</i>	D	I ⁺	I ⁺	.	.	III ⁺	III ⁺	.
<i>Angelica sylvestris</i>	D	.	.	.	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.
Д.в. союза <i>Fraxino-Quercion roboris</i>								
<i>Lysimachia nummularia</i>	D	.	.	I ⁺	I ⁺	III ⁺	III ⁺	.
<i>Ranunculus repens</i>	D	I ⁺	.	.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
<i>Cirsium oleraceum</i>	D	.	.	.	.	III ⁺	II ⁺	.
<i>Ficaria verna</i>	D	.	.	.	.	I ⁺	I ⁺	.
<i>Circaea alpina</i>	D	.	.	.	.	I ⁺	I ⁺	.

*Сообщества ассоциаций:

1. *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015. 2. *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015. 3. *Geo rivale- Quercetum roboris* Semenishchenkov in Bulokhov et Semenishchenkov 2008. 4. *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003. 5. *Filipendulo ulmariae- Quercetum roboris* Polozov Solomeshch 1999 in Semenishchenkov 2015. 6. *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008. 7. *Vaccinio myrtilli- Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003.

Ярусы, h: А – первый древесный подъярус. В – второй древесный подъярус. С – подлесок (кустарниковый). D – травяной. E – моховой.

Table 1

**Synoptic table of syntaxa of forest communities of the Green Book of the Bryansk Region,
presented in the habitats of protected natural areas**

Communities of associations		1*	2	3	4	5	6	7
Number of descriptions	h	16	4	35	27	12	4	22
Diagnostic species (d.v.) of the association <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i>								
<i>Quercus robur</i>	A	V ⁵	V ⁴	V ⁵	V ⁵	V ³	IV ²	V ⁵
<i>Picea abies</i>	B	IV ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	C	IV ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Euonymus verrucosa</i>	C	IV ³	II ¹	V ²		.	V ¹	.
<i>Tilia cordata</i>	B	IV ²	II ²	.	V ¹		III ¹	.
<i>Luzula pilosa</i>	D	IV ²	.	V ²	V ¹	.	V ²	V ²
<i>Carex pilosa</i>	D	IV ²	III ²	II ²	.	.	V ¹	.
<i>Mercurialis perennis</i>	D	III ¹	II ²	.			III ¹	
<i>Oxalis acetosella</i>	D	II ²	I ¹	.	.	.	.	.
<i>Gallium intermedium</i>	D	I ¹	.	.	.	.	.	.
D.v. of the of variants <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i>								
<i>Carpinus betulus</i>	B	.	IV ⁴	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	C	.	IV ³	.	.	.	.	.
D.v. of the association <i>Geo rivale-Quercetum roboris</i>								
<i>Geum rivale</i>	D	.	.	V ⁴	.	.	.	IV ¹
<i>Impatiens noli-tangere</i>	D	.	.	V ⁴	.	.	.	.
<i>Sanicula europaea</i>	D	.	.	IV ³	.	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	B	.	I ¹	IV ²	.	.	I ¹	V ³
D.v. of the association <i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i>								
<i>Lathyrus niger</i>	D	.	.	III ¹	V ⁴	.	.	III ¹
<i>Primula veris</i>	D	.	.	IV ¹	V ³	.	.	III ¹
<i>Heracleum sibiricum</i>	D	.	.	.	V ³	.	.	III ²
<i>Laserpitium latifolium</i>	D	.	.	.	V ³	.	.	II ¹
<i>Allium oleraceum</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	.
<i>Potentilla alba</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	.
D.v. of the association <i>Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris</i>								
<i>Filipendula ulmaria</i>	A	.	.	.	.	V ³	.	.
<i>Lysimachia vulgaris</i>	D	.	.	I ^r	.	V ²	I ^r	.
<i>Scrophularia nodosa</i>	D	.	.	.	.	IV ⁺	.	I ⁺

Продолжение табл. 1

Communities of associations		1*	2	3	4	5	6	7
Number of descriptions	h	16	4	35	27	12	4	22
D.v. of the association <i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i>								
<i>Fraxinus excelsior</i>	A	.	.	.	.	.	V ⁵	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	C	.	.	.	.	.	V ²	.
<i>Ulmus laevis</i>	B	.	.	.	.	.	V ²	.
<i>Ulmus laevis</i>	C	.	.	.	.	.	V ⁺	.
<i>Campanula trachelium</i>	D	.	.	.	.	.	V ¹	.
D.v. of the association <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris</i>								
<i>Vaccinium myrtillus</i>	D	.	.	IV ¹	III ¹	.	.	V ⁵
<i>V. vitis-idaea</i>	D	.	.	.	.	.	.	V ⁵
<i>Pteridium aquilinum</i>	D	.	.	IV ¹	V ³	.	.	V ²
<i>Potentilla erecta</i>	D	.	.	.	IV ³	.	.	V ²
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	D	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Hieracium umbellatum</i>	D	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	C	.	.	.	IV ¹	.	.	V ²
<i>Pyrola rotundifolia</i>	D	.	.	.	III ¹	.	.	V ³
D.v. of the union <i>Quercu roboris-Tilion cordatae</i>, of the order <i>Fagetalia sylvaticae</i>, of the class <i>Carpino-Fagetea</i>								
<i>Acer platanoides</i>	A	V ²	IV ¹	I ¹	.	.	II ²	.
<i>Populus tremula</i>	B	IV ¹	III ¹	III ¹	.	III ²	I ⁺	I ⁺
<i>Corylus avellana</i>	C	V ¹	I ⁺	IV ²	I ¹	I ²	.	III ¹
<i>Lonicera xylosteum</i>	C	III ⁺	I ⁺	II ⁺	II ⁺			I ⁺
<i>Majanthemum bifolium</i>	D	V ²	II ⁺	III ²	II ¹	I ¹	.	I ⁺
<i>Pulmonaria obscura</i>	D	III	I ⁺	IV ²	IV ²	I ⁺	IV ²	II ¹
<i>Festuca gigantea</i>	D	III ^r	III ^r	III ^r	III ^r	III ^r	I ⁺	I ⁺
<i>Glechoma hederacea</i>	D	V ²	I ⁺	I ⁺	.	III ¹	III ¹	III ¹
<i>Stellaria holostea</i>	D	IV ²	II ¹	II ¹	.	.	I ⁺	II ¹
<i>Anemona ranunculoides</i>	D	V ²	V ²	III ²	III ²	.	.	.
<i>Corydalis cava</i>	D	V ²	V ¹	III ²	III ²	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	D	V ³	IV ³	III ²	.	.	IV ²	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	D	V ⁺	.	II ⁺	.	.	V ⁺	I ⁺
<i>Milium effusum</i>	D	III ¹	.	III ⁺	I ⁺	.	III ⁺	.
<i>Polygonatum multiflorum</i>	D	IV ¹	II ⁺	.	III ¹		IV ²	I ⁺
<i>Lathyrus vernus</i>	D	III ¹	II ⁺	II ¹	I ⁺	.	II ^r	.

Communities of associations		1*	2	3	4	5	6	7
Number of descriptions	h	16	4	35	27	12	4	22
<i>Athyrium filix-femina</i>	D	III ¹	.	III ⁺	I ⁺	.	I ⁺	I ⁺
<i>Geum urbanum</i>	D	I ⁺	.	II ¹	III ¹	III ¹	III ¹	IV ¹
<i>Viola mirabilis</i>	D	IV ¹	II ⁺	III ¹	I ⁺	III ¹	.	.
<i>Actaea spicata</i>	D	V ⁺	I ⁺	III ⁺	III ⁺	III ⁺	III ⁺	.
<i>Paris quadrifolia</i>	D	I ⁺	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.	II ⁺	II ⁺
<i>Mycelis muralis</i>	D	V ⁺	.	V ¹	V ¹	V ¹	.	V ¹
<i>Galium odoratum</i>	D	V ²	II ¹	IV ⁺	IV ⁺	.	II ⁺	.
<i>Vicia sepium</i>	D	V ¹	II ²	V ¹	IV ¹			IV ¹
<i>Ajuga reptans</i>	D	V ²	I ⁺	II ⁺	II ⁺	.	.	I ⁺
<i>Asarum europaeum</i>	D	IV ¹	II ¹	II ²	I ¹	.	II ²	IV ²
<i>Viola riviniana</i>	D	V ²	.	V ²	IV ¹	.	.	.
<i>Galeobdolon luteum</i>	D	V ¹	IV ²	I ⁺	.	.	.	.
<i>Stachys sylvatica</i>	D	V ³	.	I ⁺	III ⁺	.	.	.
<i>Neottia nidus-avis</i>	D	IV ⁺	.	.	V ⁺	.	.	V ⁺
<i>Lilium martagon</i>	D	.	.	II ⁺	IV ⁺	.	.	IV ⁺
<i>Melica nutans</i>	D	II ¹	.	II ⁺	I ⁺	.	.	II ⁺
<i>Lamium maculatum</i>	D	V ¹	.	I ⁺	.	.	.	.
<i>Ficaria verna</i>	D	V ¹	.	V ¹	.	.	.	.
<i>Adoxa moschatellina</i>	D	V ⁺	.	V ⁺	.	.	.	.
<i>Lathraea squamaria</i>	D	IV ⁺	IV ⁺	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus cassubicus</i>	D	V ⁺	.	.	.	.	III ¹	.
<i>Epipactis helleborine</i>	D	IV ⁺	.	.	IV ⁺	.	.	.
<i>Bromopsis benekenii</i>	D	.	.	.	IV ⁺	.	.	.
D.v. of the order <i>Quercetalia pubescentis-petraeae</i>								
<i>Anthericum ramosum</i>	D	.	.	.	V ¹	.	.	V ⁺
<i>Geranium sylvaticum</i>	D	.	.	.	IV ²	.	.	IV ²
<i>Origanum vulgare</i>	D	.	.	I ⁺	II ⁺	.	.	III ⁺
<i>Serratula tinctoria</i>	D	.	.	.	III ²	.		IV ²
<i>Agrimonia eupatoria</i>	D	.	.	.	V ²	.	.	V ³
<i>Digitalis grandiflora</i>	D	.	.	.	V ¹	.	.	III ⁺
<i>Melampyrum nemorosum</i>	D	.	.	.	III ¹	.		V ¹
<i>Campanula persicifolia</i>	D	.	.	.	III ²	.	.	III ¹

Окончание табл. 1

Communities of associations		1*	2	3	4	5	6	7
Number of descriptions	h	16	4	35	27	12	4	22
<i>Trifolium medium</i>	D				III ⁺	.	.	III ⁺
<i>Pyrethrum corymbosum</i>	D	.	.	.	IV ⁺	.	.	II ⁺
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	D	.	.	.	III ¹	.	.	III ⁺
<i>Trifolium alpestre</i>	D	.	.	.	.	.	.	III ⁺
D.v. of the class <i>Vaccinio-Piceetea</i>								
<i>Ortilia secunda</i>	D	.	.	.	I ⁺	.	.	V ²
<i>Trientalis europaea</i>	D	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.	.	.	IV ¹
<i>Calluna vulgaris</i>	D	.	.	.	.	.	.	III ¹
<i>Polygonatum odoratum</i>	D	I ⁺	.	.	.	.	.	I ⁺
<i>Pleurozium schreberi</i>	E	.	.	.	.	.	.	IV ¹
<i>Dicranum scoparium</i>	E	.	.	.	.	.	.	V ¹
<i>Dicranum polysetum</i>	E	.	.	.	.	.	.	V ¹
D.v. of the class <i>Alno glutinosae-populetea albae</i>, of the order <i>Alno-Fraxinetalia excelsioris</i>								
<i>Alnus glutinosa</i>	B	.	.	.	.	I ⁺	.	.
<i>Padus avium</i>	C	I	II ²	II ²	II ²	III ²	I ⁺	.
<i>Viburnum opulus</i>	C	II ¹	II ¹	III ¹	II ¹	II ¹	I ⁺	.
<i>Convallaria majalis</i>	D	II ²	III ¹	II ¹	II ²	V ²	I ¹	III ¹
<i>Glechoma hederaceae</i>	D	V ¹	II ¹	I ⁺	II ¹	V ¹	II ¹	I ⁺
<i>Urtica dioica</i>	D	.	.	II ⁺	I ⁺	IV ⁺	I ⁺	.
<i>Rubus caesius</i>	D	.	.	I ⁺	.	II ⁺	III ¹	.
<i>Equisetum sylvaticum</i>	D	I ⁺	I ⁺	.	.	III ⁺	III ⁺	.
<i>Angelica sylvestris</i>	D	.	.	.	I ⁺	II ⁺	I ⁺	.
D.v. of the union <i>Fraxino-Quercion roboris</i>								
<i>Lysimachia nummularia</i>	D	.	.	I ⁺	I ⁺	III ⁺	III ⁺	.
<i>Ranunculus repens</i>	D	I ⁺	.	.	.	I ⁺	I ⁺	I ⁺
<i>Cirsium oleraceum</i>	D	.	.	.	.	III ⁺	II ⁺	.
<i>Ficaria verna</i>	D	.	.	.	.	I ⁺	I ⁺	.
<i>Circaea alpina</i>	D	.	.	.	.	I ⁺	I ⁺	.

Note. * **Communities of associations:**

1. *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015. 2. *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015. 3. *Geo rivale-Quercetum roboris* Semenishchenkov in Bulokhov et Semenishchenkov 2008. 4. *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003. 5. *Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris* Polozov Solomeshch 1999 in Semenishchenkov 2015. 6. *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008. 7. *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003.

Storeys, h: A – first woody understorey. B – second woody understorey. C – underbrush (shrubby). D – herbaceous. E – mossy.

Таблица 2

Встречаемость эталонных и редких лесных сообществ в памятниках природы Брянской области

Сообщества ассоциаций и субассоциации	ООПТ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i> – Э	+	+					+			+
<i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i> – Р			+							
<i>Geo rivale-Quercetum roboris</i> – Э				+			+	+		
<i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i> – Р		+		+	+	+		+	+	
<i>Filipendulo ulmariae- Quercetum roboris</i> – Р	+							+	+	
<i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i> – Р										+
<i>Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris</i> – Э				+			+			

Памятники природы: 1. Рёвны. 2. Рёвенские дубравы. 3. Хутор Любин. 4. Брасовская дубрава. 5. Севская дубрава. 6. Владимирская дубрава. 7. Семецкая дубрава. 8. Дубрава Десятуха. 9. Добрунские склоны. 10. Старинный парк в Ляличах. Категории сообществ в Зеленой книге Брянской области: Э – эталонное; Р – редкое.

Table 2

Occurrence of reference and rare forest communities in natural monuments of the Bryansk Region

Communities of associations and subassociations of protected natural areas	SPNA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i> – Ref	+	+					+			+
<i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i> – R			+							
<i>Geo rivale- Quercetum roboris</i> – Ref				+			+	+		
<i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i> – R		+		+	+	+		+	+	
<i>Filipendulo ulmariae Quercetum roboris</i> – R	+							+	+	
<i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i> – R										+
<i>Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris</i> – Ref				+			+			

Natural monuments: 1 Revny, 2 Revny oak groves, 3 Khutor Lyubin, 4 Brasovskaya oak grove, 5 Sevskaya oak grove, 6 Vladimirskaya oak grove, 7 Semetskaya oak grove, 8 Desyatukha oak grove, 9 Dobrunsky slopes, 10 Old park in Lyalichi. Categories of communities in the Green Book of the Bryansk Region: Ref – reference. R – rare.

Ксеромезофитные леса сообщества *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 выявлены для местообитаний юга и центра Брянской области на ООПТ: ценофлора представлена 80 видами, среднее α -разнообразие – 57 видов на 400 м². Леса выполняют роль рефугиума для ценных в средообразующем и созологическом значении видов. Сообщества в меньшей степени подвергались природопреобразующей деятельности ввиду расположения на склонах балок, а также развития на относительно богатых карбонатных почвах.

Гигромезофитные пойменные дубовые леса, редко распространенные, зарегистрированные как сообщества ассоциации *Filipendulo*

ulmariae-Quercetum roboris Polozov et Solomeshch 1999 in Semenishchenkov 2015, характеризуются невысоким числом видов в ценофлоре – 38, низким α -разнообразием – 24 видами на 400 м². От модельных описаний Зеленой книги Брянской области фитоценологические характеристики проанализированных описаний отличает отсутствие охраняемых видов, меньшие показатели фиторазнообразия ввиду изменений в результате постантропогенного восстановления, рекреационных изменений и естественных сукцессионных преобразований.

Эколого-фитоценологические черты рассмотренных сообществ разнятся для местообитаний памятников природы (табл. 3).



А



Б

Рис. 2. Аспект сообществ ассоциации *Ulmoe laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 в памятнике природы «Старинный парк в Ляличах» (А). Высоковозрастные лесные сообщества из дуба и граба субассоциации *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 в памятнике природы «Хутор Любин» (Б)

Fig. 2. Aspect of communities of the association *Ulmoe laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008 in the natural monument “Old park in Lyalichi” (A). Old forest communities of oak and hornbeam of the subassociation *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 in the natural monument “Khutor Lyubin” (B)

При анализе характеристик биоразнообразия для лесных растительных сообществ отметили различия в числе видов ценофлоры каждого местообитания и α -разнообразия: эти показатели определяются непосредственно категорией фитоценоза и совокупностью средообразующих экологических факторов. Влияние на число видов в описаниях на реперных площадках и в целом составляющих лесное сообщество при рандомных описаниях оказывает и природопреобразующая деятельность, которой затронуты все биоценозы староосвоенного региона. В наибольшей степени лесные биоценозы Зеленой книги региона испытывают антропогенное воздействие в местообитаниях памятников природы «Добрунские склоны» (Брянский район), «Дубрава Десятуха» (Стародубский район), «Владимирская дубрава» (Комаричский район). Представленность элементов фиторазнообразия в сообществах различных ассоциаций, равно как и видовая насыщенность, также определяется площадью охраняемых природных территорий, наличием буферной зоны и фитоценотическим окружением в ней – факторами наличия диаспор видов растений, в том числе раритетных элементов флоры. Так, относительно низкие

значения показателей биоразнообразия выявлены для термофильных дубрав памятников природы «Добрунские склоны», «Дубрава Десятуха», «Рёвны», «Старинный парк в Ляличах». В биотопах этих охраняемых территорий мониторинговые сообщества Зеленой книги подверглись наиболее значительным изменениям – структурным и функциональным. Ввиду невозможности изменения организационно-правового статуса памятников природы и крайней степени преобразованности ландшафтов в районах расположения охраняемых территорий необходимо постоянное наблюдение за динамическими процессами в эталонных и редких сообществах.

При описании редких и эталонных сообществ были зарегистрированы инвазивные виды как наиболее активные адвенты юго-запада Нечерноземья РФ. Наиболее часто диагностировался *Heracleum sosnowskyi*, который, осваивая биотопы, в последнее пятилетие стал проникать в травостой лесных биоценозов, особенно находящихся вблизи населенных пунктов и зарастающих пахотных земель. Этот вид диагностирован для 90% изученных памятников природы, при описании пробных площадок выявленное число растений невелико – 2-3 особи.

Показатели элементов биоразнообразия лесных сообществ на охраняемых территориях

Памятники природы	Число видов ценофлоры	α -разнообразие	Индекс Шеннона	Число инвазивных видов
Ассоциация <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i>				
1 Рёвны	59	28,2± 2,6	1,54	2
2 Рёвенские дубравы	72	34,5± 2,7	1,52	1
7 Семецкая дубрава	68	33,4± 2,9	1,46	1
10 Старинный парк в Ляличах	59	29,2± 2,5	1,41	1
Ассоциация <i>Geo rivale-Quercetum roboris</i>				
4 Брасовская дубрава	75	38,5± 3,3	2,22	1
7 Семецкая дубрава	74	37,1± 3,0	2,14	1
8 Дубрава Десятуха	67	29,9± 2,7	1,16	3
Ассоциация <i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i>				
2 Рёвенские дубравы	77	59,3± 3,5	2,21	2
4 Брасовская дубрава	72	58,2± 3,7	2,14	2
5 Севская дубрава	69	51,5± 3,1	2,10	2
6 Владимирская дубрава	65	50,8± 3,4	1,95	2
8 Дубрава Десятуха	61	45,3± 3,0	1,67	3
9 Добрунские склоны	59	44,9± 3,1	1,62	3
Ассоциация <i>Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris</i>				
1 Рёвны	37	29,4± 2,1	1,14	1
8 Дубрава Десятуха	32	26,5± 2,0	1,10	2
9 Добрунские склоны	30	22,8± 1,8	1,07	2
Ассоциация <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris</i>				
4 Брасовская дубрава	79	38,2± 3,1	2,52	1
7 Семецкая дубрава	75	33,9± 3,0	2,49	1
Ассоциация <i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i>				
10 Старинный парк в Ляличах	47	6,5± 1,1	1,14	2
Субассоциация <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i>				
3 Хутор Любин	45	20,7± 1,3	1,28	2

Table 3

Indicators of biodiversity elements of forest communities in protected natural areas

Natural monuments	Number of species of coenoflora	α -diversity	Shannon index	Number of invasive species
Association <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris</i>				
1 Revny	59	28,2± 2,6	1,54	2
2 Revny oak groves	72	34,5± 2,7	1,52	1
7 Semetskaya oak grove	68	33,4± 2,9	1,46	1
10 Old park in Lyalichi	59	29,2± 2,5	1,41	1
Association <i>Geo rivale-Quercetum roboris</i>				
4 Brasovskaya oak grove	75	38,5± 3,3	2,22	1
7 Semetskaya oak grove	74	37,1± 3,0	2,14	1
8 Desyatukha oak grove	67	29,9± 2,7	1,16	3
Association <i>Lathyro nigri-Quercetum roboris</i>				
2 Revny oak groves	77	59,3± 3,5	2,21	2
4 Brasovskaya oak grove	72	58,2± 3,7	2,14	2
5 Sevsкая oak grove	69	51,5± 3,1	2,10	2
6 Vladimirsкая oak grove	65	50,8± 3,4	1,95	2
8 Desyatukha oak grove	61	45,3± 3,0	1,67	3
9 Dobrunsky slopes	59	44,9± 3,1	1,62	3
Association <i>Filipendulo ulmariae- Quercetum roboris</i>				
1 Revny	37	29,4± 2,1	1,14	1
8 Desyatukha oak grove	32	26,5± 2,0	1,10	2
9 Dobrunsky slopes	30	22,8± 1,8	1,07	2
Association <i>Vaccinio myrtilli- Quercetum roboris</i>				
4 Brasovskaya oak grove	79	38,2± 3,1	2,52	1
7 Semetskaya oak grove	75	33,9± 3,0	2,49	1
Association <i>Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris</i>				
10 Old park in Lyalichi	47	6,5± 1,1	1,14	2
Subassociation <i>Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli</i>				
3 Khutor Lyubin	45	20,7± 1,3	1,28	2

Для охраняемой территории «Старинный парк в Ляличах» в лесные сообщества проникает ранее широко культивировавшийся в озеленении кустарник – *Sorbaria sorbifolia*, особи вида образуют самостоятельные сообщества на границе с биоценозом ассоциации *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris*. Также выявлены единичные особи рябинника в видовом составе описаний. Памятник природы «Хутор Любин» – результат демулационных sukcesсий, поэтому значительное число местообитаний включает в себя натурализовавшихся адвентов – *Vinca minor*, *Parthenocissus vitacea*, – образующих самостоятельные сообщества [11]. На пробных площадках уникальной субассоциации с грабом обыкновенным также отмечены немногочисленные особи в бедном по видовому составу травянистом ярусе. Единичные представители вида *Aster x salignus*, *Physocarpus opulifolius* выявлены на пробных площадках для 80% изученных охраняемых территорий. Чем меньше территория памятников природы в исследовании, тем большее число инвазивных видов описано для лесных сообществ, что диагностировано для «Дубравы Десятуха», «Добрунские склоны».

Инвентаризация элементов фиторазнообразия на ООПТ Нечерноземья РФ, включающая в себя сообщества различных категорий региональной Зеленой книги, выполнена на основе эколого-флористической классификации, что позволяет выявить соотношение синтаксономических единиц с категориями классификации местообитаний EUNIS [12-14]. Несмотря на то, что центральным понятием общеевропейской информационной системы о природе выступает ключевой биотоп, все местообитания непосредственно диагностируются по растительным сообществам, типология которых наиболее полно описывается по системе Ж. Браун-Бланке. Согласно усовершенствованной классификации местообитаний европейской экспертной системы EUNIS-ESy, созданной ведущими фитоценологами Европы под руководством М. Chytrý (2020), принадлежат к типу Т «Лесные и другие лесные земли» [12]. Эта разнообразная группа гетерогенна и в охраняемых природных территориях староосвоенного региона включает в себя 4 класса. Это категории T1B – ацидофитные леса с *Quercus*: ассоциация *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch 2003 (эталонное сообщество); T19 – умеренные и субсредиземноморские термофильные лиственные леса: мезофитные неморальнотравные широколиственные леса – *Mercurialo perennis-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 (эталонное сообщество), гигро-мезофитные широколиственные леса – *Geo rivale-Quercetum roboris* Semenishchenkov in Bulokhov et Semenishchenkov 2008 (эталонное сообщество), ксеро-мезофитные широколиственные леса – *Lathyro nigri-Quercetum roboris* Bulokhov et Solomeshch

2003, мезофитные неморальнотравные ясеневые леса – *Ulmo laevis-Fraxinetum excelsioris* Bulokhov et Semenishchenkov 2008; T13 – умеренный лиственный прибрежный лес: сообщества гигро-мезофитных пойменных дубовых лесов ассоциации *Filipendulo ulmariae-Quercetum roboris* Polozov Solomeshch 1999 in Semenishchenkov 2015 (редкое сообщество). Косвенно леса с грабом обыкновенным, восстанавливающиеся в ходе демулационных смен при наличии диаспор, можно отнести к категории T1E – леса с *Carpinus*: субассоциация *Mercurialo perennis-Quercetum roboris carpinetosum betuli* Bulokhov et Solomeshch in Bulokhov et Semenishchenkov 2015 (редкое сообщество). Поскольку все охарактеризованные в ходе биомониторинга биоценозы в границах охраняемых природных территорий имеют небольшие площади, сформированы в ходе естественных процессов лесообразования, в том числе и биологических нарушений, антропогенного воздействия, их структурные, видовые характеристики претерпели изменения по сравнению с модельными описаниями. Данные изменения отражены в характеризующей синоптической таблице как инвентаризационном каталоге фитоценозов и характеристике биотопов: эти «срезовые» описания сообществ имеют большое прогностическое значение в проспективном мониторинге sukcesсий лесной растительности.

Эталонные сообщества региональной Зеленой книги в зависимости от гетерогенности условий могут формировать новые синтаксономические единицы: варианты, субассоциации. Фитоценотическое окружение гигро-мезофитных дубрав благоприятствовало размножению и распространению редкого для полесских и предполесских ландшафтов вида – подлесника европейского. Фитоценологические характеристики новой субассоциации – *Geo rivale-Quercetum roboris saniculetosum europae* – демонстрирует совокупность видов с доминированием *Quercus robur*, которые свидетельствуют о принадлежности сообщества субассоциации к эколого-биологической группе гигро-мезофитных лесов южного Нечерноземья РФ.

Первый подъярус древостоя представлен дубом черешчатым с примесью *Populus tremula*, *Picea abies*, но без *Tilia cordata*, зарегистрированной для биоценозов основной ассоциации. При разреженном древостое ясно выделяется второй подъярус из *Acer platanoides*. Хорошо развитый подлесок отсутствует, он представлен *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa*, *Lonicera xylosteum* – сомкнутость кустарникового яруса не превышает 30%. Следовательно, по сравнению с местообитаниями основной ассоциации *Geo rivale-Quercetum roboris* световой режим травяного яруса более благоприятный: сохраняющаяся мозаичность травяного яруса представлена немногочисленными видами неморального высокотравья и фитогенными мозаиками из *Sanicula europaea* – вида Красной книги

Брянской области. Сообщества субассоциации распространены по микропонижениям, внешний облик-аспект характеризуется разрежением древостоя, часто – «лесными окнами». Именно абиотические экологические факторы освещенности и увлажнения в первую очередь стимулируют вегетативное разрастание и семенное увеличение численности подлесника европейского. В биоценозах, описанных для территорий охраняемых природных объектов, онтогенетические спектры *Sanicula europaea* характеризуют онтогенетическую структуру ценопопуляций (рис. 3).

Ценопопуляции пролесника европейского в биотопах лесов характеризуются как растущие (инвазивные), тип возрастного спектра – полнотеленный, левосторонний. Возобновление *Sanicula europaea* удовлетворительное; на всех пробных площадках преобладают особи имматурного возрастного состояния. Достаточно обильны особи генеративного возраста – молодого и зрелого генеративного. Нормальный тип ценопопуляций свидетельствует о хороших, оптимальных условиях для возобновления и поддержания *Sanicula europaea*. Ввиду преобладания в жизненном цикле семенного

размножения, вероятно, в трех биотопах изучены и выяснены базовые онтогенетические спектры для вида. Плотность особей подлесника европейского на учетной площади в 1 м² составляет 35,7±2,1 особей. Таким образом, фитоценоотическое окружение редкого для Брянской области вида – подлесника европейского – способствует возобновлению ценопопуляций и восстановлению вида в пределах части ареала.

Видовая насыщенность в сообществах ассоциации изменяется от 23 до 30 видов; ценофлора включает в себя 55 видов. Основа ценофлоры представлена аффинными видами класса *Carpino-Fagetea*. Сообщества субассоциации распространены по пониженным, дренированным местообитаниям со слабокислыми почвами (6,4 балла), от свежих до влажных (5,9), умеренно обеспеченных азотом (5,5). Таким образом, выделение разнообразных фитоценозов в рамках эталонных сообществ Зеленой книги Брянской области позволяет рассматривать это явление как свидетельство гетерогенности биотопических условий на охраняемых территориях, которые способствуют повышению γ -разнообразия староосвоенного региона.

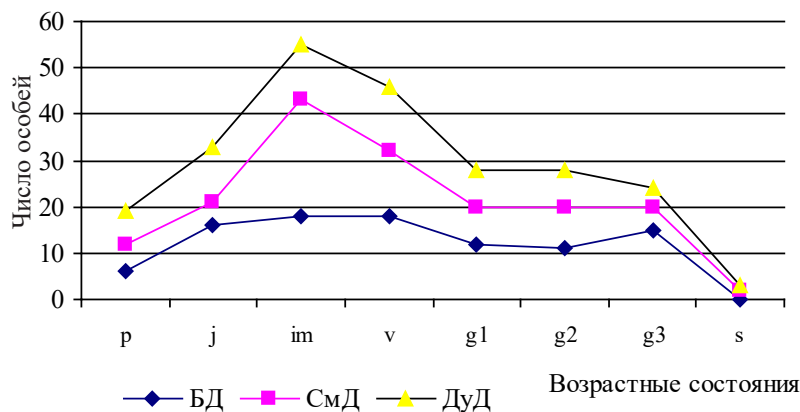


Рис. 3. Онтогенетические спектры ценопопуляций *Sanicula europaea* в местообитаниях охраняемых природных территорий Брянской области

Примечание. Местообитания субассоциации *Geo rivale-Quercetum roboris saniculetosum europae* в ООПТ: БД – Брасовская дубрава; СмД – Семецкая дубрава; ДуД – Дубрава Десятуха

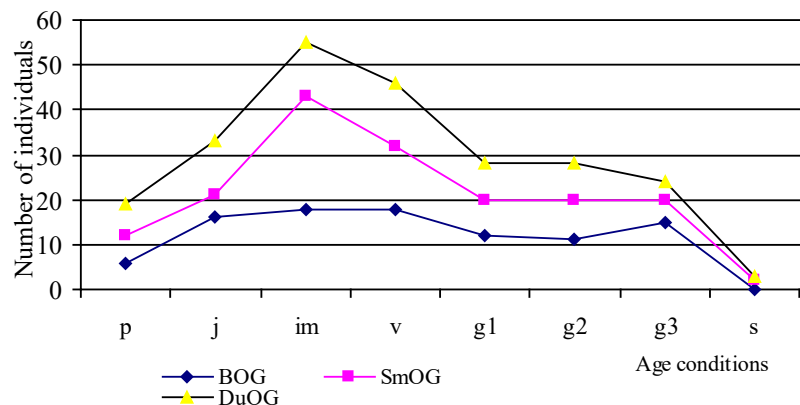


Fig. 3. Ontogenetic spectra of *Sanicula europaea* cenopopulations in habitats of protected natural areas of the Bryansk Region

Note. Habitats of the *Geo rivale-Quercetum roboris saniculetosum europae* subassociation in the protected natural areas: BOG – Brasovskaya oak grove. SmOG – Semetskaya oak grove. DuOG – Desyatukha oak grove.

Выводы Conclusions

Все изученные в биомониторинге редкие и эталонные сообщества ассоциаций лесной растительности в местообитаниях памятников природы соответствуют флористически, структурно модельным описаниям Зеленой книги Брянской области. Динамика показателей ценофлоры, флористической насыщенности, видового разнообразия для каждого биоценоза в описаниях определяется экофакторами: фрагментацией территории, интенсивно протекающими демулационными сменами растительных сообществ, отсутствием буферной зоны в памятниках природы и, как следствие, диаспор некоторых «лесных» видов, природопреобразующей деятельностью в 50-70-е гг. XX в. и медленными восстановительными процессами. Некоторые экофитоценологические показатели – индекс Шеннона-Уивера – определяется и площадью региональных охраняемых территорий. Все изученные ксеро-мезофитные, мезофитные и гигро-мезофитные лесные биоценозы – рефугиумы стенофитных видов: лесостепных и степных, южных и северных (в зависимости от местоположения сообществ), что делает их роль в экологическом каркасе территории незаменимой. Ценофлора лесных сообществ 6 ассоциаций и 1 субассоциации включает в себя 140 видов – высокое флористическое разнообразие отражает гетерогенность условий местообитаний и эколого-ботанического своеобразия экотонной зоны в Брянской области. Фитоценологическое окружение лесной растительности региональной

Зеленой книги способствует воспроизведению популяций редкого вида: подлесника европейского. Биоинвентаризационное отражение популяционной динамики диагностического вида – выделение в классификационной системе субассоциации *Geo rivale-Quercetum roboris saniculetosum europae*. В связи с этим целесообразно продолжить разработку синтаксономических решений и описание синтаксономического разнообразия, которые позволят выделить новые синтаксономические единицы, наиболее значительные для биомониторинга как редких, так и эталонных лесных сообществ Зеленой книги.

Изучение биотопической приуроченности лесных фитоценозов по европейской системе местообитаний EUNIS показало наличие ценных с природоохранной точки зрения биотопов в системе памятников природы региона – Т – «Лесные и другие лесные земли», включающих в себя дубовые леса разных экологических режимов с огромным средообразующим значением. Эти лесные насаждения нуждаются в дальнейшем биомониторинге. Косвенно 4 варианта категории Т отражают и ландшафтное разнообразие, каждый из них включает в себя стенофитные виды как индикаторы экоусловий.

Представленные исследования имеют большое значение в свете разработки концепции ключевых биотопов и приуроченности растительности к редким местообитаниям, адаптации экспертной системы EUNIS-ESy (2020) к условиям значительного разнообразия экологических условий России, а также для переиздания региональной Зеленой книги с новыми биомониторинговыми базами.

Список источников

1. Зеленая книга Брянской области (растительные сообщества, нуждающиеся в охране): Монография / Под ред. А.Д. Булохова. Брянск: ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2012. 144 с. EDN: XHLWZL
2. Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества: Монография. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 396 с. EDN: XQERHN
3. Мартыненко В.Б., Миркин Б.М., Баишева Э.З., Мулдашев А.А. и др. Зеленые книги: концепции, опыт, перспективы // *Успехи современной биологии*. 2015. Т. 135, № 1. С. 40-51. EDN: TLQSFZ
4. Соколова Т.А. Применение системы критериев оценки лесных сообществ для разработки региональной Зеленой книги Ростовской области // *Лесоведение*. 2020. № 2. С. 135-146. <https://doi.org/10.31857/S0024114820010143>
5. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. SpringerLink. Published online 2024. <https://doi.org/10.1007-978-3-7091-8110-2>
6. Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992. 258 p.

References

1. *Green Book of the Bryansk Region (needing protection plant communities): a monograph*. Ed. by A.D. Bulokhov. Bryansk, Russia: GUP "Bryanskoe oblastnoe poligraficheskoe ob"edinenie", 2012:144. (In Russ.)
2. *Green Book of Siberia: rare and needing protection plant communities: a monograph*. Novosibirsk, Russia: Nauka, Sibirskaya izdatel'skaya firma RAN, 1996:396. (In Russ.)
3. Martynenko V.B., Mirkin B.M., Baisheva E.Z., Muldashev A.A. et al. Green data books: concepts, experience, and perspectives. *Uspekhi sovremennoi biologii*. 2015;135(1):40-51. (In Russ.)
4. Sokolova T.A. Criteria system development for plant associations in order to create a regional green book of the Rostov oblast. *Lesovedenie*. 2020;2:135-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0024114820010143>
5. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie. SpringerLink. Published online 2024. <https://doi.org/10.1007-978-3-7091-8110-2>
6. Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Göttingen, Germany: Verlag Erich Goltze GmbH & Co KG, 1992:258. (In Germ.)

7. Терийа Ж.-П., Вилнер В., Фернандес-Гонсалес Ф., Булманн Ф. и др. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры // *Растительность России*. 2022. № 44. С. 3-60. <https://doi.org/10.31111/vegus/2022.44.3>
8. Goncharenko I., Semenishchenkov Y., Tsakalos J.L., Mucina L. Thermophilous oak forests of the steppe and forest-steppe zones of Ukraine and Western Russia. *Biologia*. 2020;75(3):337-353. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00413-w>
9. Истомина И.И., Павлова М.Е., Терехин А.А. Морфометрические параметры этапов постэмбрионального онтогенеза подлесника европейского (*Sanicula europaea* L.) в природно-историческом парке «Битцевский лес» // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Агрономия и животноводство»*. 2015. № 3. С. 23-30. EDN: UHISZL
10. Маевский П.Ф. *Флора средней полосы европейской части России*: Монография. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с. EDN: QJDEED
11. Panasenko N.N., Anishchenko L.N. Influence of Invasive Plants *Parthenocissus vitacea* and *Vinca minor* on Biodiversity Indices of Forest Communities. *Contemporary Problems of Ecology*. 2018;11(6):614-623. <https://doi.org/10.1134/S1995425518060070>
12. Chytrý M., Tichý L., Hennekens S., Knollová I. et al. EUNIS Habitat classification: expert system, indicator species and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*. 2020;23(4):648-675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
13. Фомин В.В., Иванова Н.С., Залесов Н.С., Михайлович А.П. Общоевропейские подходы к классификации местообитаний растительности и типов леса // *Известия высшей школы. Лесной журнал*. 2022. № 4. С. 9-24. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-9-24>
14. Rodwell J.S., Evans D., Schaminée J.H.J. Phytosociological relationships in European Union policy-related habitat classifications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2018;29:237-249. <https://doi.org/10.1007/s12210-018-0690-y>
7. Theurillat J.-P., Willner V., Fernandez-Gonzalez F., Bultmann H. et al. International Code of Phytosociological Nomenclature. *Vegetation of Russia*. 2022;44:3-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.31111/vegus/2022.44.3>
8. Goncharenko I., Semenishchenkov Y., Tsakalos J.L., Mucina L. Thermophilous oak forests of the steppe and forest-steppe zones of Ukraine and Western Russia. *Biologia*. 2020;75(3):337-353. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00413-w>
9. Istomina I.I., Pavlova M.E., Terekhin A.A. Morphometrics parameters of postembryonal ontogenetic stages of *Sanicula europaea* L. in the “Bitsevsky forest” natural and historical park. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2015;3:23-30. (In Russ.)
10. Maevskiy P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*: a monograph. Moscow, Russia: Товарищество научных изданий КМК, 2014:635. (In Russ.)
11. Panasenko N.N., Anishchenko L.N. Influence of Invasive Plants *Parthenocissus vitacea* and *Vinca minor* on Biodiversity Indices of Forest Communities. *Contemporary Problems of Ecology*. 2018;11(6):614-623. <https://doi.org/10.1134/S1995425518060070>
12. Chytrý M., Tichý L., Hennekens S., Knollová I. et al. EUNIS Habitat classification: expert system, indicator species and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*. 2020;23(4):648-675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
13. Fomin V.V., Ivanova N.S., Zalesov N.S., Mikhailovich A.P. Pan-European approaches to the classification of vegetation habitats and forest type. *Izvestiya vysshey shkoly. Lesnoy zhurnal*. 2022;4:9-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-9-24>
14. Rodwell J.S., Evans D., Schaminée J.H.J. Phytosociological relationships in European Union policy-related habitat classifications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2018;29:237-249. <https://doi.org/10.1007/s12210-018-0690-y>

Сведения об авторах

Анжелика Алексеевна Гайворонская, аспирант кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского; 241036, Брянская область, г. Брянск, Бежицкая ул., 14; e-mail: gajvoronskaja.anzhelika@yandex.ru

Лидия Николаевна Анищенко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского; 241036, Брянская область, г. Брянск, Бежицкая ул., 14; e-mail: Lanishchenko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4842-5174>

Information about the authors

Anzhelika A. Gayvoronskaya, postgraduate student at the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University (14 Bezhitskaya St., Bryansk, 241036, Russian Federation); e-mail: gajvoronskaja.anzhelika@yandex.ru

Lidiya N. Anishchenko, DSc (Agr), Professor, Professor at the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University (14 Bezhitskaya St., Bryansk, 241036, Russian Federation); e-mail: Lanishchenko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4842-5174>

Статья поступила в редакцию 30.05.2024
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 28.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 30, 2024
Approved after reviewing June 20, 2024
Accepted for publication June 28, 2024

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ /
GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 582.661.21: 634.1: 635.926

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>



Некоторые особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq.

Лилия Рафисовна Ахметова^{1,2}, Елена Евгеньевна Орлова¹, Елена Анатольевна Козлова¹

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

² Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ахметова Лилия Рафисовна; l.ahmetova@rgau-msha.ru

Аннотация

Аквариумные растения как объект современного декоративного садоводства вызывают все более высокий интерес как у любителей, так и у профессионалов. Исследование проводили с целью изучения особенностей клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. для дальнейшего использования в акваскейпинге. На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду Quoirin & Lepoivre (QL), дополненную 6-БАП в различных концентрациях. При применении оптимальной концентрации 6-БАП коэффициент размножения для *A. reineckii* Rosanervig составил 4,4, для *A. reineckii* Rosaefolia – 3,4. Полученные результаты могут быть использованы в промышленном акваскейпинге при массовом получении посадочного материала водных растений.

Ключевые слова

водные растения, коэффициент размножения, микроклональное размножение, альтернантера, Альтернантера прелестная, *Alternanthera reineckii* Briq., акваскейпинг

Для цитирования

Ахметова Л.Р., Орлова Е.Е., Козлова Е.А. Некоторые особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 51-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>

BIOTECHNOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>



Clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq.

Liliya R. Akhmetova^{1,2}, Elena E. Orlova¹, Elena A. Kozlova¹

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

² Main Botanical Garden of Academy of Sciences, Moscow, Russia

Corresponding author: Liliya R. Ahmetova; l.ahmetova@rgau-msha.ru

Abstract

Aquarium plants as an object of modern landscape gardening are of increasing interest to both amateurs and professionals. The aim of the research is to study the clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq. for further use in aquascaping. At the actual micropropagation stage, the Quoirin & Lepoivre (QL) nutrient medium was used with the addition of 6-benzylaminopurine (6-BAP) at different concentrations. When the optimum concentration of 6-BAP was used, the multiplication rate for *A. reineckii* Rosanervig was 4.4 and for *A. reineckii* Rosaefolia – 3.4. The obtained results can be used in industrial aquascaping for mass production of planting material of aquatic plants.

Keywords

aquatic plants, multiplication rate, microclonal propagation, *Alternanthera*, *Alternanthera Amoena*, *Alternanthera reineckii* Briq., aquascaping

For citation

Akhmetova L.R., Orlova E.E., Kozlova E.A. Clonal micropropagation features of *Alternanthera reineckii* Briq. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):51-56. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-51-56>

Введение Introduction

В современном мире огромную популярность набирает такой вид декоративного садоводства, как акваскейпинг. Акваскейпинг – искусство художественного оформления аквариумов, один из видов декоративно-прикладного искусства, неотъемлемой частью которого являются водные растения [1]. История открытия водных растений для аквариумов началась в 1801 г. Джеймс Де Карл Сауэрби впервые описал Викторию амазонскую и тем самым привлек интерес общества к декоративным водным растениям, что впоследствии привело к появлению специальных бассейнов для водных растений в оранжереях [2]. Использование водных растений в аквариумах началось с 1841 г. Английский ученый Н. Вард прославился тем, что впервые начал выращивать растения в стеклянных сосудах. Именно поэтому данного ученого называют прародителем современного аквариума [3]. Для большинства аквариумистов растения в аквариуме – не только декоративный аксессуар, но и возможность изучения редких видов, их сохранения и приумножения [4].

Одним из эффективных способов массового получения аквариумных растений является клональное микроразмножение. В настоящее время многие аквариумные растения, используемые в коммерческих целях, размножают именно этим способом. Известны опыты применения следующих гормонов роста на этапе собственно микроразмножения для представителей рода *Alternanthera reineckii*: 6-БАП, кинетин, индол-3-уксусная кислота, индоллил-3-масляная кислота [5]. Разработаны методы культивирования представителей рода на питательной среде с минеральной основой MS [6, 7].

Цель исследований: изучить особенности клонального микроразмножения *Alternanthera reineckii* Briq. для дальнейшего использования посадочного материала в промышленном акваскейпинге.

Методика исследований Research method

Работу проводили с июня по декабрь 2023 г. В качестве объектов исследований использовали представителей рода *Alternanthera* Forssk.: *A. reineckii* Rosanervig, *A. reineckii* Rosaefolia.

Alternanthera Forssk. – род растений из семейства *Amaranthaceae*, произрастающий в Южной Америке. Для акваскейпинга используют следующие виды: *Alternanthera Reineckii* Briq., *Alternanthera spes. Splendida*, *Alternanthera sessilis* var. *Rubra* [8].

A. reineckii Rosanervig (рис. 1) – представитель семейства *Amaranthaceae*. Высота достигает 40 см. Скорость роста – высокая. Освещение яркое. Температура воды составляет +20...+28°C, pH – 6,5-6,8. В акваскейпинге сажают на задний план. Неприхотлива в содержании [9].

A. reineckii Rosaefolia (Альтернантера розовая) – представитель семейства *Amaranthaceae* (рис. 2). Завезена из Южной Америки. На родине (Парагвай и Бразилия) растение считается болотным и заселяет берега тропических рек, часто заливаемые водой [8]. Длинностебельное растение, достигает высоты 25-50 см, в ширину – 10-15 см. Освещение яркое. Температура воды составляет +20...+28°C, pH – 6,5-7,5. В акваскейпинге сажают на задний план [10].

В работе использовали методику биотехнологических исследований с культурами изолированных тканей и органов растений Р.Г. Бутенко¹. Исследования проводили в лаборатории клонального микроразмножения КФХ «Корпорация растений», ИП Мамчур М.М. Предварительно стерильная культура была приобретена в компании ООО НПП «Микроклон» и из генетического банка *in vitro* лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН (работа по созданию генетического банка выполнена в рамках госзадания ГБС РАН -122042700002-6). На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду QL. В качестве цитокинина использовали 6-БАП



Рис. 1. *A. reineckii* Rosanervig

Fig. 1. *A. reineckii* Rosanervig



Рис. 2. *A. reineckii* Rosaefolia

Fig. 2. *A. reineckii* Rosaefolia

¹ Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Учебное пособие. М.: ФБК-Пресс, 1999. 160 с.

в различных концентрациях: 0,1 мг/л; 0,5 мг/л; 1 мг/л. В качестве контроля использовали питательную среду QL без добавления гормона. В условиях лаборатории микропобеги выращивали при освещении 3000 лк и фотопериоде 16/8 ч, температуре +23...25°C. По истечении 30 суток фиксировали коэффициент размножения. Опыт проводили в 3-кратной повторности по 20 микропобегов в каждом варианте опыта. Проводили двухфакторный дисперсионный анализ по методике Б.А. Доспехова². Для обработки данных использовали программу Microsoft Office Excel 2021.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Главную роль при разработке и оптимизации методик клонального микроразмножения играют: генотип, состав питательной среды и тип экспланта [11]. На рисунке 3 представлены групповые средние влияния фактора А (генотип) на коэффициент размножения представителей рода *Alternanthera* Forssk. Выявлено, что наибольшей побегообразовательной способностью обладает *A. reineckii* Rosanervig, наименьшей – *A. reineckii*

Rosaefolia (коэффициенты размножения 4,4 и 3,4 соответственно). Полученные данные подтверждают сортоспецифичность исследуемых объектов.

На рисунке 4 приведены результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния концентрации 6-БАП на коэффициент размножения представителей *Alternanthera reineckii*.

Коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* увеличивался от 2,9 до 4,8 с увеличением концентрации 6-БАП до 0,5 мг/л, в концентрации 1 мг/л коэффициент размножения понизился до 4,0. Наименьший коэффициент размножения наблюдали у микропобегов, культивируемых на питательной среде QL без содержания гормона. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при культивировании исследуемых сортов *Alternanthera Reineckii* концентрация 6-БАП оказывает существенное влияние на коэффициент размножения. Наиболее оптимальной являлась питательная среда, содержащая гормон в концентрации 0,5 мг/л.

В результате анализа групповых средних влияния взаимодействия факторов А и В (генотип и концентрация 6-БАП) зависимость не была обнаружена (рис. 5).

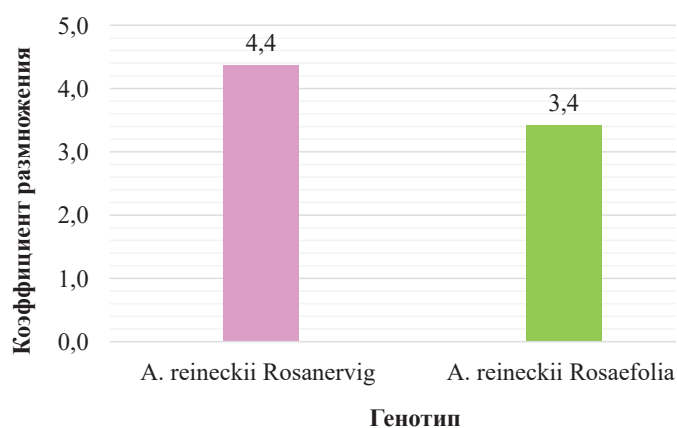


Рис. 3. Влияние фактора А (генотип) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* ($HCP_{05} = 0,3$)

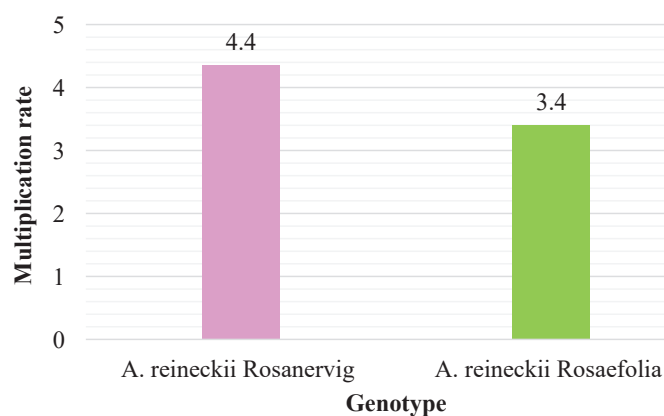


Fig. 3. The effect of factor A (genotype) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii* ($LSD_{05} = 0.3$)

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебное пособие. М.: Колос, 1985. 351 с.

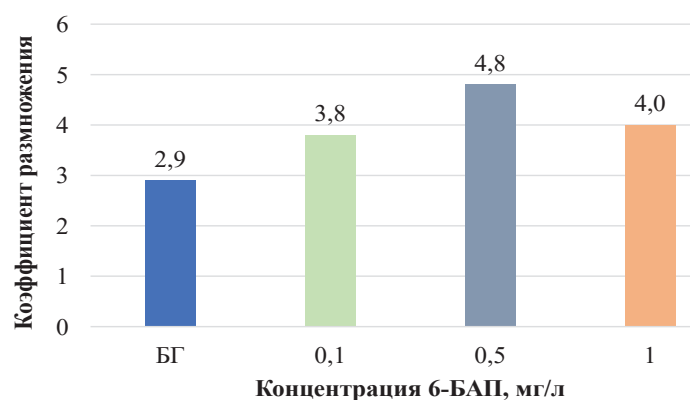


Рис. 4. Влияние фактора В (концентрация 6-БАП) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii* ($\text{HCP}_{05} = 0,6$)

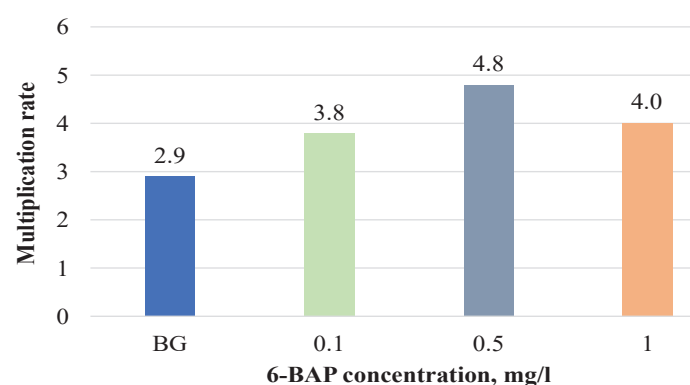


Fig. 4. The effect of factor B (6-BAP concentration) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii* ($\text{LSD}_{05} = 0.6$)

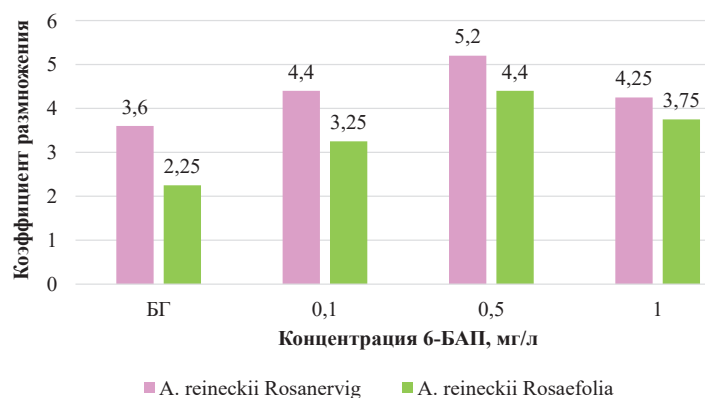


Рис. 5. Влияние взаимодействия факторов А (генотип) и В (концентрация 6-БАП) на коэффициент размножения представителей вида *Alternanthera Reineckii*

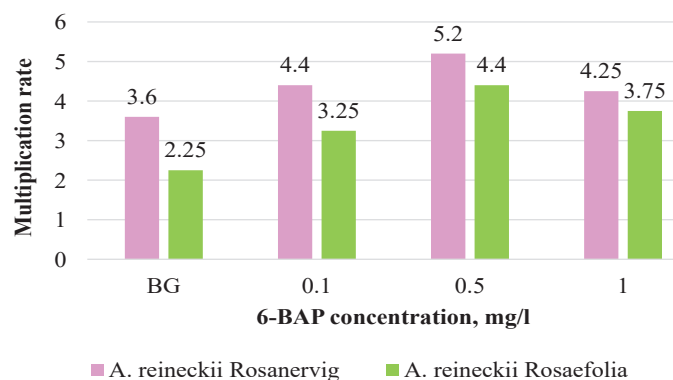


Fig. 5. The effect of factor A (genotype) and B (6-BAP concentration) on the multiplication rate of the species *Alternanthera Reineckii*

При проведении исследований было отмечено, что представители вида *Alternanthera Reineckii* имеют высокую способность к спонтанному ризогенезу, все исследуемые растения-регенеранты имели 100%-ную укореняемость на этапе собственно микроразмножения. Это косвенно подтверждает результаты исследований ученых из Индонезии [13] и в свою очередь сокращает полный цикл культивирования в условиях *in vitro*, что в дальнейшем положительно скажется на экономической эффективности [14] процесса культивирования.

Список источников

1. Сытник Н.А. *Основы марикультуры*: Учебное пособие. Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2018. 167 с.
2. Шипицына Ю.С. *Рождение ботаники в Британии: имперский и национальный дискурсы (последняя треть XVIII – начало XIX вв.)*: Монография. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2021. 167 с. EDN: EEIFPP
3. Clough R. Opening the Wardian case: experiments in plant transportation. *Australian Garden History*. 2007;19(1):4-6.
4. Орлова Е.Е., Козлова Е.А., Орлова Н.А. Современный ассортимент аквариумных растений для создания голландского типа акваскейпа // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2023. № 33. С. 70-73. EDN: MSWZY
5. Shekhawat M.S., Manokari M., Revathi J. In vitro propagation, micromorphological studies and ex vitro rooting of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.: an important aquatic plant. *Aquaculture international*. 2017;25(1):423-435. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0039-4>
6. Reis A., Kleinowski A.M., Klein F.R. Sch., Telles R.T. et al. Light quality on the in vitro growth and production of pigments in the genus *Alternanthera* *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2015;18:349-357. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0074-0>
7. Aasim M., Ali S.A., Bekis P., Nadeem M.A. Light-emitting diodes induced in vitro regeneration of *Alternanthera reineckii* mini and validation via machine learning algorithms. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(5):816-825. <https://doi.org/10.1007/s11627-022-10312-6>
8. Степанова М.В., Скворцова Е.Г. *Аквариумистика*: Учебно-методическое пособие. Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2019. 90 с. EDN: QYQPVH
9. Oyediji A.A., Abowei J.F.N. The classification, distribution, control and economic importance of aquatic

Выводы Conclusions

Таким образом, в результате исследований было выявлено, что на этапе собственно микро-размножения для представителей вида *Alternanthera reineckii* в условиях *in vitro* эффективным является применение в составе питательной среды QL цитокинина 6-БАП. Исследования показали, что наиболее оптимальной являлась концентрация 6-БАП – 0,5 мг/л для всех исследуемых генотипов. Коэффициент размножения для *A. reineckii* Rosa-nervig составил 4,4, для *A. reineckii* Rosaefolia – 3,4.

References

1. Sytnik N.A. *Fundamentals of mariculture: a textbook*. Kerch, Russia: Kerch State Maritime Technological University, 2018:167. (In Russ.)
2. Shipitsyna Yu.S. *Birth of Botany in Britain: imperial and national discourses (the last third of the XVIII – early XIX centuries). a monograph*. Ekaterinburg, Russia: Ural Federal University, 2021:167. (In Russ.)
3. Clough R. Opening the Wardian case: experiments in plant transportation. *Australian Garden History*. 2007;19(1):4-6.
4. Orlova E.E., Kozlova E.A., Orlova N.A. Modern assortment of aquarium plants for creating a Dutch type of aquascape. *Vestnik landshaftnoy arkhitektury*. 2023;33:70-73. (In Russ.)
5. Shekhawat M.S., Manokari M., Revathi J. In vitro propagation, micromorphological studies and ex vitro rooting of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.: an important aquatic plant. *Aquaculture international*. 2017;25(1):423-435. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0039-4>
6. Reis A., Kleinowski A.M., Klein F.R. Sch., Telles R.T. et al. Light quality on the in vitro growth and production of pigments in the genus *Alternanthera*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2015;18:349-357. <https://doi.org/10.1007/s12892-015-0074-0>
7. Aasim M., Ali S.A., Bekis P., Nadeem M.A. Light-emitting diodes induced in vitro regeneration of *Alternanthera reineckii* mini and validation via machine learning algorithms. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2022;58(5):816-825. <https://doi.org/10.1007/s11627-022-10312-6>
8. Stepanova M.V., Skvortsova E.G. *Aquarium keeping: a study guide*. Yaroslavl, Russia: Yaroslavl State Agrarian University, 2019:90. (In Russ.)
9. Oyediji A.A., Abowei J.F.N. The classification, distribution, control and economic importance of aquatic

plants. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012;1(2):118-128

10. Hiscock P. *Encyclopedia of aquarium plants*. Par-kstone International, 2024.

11. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С., Антонов А.М. *Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений*: Монография. М.: ООО «Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2023. 152 с. EDN: VGKYGZ

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

13. Ахметова Л.Р. Изучение особенностей вегетативного размножения некоторых сортов гортензий // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 145. С. 247-251. EDN: ZKBCPV

14. Yunita R., Nugraha M.F.I. Effect of auxin type and concentration on the induction of *Alternanthera Reineckii* roots in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2021;653(1):012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012073>

plants. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2012;1(2):118-128.

10. Hiscock P. *Encyclopedia of aquarium plants*. Par-kstone International, 2024.

11. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S., Antonov A.M. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants: a monograph*. Moscow, Russia: ООО «Izdatelsko-knigotorgoviy tsentr «Kolos-s», 2023:152. (In Russ.)

12. 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.)

13. Akhmetova L.R. Estimation of decorative qualities and the peculiarities of vegetative reproduction of some varieties of hydrangea. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 2017;(145):247-251. (In Russ.)

14. Yunita R., Nugraha M.F.I. Effect of auxin type and concentration on the induction of *Alternanthera Reineckii* roots in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;653(1):012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012073>

Информация об авторах

Лилия Рафисовна Ахметова, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений, Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН; 127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4; e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0874-4464>

Елена Евгеньевна Орлова, кандидат 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: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

Елена Анатольевна Козлова, кандидат 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: kozlova.e@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7020-9406>

Information about the authors

Liliya R. Akhmetova, Assistant at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); junior research of Laboratory of Plant Biotechnology (127276, Russian Federation); e-mail: l.ahmetova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0874-4464>

Elena E. Orlova, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: elena.orlova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7301-0539>

Elena A. Kozlova, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Landscape Gardening and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: kozlova.e@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7020-9406>

Статья поступила в редакцию 11.12.2023
Одобрена после рецензирования 20.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office December 11, 2023
Approved after reviewing June 20, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

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

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.082.4: 591.133.2: 665.117

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-57-63>



**Активность ферментов дуоденального химуса цыплят-бройлеров
при скормлинии соевого шрота и жмыха (ЭкоСоя)**

Дарья Дмитриевна Беззубенко, Владимир Георгиевич Вертипрахов

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

Автор, ответственный за переписку: Владимир Георгиевич Вертипрахов; vertiprahov@rgau-msha.ru

Аннотация

Проблема поиска наиболее полноценных белковых компонентов, которые можно применять при выращивании птицы, на сегодняшний день является актуальной, поскольку себестоимость кормов в птицеводстве достигает 70%. Наиболее востребованными методами оценки доступности питательных веществ в организме продуктивных животных становятся фистульные технологии. В работе использовали новую методику оценки вкусовых и питательных свойств двух соевых продуктов в рационе цыплят-бройлеров. Сравнительный анализ показал, что соевый жмых (ЭкоСоя) – наиболее предпочтительный по вкусу компонент корма, который увеличивает активность трипсина на 30,2%, липазы – на 114% по сравнению со шротом в первую постпрандиальную фазу (через 60 мин). Во второй период после кормления (спустя 120 мин) различия не были достоверными, но тенденция увеличения активности наблюдалась в опытной группе (на 17,2%).

Ключевые слова

цыплята-бройлеры, дуоденальная фистула, дуоденальный химус, соевый шрот, соевый жмых (ЭкоСоя)

Благодарности

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

Финансирование

Исследования выполнены при финансировании по договору выполнения НИР от 3 апреля 2024 г. № 22/23 между РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и ООО «Торговый дом «Дары Кавказа»

Для цитирования

Беззубенко Д.Д., Вертипрахов В.Г. Активность ферментов дуоденального химуса цыплят-бройлеров при скормлинии соевого шрота и жмыха (ЭкоСоя) // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 57-63. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-57-63>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-57-63>



Duodenal chyme enzyme activity in broiler chickens fed soybean meal and cake (EcoSoy)

Darya D. Bezzubenko, Vladimir G. Vertiprakhov

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

Corresponding author: Vladimir G. Vertiprakhov; vertiprahov@rgau-msha.ru

Abstract

The problem of finding the most complete protein components that can be used in poultry farming is currently urgent, as the cost of feed in poultry farming reaches 70%. The most popular methods for evaluating nutrient availability

in the organism of productive animals are fistula technologies. In this work, the authors used a new technique to evaluate the palatability and nutritional properties of two soybean products in the diet of broiler chickens. The comparative analysis showed that soybean cake (EcoSoy) was the most preferred feed ingredient, increasing trypsin activity by 30.2% and lipase activity by 114% compared to meal in the first postprandial phase (after 60 min). In the second postprandial phase (after 120 min), the differences were not reliable, but a tendency to increase activity was observed in the experimental group (by 17.2%).

Keywords

broiler chickens, duodenal fistula, duodenal chyme, soybean meal, soybean cake, EcoSoy

Acknowledgements

The article was prepared on the basis of the results of the report at the International Scientific and Practical Conference "Current Problems of Animal Physiology" dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, 2024, Moscow, Russia).

Funding

The research was financed under the Research and Development Agreement No. 22/23 dated April 3, 2024 between the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy and LLC "Trading House "Gifts of The Caucasus".

For citation

Bezzubenko D.D., Vertiprakhov V.G. Duodenal chyme enzyme activity in broiler chickens fed soybean meal and cake (EcoSoy). *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):57-63. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-57-63>

Введение Introduction

Основной способ снижения себестоимости продукции производства птицеводческих предприятий – поиск и дальнейшее использование кормов с высокой эффективностью [1, 2]. Учитывая, что наибольший процент гидролиза нутриентов корма происходит в просвете тонкого отдела кишечника, рациональным и наиболее информативным методом в данном случае можно считать исследование химуса цыплят с использованием хронической фистулы на уровне восходящего колена двенадцатиперстной кишки. Такое расположение фистулы обусловлено локализацией в данном месте панкреатических и желчных протоков [6, 8, 9].

Использование соевых продуктов способно решить вопрос замены в рационах цыплят-бройлеров дорогостоящих высокобелковых кормовых компонентов животного происхождения на растительный источник белка с более низкой стоимостью. Одним из таких аналогов является соевый жмых (ЭкоСоя), изготавливаемый по технологии, снижающей содержание в продукте ингибиторов пищеварительных ферментов и повышающей переваримость корма [1-3, 6].

Исследования ферментативной активности содержимого 12-перстной кишки у цыплят-бройлеров при использовании в рационе соевого шрота и жмыха в корме с определением их вкусовых и питательных свойств ранее не проводились [3-5].

Цель работы: исследовать активность пищеварительных ферментов дуоденального химуса у цыплят-бройлеров с хронической фистулой через 60 и 120 мин после кормления при использовании соевого шрота и жмыха (ЭкоСоя).

Методика исследований Research method

Для определения активности дуоденальных ферментов опыты проводили на 20-45-суточных цыплятах-бройлерах кросса РОСС308 с хронической дуоденальной фистулой в условиях Учебно-производственного птичника Зостанции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Все исследования на птице выполняли, руководствуясь требованиями гуманного отношения к животным, с применением седативных и обезболивающих средств [8].

Хирургическую операцию выполняли на 14-20-суточных цыплятах, которым вживляли канюлю в 12-перстную кишку по методу, разработанному в лаборатории физиологии животных ФНЦ ВНИТИП РАН [9]. Цыплята содержались в условиях птичника в соответствии с требованиями для данного кросса [10, 11]. Физиологические опыты начинали спустя 3-5 суток после хирургической операции, когда все показатели здоровья птицы приходили в норму, и завершали по достижении птицей 35-суточного возраста.

Цыплят подразделяли случайным образом на 2 группы по 5 гол. в каждой: контрольная группа получала основной рацион (ОР) с добавкой соевого шрота (табл. 1, 2); опытная группа получала ОР, в котором часть замещали добавкой соевого жмыха (ЭкоСоя) (табл. 1, 2). Физиологические опыты начинали утром, натощак птицы, давая каждому цыпленку по 30 г комбикорма. Затем, через 60 мин для определения вкусовых качеств корма, и через 120 минут для определения его питательных свойств, собирали дуоденальный

химус по 0,5-1,0 мл. Химус центрифугировали при 7000 об/мин в течение 5 мин и определяли активность ферментов в надосадочной жидкости после 10-кратного разбавления.

Определение активности ферментов производилось на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BS3000M (Sinnova, КНР). Активность трипсина определяли по методу Вертипрахова, Грозиной [9]. Активность щелочной фосфатазы и липазы, а также содержание макроэлементов (Са и Р) определялись с использованием реактивов компании ДИА-

ВЕТ (РФ) по методике, прописанной в инструкции к анализатору.

Рецепты используемых рационов, а также показатели их качества представлены в таблицах 1, 2.

Числовые результаты обрабатывали общепринятыми методами статистики с использованием программы Microsoft Excel.

Данные по активности пищеварительных ферментов и концентрации кальция и фосфора в химусе двенадцатиперстной кишки цыплят-бройлеров кросса РОСС308 с хронической фистулой представлены в таблице 3.

Таблица 1

**Рецепт полнорационного комбикорма
контрольной (соевый шрот)
и опытной (соевый жмых – ЭкоСоя)
групп цыплят-бройлеров**

Состав	Контроль (соевый шрот), %	Опыт (соевый жмых), %
Пшеница	31,56	35,75
Кукуруза	30,00	30,00
Шрот соевый СП 44%	23,66	-
Жмых соевый	-	18,9
Жмых подсолн. СП 34%, СК 20	7,85	7,37
Масло подсолнечное	3,79	2,87
Сульфат лизина	0,43	0,40
DL-метионин 98,5%	0,24	0,24
L-треонин 98%	0,08	0,07
Соль поваренная	0,32	0,32
Монокальцийфосфат	0,10	0,10
Мел кормовой	0,72	0,73
Сода пищевая	0,05	0,05
Холин хлорид 60%	0,20	0,20
Витаминно-минеральный премикс	1,00	1,00

Table 1

**Recipe for complete mixed diets
for control (soybean meal)
and experimental (soybean cake – EcoSoy)
groups of broiler chickens**

Composition	Control group (soybean meal), %	Experimental group (soybean cake), %
Wheat	31.56	35.75
Corn	30.00	30.00
Soybean meal CP 44%	23.66	-
Soybean cake	-	18.9
Sunflower cake CP 34%, CK 20	7.85	7.37
Sunflower oil	3.79	2.87
Lysine sulphate	0.43	0.40
DL-methionine 98.5%	0.24	0.24
L-threonine 98%	0.08	0.07
Sodium chlorate	0.32	0.32
Monocalcium phosphate	0.10	0.10
Feed chalk	0.72	0.73
Sodium bicarbonate	0.05	0.05
Choline chloride 60%	0.20	0.20
Vitamin and mineral premix	1.00	1.00

Таблица 2

Показатели качества полнорационного комбикорма контрольной (соевый шрот) и опытной (соевый жмых – ЭкоСоя) групп цыплят-бройлеров

Показатель	Группы	
	Контроль (соевый шрот)	Опыт (соевый жмых)
ЭО птицы табл., ккал/100 г	311,00	309,00
ЭО птицы WPSA, ккал/100 г	310,00	310,00
Влажность, %	-	-
Сырой протеин, %	19,50	19,50
Сырой жир, %	7,01	7,16
Сырая клетчатка, %	4,75	4,75
Сырая зола, %	4,26	4,17
Лизин, %	1,10	1,09
Лизин SID птица, %	1,02	1,02
Метионин, %	0,54	0,53
Метионин SID птица, %	0,52	0,52
Ca, %	0,60	0,60
P, %	0,44	0,45
P усвояемый, %	0,36	0,36
Ca/P усвояемый	1,67	1,67

Table 2

Quality indicators of complete mixed diets of control (soybean meal) and experimental (soybean cake – EcoSoy) groups of broiler chickens

Indicator	Groups	
	Control group (soybean meal)	Experimental group (soybean cake)
Table EE of poultry, kcal/100 g	311.00	309.00
WPSA EE of poultry, kcal/100 g	310.00	310.00
Humidity, %	-	-
Crude protein, %	19.50	19.50
Crude fat, %	7.01	7.16
Crude fibre, %	4.75	4.75
Crude ash, %	4.26	4.17
Lysine, %	1.10	1.09
Lysine SID poultry, %	1.02	1.02
Methionine, %	0.54	0.53
Methionine SID poultry, %	0.52	0.52
Ca, %	0.60	0.60
P, %	0.44	0.45
P available, %	0.36	0.36
Ca/P available	1.67	1.67

Из данных таблицы 3 следует, что в контрольной группе отмечалось достоверное увеличение активности липазы между первым и вторым заборами химуса на 78,3%, что соответствует 1196,9 ед/л. Также в химусе контрольной группы наблюдалось достоверное увеличение концентрации кальция на 18,5% (в среднем на 7,38 ммоль/л) вместе с тенденцией увеличения активности трипсина на 18,9% за период между пробами химуса. При этом концентрация фосфора достоверно снижалась на 13,2% на фоне тенденции снижения активности щелочной фосфатазы на 10,3%, которая участвует в гидролизе фосфорных соединений [9].

В опытной группе за период от 60 до 120 мин после первого кормления достоверно повышалась только концентрация кальция (+10,3%) на фоне тенденции повышения активности трипсина на 123,5 ед/л (+7,0%). Это указывает на то, что процессы гидролиза в кишечнике усиливаются под влиянием более легкопереваримого по своему составу рациона. При этом повышаются его доступность и усвоение организмом птицы [6, 9]. По остальным показателям картина является схожей с контрольной группой, то есть активность щелочной фосфатазы снижается параллельно с концентрацией фосфора

Таблица 3

**Активность пищеварительных ферментов и содержание макроэлементов
в дуоденальном содержимом цыплят-бройлеров кросса РОСС308**

Показатель	Контроль (соевый шрот)		Опыт (соевый жмых)	
	60 мин	120 мин	60 мин	120 мин
Время забора химуса	60 мин	120 мин	60 мин	120 мин
Активность трипсина, ед/л	1354,1 ± 59,5	1610,4 ± 142,2	1763,6 ± 74,5 ^b	1887,2 ± 89,8
Активность щелочной фосфатазы, ед/л	16673,45 ± 1145,27	14954,68 ± 1200,09	11896,0 ± 516,9 ^b	11326,0 ± 437,2 ^b
Активность липазы, ед/л	1527,9 ± 185,9	2724,9 ± 336,1 ^a	3269,9 ± 361,4 ^b	3581,3 ± 293,5
Кальций, ммоль/л	39,8 ± 2,1	47,2 ± 2,2 ^a	64,5 ± 1,9	71,2 ± 1,7 ^a
Фосфор, ммоль/л	3,97 ± 0,14	3,45 ± 0,12 ^a	4,40 ± 0,09 ^b	4,14 ± 0,09 ^b

Примечание. ^a – разница между пробой химуса через 60 и 120 мин после потребления корма внутри одной группы статистически значима при $p < 0,05$; ^b – различия между контрольной и опытной группами статистически значимы при $p < 0,05$.

Table 3

**Activity of digestive enzymes and content of macronutrients
in duodenal contents of broiler chickens of the cross ROSS308**

Indicator	Control group (soybean meal)		Experimental group (soybean cake)	
	60 min	120 min	60 min	120 min
Time of chyme sampling	60 min	120 min	60 min	120 min
Trypsin activity, units/l	1354.1 ± 59.5	1610.4 ± 142.2	1763.6 ± 74.5 ^b	1887.2 ± 89.8
Alkaline phosphatase activity, units/l	16673.45 ± 1145.27	14954.68 ± 1200.09	11896.0 ± 516.9 ^b	11326.0 ± 437.2 ^b
Lipase activity, units/l	1527.9 ± 185.9	2724.9 ± 336.1 ^a	3269.9 ± 361.4 ^b	3581.3 ± 293.5
Calcium, mmol/l	39.8 ± 2.1	47.2 ± 2.2 ^a	64.5 ± 1.9	71.2 ± 1.7 ^a
Phosphorus, mmol/l	3.97 ± 0.14	3.45 ± 0.12 ^a	4.40 ± 0.09 ^b	4.14 ± 0.09 ^b

Note. ^a – difference between sampling 60 and 120 min after feed consumption within the same group is statistically significant at $p < 0.05$; ^b – differences between the control and experimental groups are statistically significant at $p < 0.05$.

на 4,8 и 5,9% соответственно. Однако активность липазы в рамках данной группы цыплят увеличилась незначительно (на 2,6%, $p < 0,05$).

Таким образом, если судить по активности трипсина, вкусовых и питательных свойствах корма, то различия внутри каждой из групп между вкусовыми ощущениями и питательностью не обнаружены.

При замене в контрольном рационе соевого шрота на жмых активность трипсина через 60 мин после потребления корма достоверно повышалась на 30,2% ($p < 0,05$), а через 120 мин разница в активности трипсина составляла уже около 17,2%, но разница не является достоверной. Увеличение активности трипсина может быть обусловлено двумя факторами: более доступным протеиновым составом добавки (ЭкоСоя) по сравнению со шротом или наличием антипитательных элементов (ингибитора трипсина). С учетом того, что соевый жмых (ЭкоСоя) готовится по уникальной технологии с целью уменьшения ингибиторов трипсина, следует считать, что увеличение активности трипсина связано с более высоким качеством протеина в соевом жмыхе, способного стимулировать выработку фермента. При этом у группы, получавшей в рационе жмых, содержание общего кальция в среднем превышало данный показатель контрольной группы на 50,9% через 60 мин и на 62,2% через 120 мин после кормления.

По показателям активности пищеварительных ферментов – щелочной фосфатазы и липазы – между контрольной и опытной группами установлена достоверная разница ($p < 0,05$). Активность липазы в опытной группе достоверно превышает

контрольную группу на 114%, то есть более чем в 2 раза, что может свидетельствовать о большей доступности жира в составе жмыха и, соответственно, его повышенной питательности по сравнению со шротом. Щелочная фосфатаза показала достоверно низкую активность в опытной группе относительно контрольной как после первого, так и после второго получения химуса. В контрольной группе активность щелочной фосфатазы выше на 24-28% по сравнению с опытной группой ($p < 0,05$). Параллельно с этим в составе дуоденального химуса у опытной группы достоверно выше содержание фосфора: на 10,8% (0,43 ммоль/л) в первый час и на 20,1% (0,69 ммоль/л) – во второй час после приема пищи ($p < 0,05$).

Выводы

Conclusions

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы.

1. Увеличение активности трипсина в дуоденальном содержимом опытной группы на 30,2% указывает на более высокие вкусовые ощущения у цыплят-бройлеров при использовании соевого жмыха (ЭкоСоя) по сравнению с соевым шротом.

2. Определение активности трипсина в дуоденальном химусе через 120 мин после кормления имеет тенденцию повышения питательной ценности соевого жмыха на 17,2% по сравнению со шротом, но различия не являются достоверными.

3. В опытной группе наблюдалось повышение на 114% активности липазы, связанное со стимуляцией активности фермента за счет жира в составе соевого жмыха ($p < 0,05$).

References

Список источников

1. Аношина Е.С., Чихман М.А. Повышение эффективности использования кормов в птицеводстве // *Инновационный потенциал развития общества: взгляд молодых ученых: Сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок (1 декабря 2020 г.)*. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. Т. 2. С. 466-469. EDN: WGKCJG

2. Даниленко И.Ю., Даниленко И.Ю., Колодяжный А.В., Имангалиев А.Д. и др. Использование альтернативных кормовых продуктов в птицеводстве // *Вестник АГАУ*. 2022. № 4. С. 72-76. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-210-4-72-76>

3. Давлатова А.Ф. Применение сои и соевой продукции в животноводстве // *Достижения молодёжной науки для агропромышленного комплекса: Сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (14-18 марта 2022 г.)*. Тюмень: Государственный

1. Anoshina E.S., Chikhman M.A. Improving the efficiency of feed use in poultry farming. *Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya perspektivnykh razrabotok "Innovatsionniy potentsial razvitiya obshchestva: vzglyad molodykh uchenykh"*. December 1, 2020. Kursk, Russia: Southwest State University, 2020;2:466-469. (In Russ.)

2. Danilenko I.Yu., Kolodyazhnyy A.V., Imangaliyev A.D., Samofalova O.V. Use of alternative feed products in poultry farming. *Vestnik AGAU*. 2022;4:72-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-210-4-72-76>

3. Davlatova A.F. Application of soy and soy products in animal husbandry. *LVI nauchno-prakticheskaya konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh "Dostizheniya molodezhnoy nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa"*. March 14-18, 2022. Tyumen, Russia: Northern Trans-Ural State Agricultural University, 2022;3:471-475. (In Russ.)

аграрный университет Северного Зауралья, 2022. Т. 3. С. 471-475. EDN: WRWYXC

4. Кандроков Р.Х., Поречная Е.С., Смирнова А.Р. Переработка соевого шрота и жмыха в муку и отруби // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2022. Т. 4, № 60. С. 92-99. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2022.60.4.011>

5. Линников П.И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития // *Аграрный научный журнал*. 2018. № 10. С. 81-86. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i10.595>

6. Полина С.И., Вертипрахов В.Г., Сергеевкова Н.А., Еременко В.В. Дуоденально-илеальное соотношение пищеварительных ферментов при использовании разных белковых добавок в рационе кур-несушек // *Международный вестник ветеринарии*. 2023. № 3. С. 145-155. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.145>

7. Directive 2010/63/EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, L 276/527

8. Вертипрахов В.Г. *Физиология кишечного пищеварения у кур (экспериментальный подход)*: Монография. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022. 175 с. EDN: VCFFIY

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

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

11. Бройлеры: нормативные показатели Ross 308. 2022. URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/RossxRoss308_BroilerPerformanceObjectives2022_RU.pdf

4. Kandrov R.Kh., Porechnaya E.S., Smirnova A.R. Processing of soybean meal and cake into flour and bran. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*. 2022;4(60):92-99. (In Russ.) <https://doi.org/10.35694/YARCX.2022.60.4.011>

5. Linnikov P.I. Russian soybean market: trends, development prospects. *The Agrarian Scientific Journal*. 2018;10:81-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.v0i10.595>

6. Polina S.I., Vertiprahov V.G., Sergeenkov N.A., Eremenko V.V. Duodenal-ileal ratio of digestive enzymes when using different protein supplements in the diet of laying hens. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023;(3):145-155. (In Russ.) <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.145>

7. Directive 2010/63/EU of The European Parliament and of The Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes, L 276/527.

8. Vertiprahov V.G. *Physiology of intestinal digestion in chickens (experimental approach)*: monograph. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2022:175. (In Russ.)

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

10. Trukhachev V.I., Atanov I.V., Kapustin I.V., Gritsai D.I. *Techniques and technologies in animal husbandry*: textbook. Stavropol, Russia: Izdatel'stvo «AGRUS», 2015:404. (In Russ.)

11. Broilers: normative indicators Ross 308. 2022. (In Russ.) URL: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/RossxRoss308_BroilerPerformanceObjectives2022_RU.pdf

Сведения об авторах

Дарья Дмитриевна Беззубенко, аспирант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: d-bezzubenko@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-7446-0585>

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

Information about the authors

Darya D. Bezzubenko, postgraduate student at the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: d-bezzubenko@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-7446-0585>

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

Статья поступила в редакцию 02.05.2024
Одобрена после рецензирования 12.06.2024
Принята к публикации 13.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 02, 2024
Approved after reviewing June 12, 2024
Accepted for publication June 13, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.32/.38: 612.3: 636.085.2: 633.34

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-64-68>



Влияние продуктов производства сои на показатели рубцового пищеварения у овец

Светлана Владимировна Карамушкина, Александр Викторович Вадько

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Светлана Владимировна Карамушкина; Sveta.vetmed@mail.ru

Аннотация

В статье излагается материал исследований рубцового содержимого овец, получавших в качестве основного рациона отходы соевого производства (солома и фураж). Полученные результаты показывают, что при применении соевой соломы и соевого фуража уровень мочевины и ЛЖК в рубцовом содержимом увеличивается на 54 и 31% соответственно. Также наблюдается увеличение почти в 2,8 раза общего количества инфузорий по сравнению с общепринятым сено-концентратным рационом. Результаты, полученные в ходе эксперимента, дают представление об уровне переваривания питательных веществ, содержащихся в соевых отходах, что, в свою очередь, позволяет более рационально и полноценно организовывать процесс кормления животных, эффективно использовать кормовые ресурсы.

Ключевые слова

рубцовое содержимое, отходы соевого производства, количество инфузорий, биохимические показатели, овцы, соя в кормлении овец

Благодарности

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

Для цитирования

Карамушкина С.В., Вадько А.В. Влияние продуктов производства сои на показатели рубцового пищеварения у овец // Тимирязевский биологический журнал. 2024. Т. 2, № 2. С. 64-68. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-64-68>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-64-68>



Effect of soybean products on the indicators of sheep rumen digestion

Svetlana V. Karamushkina, Aleksandr V. Vadko

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk

Corresponding author: Svetlana V. Karamushkina; Sveta.vetmed@mail.ru

Abstract

The article presents the material of studies of rumen digesta of sheep fed soybean production waste (straw and forage) as their main diet. The results obtained show that soybean straw and soybean forage increase the level of urea and VFA in the rumen digesta by 54 and 31%, respectively. The total number of infusoria also increased by almost 2.8 times compared to the conventional hay concentrate diet. The results obtained during the experiment give an idea of the level of digestion of nutrients contained in soybean waste, which in turn allows for more rational and complete organization of the process of animal feeding and effective use of feed resources.

Keywords

Ruminal digesta, soybean production waste, number of infusoria, biochemical indicators, sheep, soybeans in sheep feeding

Acknowledgments

The article was prepared on the basis of the results of the report of the International Scientific and Practical Conference "Current Problems of Animal Physiology" dedicated to the 155th anniversary of the Department

For citation

Karamushkina S.V., Vadko A.V. Effect of soybean products on the indicators of sheep rumen digestion. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):64-68. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-64-68>

Введение Introduction

Основным индикатором, отражающим интенсивность процессов пищеварения, является ферментативная активность пищеварительных соков. Возможность ферментативной системы приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям кормления достаточно широко изучена [1-3].

У жвачных животных, обладающих сложной системой желудков, ферментативная активность соков подвержена постоянной изменчивости и зависит от многих факторов – таких, как состав кормов, состав микрофлоры преджелудков, активность основных пищеварительных желез, количество активных клеток в оболочке рубца и т.д. [4].

Состав корма оказывает сильное влияние на микробиоту рубца, а она в свою очередь определяет ферментативную активность рубцового содержимого. Ферментный состав содержимого рубца зависит также от секреторной активности пищеварительных желез, так как некоторые пищеварительные ферменты способны реадсорбироваться из крови в полость рубца [5].

В основной рацион кормления жвачных в Амурской области, как и в других регионах, занимающихся выращиванием сои, входит большая доля отходов соевого производства – таких, как соевая солома и соевый фураж. Иногда замена общепринятых грубых и концентрированных кормов на соевые отходы составляет 100%. Особенно часто такая тенденция наблюдается в личных подсобных хозяйствах и КФХ, специализирующихся на овцеводстве. Данные корма содержат большое количество сырой клетчатки, сырого протеина и сырого жира (фуражные отходы). Массовая доля этих компонентов составляет $53,7 \pm 3,6\%$, $16,15\%$, $6,15 \pm 0,68\%$ соответственно [6]. Данный факт не может не повлиять на интенсивность рубцового пищеварения.

Цель исследований: изучить влияние отходов соевого производства на ферментативную активность содержимого рубца.

Методика исследований Research method

Исследования проводились на базе вивария факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии Дальневосточного ГАУ.

Для эксперимента были подготовлены 3 гол. баранов с хронической фистулой рубца. Животные были отобраны по весу ($51 \pm 2,8$ кг) и возрасту 7 мес. Исследования проводились методом групп периодов.

Исследования выполняли, руководствуясь требованиями гуманного отношения к животным (Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях, ETS № 123, Страсбург, 18 марта 1986 г.) [7].

В первый фоновый период животные получали основной рацион, который состоял из 2 кг сена и 0,5 кг овса на 1 гол. в сутки. В экспериментальном рационе сено заменили на соевую солому, а концентратную часть – на соевый фураж. Энергетическая питательность экспериментальных рационов по обменной энергии составила: контрольный рацион – 12,2 мДж/кг; опытный рацион – 14,9 мДж/кг [6]. Животные получали экспериментальный рацион в течение месяца. Периоды эксперимента подразделили на декады.

Забор рубцового содержимого производили через 3 ч после кормления. Отобранные пробы рубцового содержимого фильтровались через 6 слоев марли, затем часть содержимого фиксировалась 4%-ным раствором формалина, другую часть центрифугировали и надосадочную жидкость исследовали на полуавтоматическом биохимическом анализаторе STAT FAX с использованием наборов биохимических реагентов для ветеринарии ДиаВетТест. В фиксированной порции содержимого исследовали общее количество простейших с помощью счетной камеры Горяева. Показатель pH определяли электрометрическим методом, летучие жирные кислоты – хроматографическим методом.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

Анализ адаптивных возможностей рубцового пищеварения к отходам соевого производства показал, что данный вид кормов значительно изменяет биохимический состав содержимого рубца (табл. 1).

При исследовании биохимических показателей рубцового содержимого в фоновых и экспериментальных образцах было отмечено незначительное снижение количества мочевины и амилазы на 10-й день потребления экспериментального корма.

В последующем, на 20-й и 30-й дни эксперимента, количество мочевины увеличивается на 13 и на 54% соответственно. Данный факт свидетельствует о более высоком уровне протеолитической ферментации в рубце овец, получавших в качестве основного рациона кормления отходы соевого производства.

Также увеличивается количество ЛЖК по отношению к фоновым показателям: на 20-й день эксперимента – на 13%, на 30-й день – на 31%. Многими авторами отмечается увеличение концентрации летучих жирных кислот в результате повышения процессов брожения продуктов микробного расщепления сырой клетчатки [8-10], массовая доля которой в соевой соломе составляет 53,7% [6].

Количество амилазы в рубцовом содержимом по сравнению с фоновым периодом уменьшается к 30 дню на 38%. Снижение амилаолитической активности показывает недостаточное содержание легких углеводов в экспериментальном рационе.

Суммарное количество всех видов инфузорий в рубцовом содержимом животных, получавших в основном рационе соевую солому и фураж, на 10-й день незначительно уменьшается – до 209 в 1 мл. Однако на 20-й и 30-й дни эксперимента этот показатель по отношению к фоновому периоду возрос на 141 и 187% соответственно (табл. 2).

Показатель pH содержимого рубца у животных в фоновый период составил 6,7, а на экспериментальном рационе снизился до 6,0.

Таблица 1

Биохимические показатели рубцового содержимого овец, n = 3

Показатели	Периоды исследования			
	Фоновый период	Экспериментальный период, сутки		
		10	20	30
Мочевина, ММоль/л	3,7±0,24	2,4±0,31	4,2±0,17*	5,7±0,27*
Амилаза, Е/л	24,2±0,97	22,9±1,02	17,3±0,84*	15,2±0,85**
ЛЖК, ММоль/л	79,5±6,4	79,1±7,2	89,8±6,8	104,7±12,9**

Примечание. Различия достоверны по сравнению с фоновым периодом; *при $p<0,05$; **при $p<0,01$.

Table 1

Biochemical indicators of sheep rumen digesta, n = 3

Indicators	Study periods			
	Background period	Experimental period, days		
		10	20	30
Urea, mmol/l	3.7±0.24	2.4±0.31	4.2±0.17*	5.7±0.27*
Amylase, u/l	24.2±0.97	22.9±1.02	17.3±0.84*	15.2±0.85**
VFA, mmol/l	79.5±6.4	79.1±7.2	89.8±6.8	104.7±12.9**

Note. Differences are reliable in comparison with the background period; * at $p<0.05$; ** at $p<0.01$.

Таблица 2

Показатели рубцового пищеварения овец, n = 3

Показатели	Периоды исследования			
	Фоновый период	Экспериментальный период, сутки.		
		10	20	30
pH	6,7	5,8	6,0*	6,0*
Общее количество инфузорий в 1 мл	240±14	209±9	580±13**	690±17**

Примечание. Различия достоверны по сравнению с фоновым периодом; *при $p<0,05$; **при $p<0,01$.

Table 2

Indicators of sheep rumen digestion, n = 3

Indicators	Study periods			
	Background period	Background period		
		10	20	30
pH	6.7	5.8	6.0*	6.0*
Total number of infusoria in 1 ml	240±14	209±9	580±13**	690±17**

Note. Differences are reliable in comparison with the background period; * at $p<0.05$; ** at $p<0.01$.

Выводы
Conclusions

При использовании в качестве основного рациона отходов соевого производства (солома и фураж) у овец значительно увеличивается количество инфузорий. Этому способствуют сырая клетчатка и сырой протеин, составляющие основную массу долю данных кормов.

Изменение со стороны биохимических показателей коррелирует с количеством инфузорий.

Значения мочевины и ЛЖК как индикаторов протеолитической и сахаролитической активности микрофлоры рубца в последнюю декаду экспериментального периода в 1,5 раза превышают фоновые показатели.

Количество амилазы при использовании соевой соломы и фуража, наоборот, снижается и к 30 дню достигает 15,2 моль/мл. Данные изменения были ожидаемыми ввиду весьма низкого содержания в экспериментальном рационе легких углеводов.

Список источников

1. Рыков Р.А. Особенности ферментативных и микробиологических процессов в рубце овец при включении в рацион физиологически активных веществ // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2020. № 2 (46). С. 55-61. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.19.89.008>

2. Довыденкова М.В. Выделение и изучение видового состава микроорганизмов рубца у гибридных овец // *Аграрная наука*. 2023. № 1 (10). С. 57-62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-57-62>

3. Лахонин П.Д., Вьючная П.С. Влияние биологически активного комплекса продуктов на рубцовое пищеварение овец // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2023. № 11. С. 97-106. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202311013>

4. Шайдуллин С.Ф. Влияние ферментных препаратов на рубцовое пищеварение, переваримость и усвояемость питательных веществ у овец // *Ученые*

References

1. Rykov R.A. Features of enzymatic and microbiological processes in sheep rumen when physiologically active substances are included in the diet. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2020;2(46):55-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.19.89.008>

2. Dovydenkova M.V. Isolation and study of the species composition of rumen microorganisms in hybrid sheep. *Agrarian Science*. 2023;1(10):57-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-57-62>

3. Lakhonin P.D., Vyuchnaya P.S. Effect of biologically active complex of products on rumen digestion of sheep. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya*. 2023;11:97-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202311013>

4. Shaydullin S.F. Effect of enzyme preparations on rumen digestion, digestibility and assimilation of nutrients in sheep. *Uchenye zapiski*

записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2014. Т. 218, № 2. С. 294-301. EDN: SEYACV

5. Малашко В.В., Тумилович Г.А., Хуссейн Али О.А., Бозер В.Т. и др. Структурно-метаболические процессы в рубце и влияние на них факторов питания (теоретические и практические аспекты пищеварения у жвачных животных) // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: Сборник научных трудов* / Под ред. В.К. Пестиса. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет, 2016. Т. 33. С. 88-100. EDN: XAXXTB

6. Карамушкина С.В., Вадько А.В. Перспективы использования отходов производства сои в овцеводстве // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции: В 2 ч. Благовещенск, 21 апреля 2021 г.* Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2021. С. 52-55. EDN: HDIAIH

7. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях, ETS № 123 (Страсбург, 18 марта 1986 г.) // *ГАРАНТ. Garant.ru*. URL: <https://base.garant.ru/4090914/>

8. Бабичева И.А., Мустафин Р.З. Бактериальная ферментация питательных веществ в рубце при использовании пробиотических препаратов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 6 (62). С. 116-118. EDN: XSLAPH

9. Каширина Л.Г., Качина Е.Н. Взаимосвязь содержания летучих жирных кислот рубцового содержимого и крови с приростом массы валухов под влиянием наноразмерного порошка кобальта // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2014. № 3 (23). С. 87-90. EDN: TGDOYD

10. Кузьмина Л.Н., Карташова А.П. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров // *Аграрный вестник Урала*. 2020. № 7(198). С. 56-64. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64>

Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman. 2014;218(2):294-301. (In Russ.)

5. Malashko V.V., Tumilovich G.A., Hussein Ali O.A., Bozer V.T. et al. Structural and metabolic processes in the rumen and the influence of nutritional factors on them (theoretical and practical aspects of digestion in ruminants). In: *Agriculture – problems and prospects: a collection of scientific papers*. Ed. by V.K. Pestis. Vol. 33. Grodno, Belarus: Grodno State Agrarian University, 2016:88-100. (In Russ.)

6. Karamushkina S.V., Vadko A.V. Prospects for the use of soybean production waste in sheep breeding. *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Agropromyshlenniy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya"*. April 21, 2021. Blagoveshchensk, Russia: Far Eastern State Agrarian University, 2021:52-55. (In Russ.)

7. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experiments or Other Scientific Purposes ETS No. 123 (Strasbourg, March 18, 1986). (In Russ.) URL: <https://base.garant.ru/4090914/>

8. Babicheva I.A., Mustafin R.Z. Bacterial fermentation of nutrients in the rumen of cattle fed diets supplemented with probiotic preparations. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;6(62):116-118. (In Russ.)

9. Kashirina L.G., Kachina E.N. Correlation of volatile fatty acids in ruminal digesta and blood of wethers with body weight growth as affected by cobalt nanopowder. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2014;3(23):87-90. (In Russ.)

10. Kuzmina L.N., Kartashova A.P. The quality of fiber and the effectiveness of use in rations of Holstein-Kholmogor cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;7(198):56-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64>

Сведения об авторах

Светлана Владимировна Карамушкина, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет (ДальГАУ); 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86; e-mail: Sveta.vetmed@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-6485-7146>

Александр Викторович Вадько, аспирант кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет (ДальГАУ); 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

Information about the authors

Svetlana V. Karamushkina, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Far Eastern Federal District, 127434, Russian Federation); e-mail: Sveta.vetmed@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-6485-7146>

Aleksandr V. Vadko, postgraduate student at the Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University (86 Politekhnicheskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, Far Eastern Federal District, 127434, Russian Federation)

Статья поступила в редакцию 09.05.2024
Одобрена после рецензирования 19.06.2024
Принята к публикации 29.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 09, 2024
Approved after reviewing June 19, 2024
Accepted for publication June 29, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 591.111.1: 597.851

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-69-74>



Гематологические показатели озерной лягушки при стимулированном нересте

Роман Викторович Желанкин¹, Галина Иозеповна Пронина²

¹ ФГБУН Институт психологии РАН, Москва, Россия

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

Автор, ответственный за переписку: Роман Викторович Желанкин; zhelankin86@mail.ru

Аннотация

При разведении лягушек в условиях фермы необходимо контролировать их состояние здоровья, и наиболее удобным методом контроля является анализ крови. Гематологические показатели озерных лягушек изучались до нереста и после него. После спячки при температуре 4°C и недельного содержания в бассейне лягушки были подвергнуты гормональной стимуляции смесью препаратов «Гонадотропин хорионический» и «Сурфагон», на следующий день наблюдался успешный нерест со 100%-ным оплодотворением икры. В крови лягушек после нереста обнаружилось пониженное количество эритроцитов. Доля нейтрофилов и эозинофилов в лейкограмме у лягушек после нереста снизилась, а доля моноцитов увеличилась в 3 раза, повысился процент базофилов. Стимулированный нерест озерной лягушки впервые был воспроизведен в неволе под контролем анализа гематологических показателей, что показало возможность использования данного процесса в условиях ранаккультуры.

Ключевые слова

Pelophylax ridibundus, гематологические показатели озерной лягушки, разведение лягушек, гематология амфибий, стимулированный нерест, репродуктивный иммунитет

Благодарности

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

Для цитирования

Желанкин Р.В., Пронина Г.И. Гематологические показатели озерной лягушки при стимулированном нересте // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 69-74. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-69-74>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-69-74>



Hematological indicators of the marsh frog during stimulated spawning

Roman V. Zhelankin¹, Galina I. Pronina²

¹ Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

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

Corresponding author: Roman V. Zhelankin; zhelankin86@mail.ru

Abstract

When breeding frogs on a farm, it is necessary to monitor their health status, and the most convenient method of control is a blood test. Hematological parameters of marsh frogs were studied before and after spawning. After hibernation at a temperature of 4°C from the first week in the pool, the frogs were subjected to hormonal stimulation with a mixture of drugs “Gonadotropin chorionic” and “Surfagon”, the next day successful spawning with 100% fertilization of eggs was observed. A reduced number of red blood cells was found in the blood of frogs after spawning. The proportion of neutrophils and eosinophils in the leukogram of frogs after spawning decreased, the number of monocytes increased 3 times, the proportion of basophils increased. The stimulated spawning of the marsh frog was reproduced for the first time in captivity under the control of an analysis of hematological parameters, which showed the possibility of using this process in raniculture conditions.

Keywords

Pelophylax ridibundus, hematological parameters of the marsh frog, frog breeding, amphibian hematology, stimulated spawning, reproductive immunity

Acknowledgments

The article was prepared on the basis of the results of the report at the International Scientific and Practical Conference “Current Problems of Animal Physiology” dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, 2024, Moscow, Russia).

For citation

Zhelankin R.V., Pronina G.I. Hematological indicators of the marsh frog during stimulated spawning. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):69-74. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-69-74>

Введение Introduction

Во многих странах мира в настоящее время развивается ранакультура – отрасль аквакультуры, занимающаяся выращиванием лягушек. Мясо лягушек используется для приготовления консервов и пресервов [1]. Сезон размножения озерных лягушек в природе приходится на май – начало июня, и каждая особь откладывает 5000-10000 икринок, что часто приводит к угнетению их физиологического состояния [2].

В научной литературе описано три способа инъекционной стимуляции размножения земноводных: суспензией гипофизов тех же или близкородственных видов; аналогами гипоталамического нейrogормона люлиберина (LHRH) (коммерческое название – сурфагон) [3]; хорионическим гонадотропином [4].

Исследование крови методами общего анализа является достаточно удобным для амфибий. Многие исследователи пользуются для взятия крови амфибий пункцией сердца под наркозом [5, 6], что считается прижизненным методом, но при неосторожности может привести к гибели животного. Достаточное для измерения гематологических показателей количество крови можно собрать прижизненно из подколенной вены – нижнего участка бедренной вены (*vena femoralis*) [7], что и было сделано в данном исследовании.

У озерной лягушки определены некоторые референтные значения по таким показателям крови, как уровень гемоглобина, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), количество эритроцитов, но они могут сильно варьировать [6-8]. Соотношение клеток в лейкограмме позволяет определить характер реакции организма земноводных при различных физиологических и адаптационных процессах. Количество лимфоцитов у представителей рода *Pelophylax*, как и у других бесхвостых амфибий Европы, преобладает над другими клетками в лейкограмме [9, 10], а количество нейтрофильных и базофильных гранулоцитов в процентном содержании более вариабельно. При этом характер реакции белой крови в условиях воздействия комплекса антропогенных факторов определяется возрастом, нагрузкой на среду обитания, и, в частности, по этим показателям можно оценивать качество воды в водоемах [11].

Цель исследований: изучение показателей крови озерных лягушек до стимулированного нереста и после него.

Методика исследований Research method

8 особей озерной лягушки (*Pelophylax ridibundus Pallas, 1771*) в течение лета 2023 г. содержались в огороженном летнем вольере в диапазоне температуры воздуха от 15 до 23°C при питании природными кормами (живыми беспозвоночными). После этого лягушки были отправлены в зимовку при температуре 4°C на 1 месяц, затем 2 недели содержались в бассейне, и производилась гормональная стимуляция амфибий. Для стимуляции созревания половых продуктов лягушкам внутримышечно вводили биологический препарат «Гонадотропин хорионический» (500 МЕ) в смеси с ветеринарным препаратом «Сурфагон» (5 мкг/мл) 1:1 в дозе 0,2 мл на особь (в среднем 2,86 мл/кг) по методам, описанным в литературе [3, 4]. При этом дозы препаратов были рассчитаны в соответствии с массой тела (рис. 1).

Кровь отбирали из подколенной вены, инъецируя гепаринизированным инсулиновым шприцем район внутренней поверхности коленного сустава (рис. 2).

Измеряли: СОЭ по методу Панченкова, количество гемоглобина в г/л по методу Сали, количество эритроцитов в камере Горяева с пересчетом на 1 л крови, лейкограмма (в процентах на 100 клеток) при исследовании тонких мазков крови, окрашенных по Паппенгейму. При обработке результатов пользовались критерием Манна-Уитни в программе STATISTICA 7.0. Достоверными считались различия при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

Лягушки успешно перенесли спячку и гормональную стимуляцию, после которой на следующий день наблюдался успешный нерест со 100%-ным оплодотворением икры.

Количество гемоглобина и скорость оседания эритроцитов лягушки до нереста и после него не имели достоверных отличий (табл. 1).

Имеются данные о рыбах, у которых в посленерестовый период наблюдается падение уровня гемоглобина [12]. Общее количество эритроцитов у лягушек после нереста с высокой степенью достоверности снижается почти в 3 раза по сравнению с показателем до нереста.

Микроскопическая картина крови лягушек показана на рисунке 3.



Рис. 1. Гормональные инъекции лягушкам

Fig. 1. Hormonal injections to the frogs



Рис. 2. Отбор проб крови у лягушек

Fig. 2. Blood sampling from the frogs

Таблица 1

Гематологические показатели лягушек в разные физиологические периоды

Показатели	Лягушки до нереста	Лягушки после нереста
Гемоглобин, г/л	58,3±7,9	46,5±9,0
СОЭ, мм/ч	8,0±1,0	8,5±1,0
Кол-во эритроцитов, $\times 10^{12}$ клеток/л	0,26±0,02	0,08±0,01***
Лейкоцитарная формула, %		
Бластные клетки миелоидного ряда	6,1±1,2	3,2±1,3
Палочкоядерные нейтрофилы	3,2±1,3	1,9±0,8
Сегментоядерные нейтрофилы	10,6±2,0	3,5±1,5**
Эозинофилы	3,2±0,4	0,5±0,3***
Базофилы	0	1,1±0,5***
Моноциты	1,5±0,4	3,3±0,5**
Лимфоциты	75,4±6,4	86,5±5,3

Примечание. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,02$; *** $p \leq 0,01$.

Table 1

Hematological indicators of the frogs in different physiological periods

Indicators	Frogs before spawning	Frogs after spawning
Hemoglobin, g/l	58.3±7.9	46.5±9.0
ESR, mm/h	8.0±1.0	8.5±1.0
Number of red blood cells, $\times 10^{12}$ cells/l	0.26±0.02	0.08±0.01***
Leucogram, %		
Myeloid blast cells	6.1±1.2	3.2±1.3
Stab neutrophils	3.2±1.3	1.9±0.8
Segmented neutrophils	10.6±2.0	3.5±1.5**
Eosinophils	3.2±0.4	0.5±0.3***
Basophils	0	1.1±0.5***
Monocytes	1.5±0.4	3.3±0.5**
Lymphocytes	75.4±6.4	86.5±5.3

Note. * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.02$; *** $p \leq 0.01$.

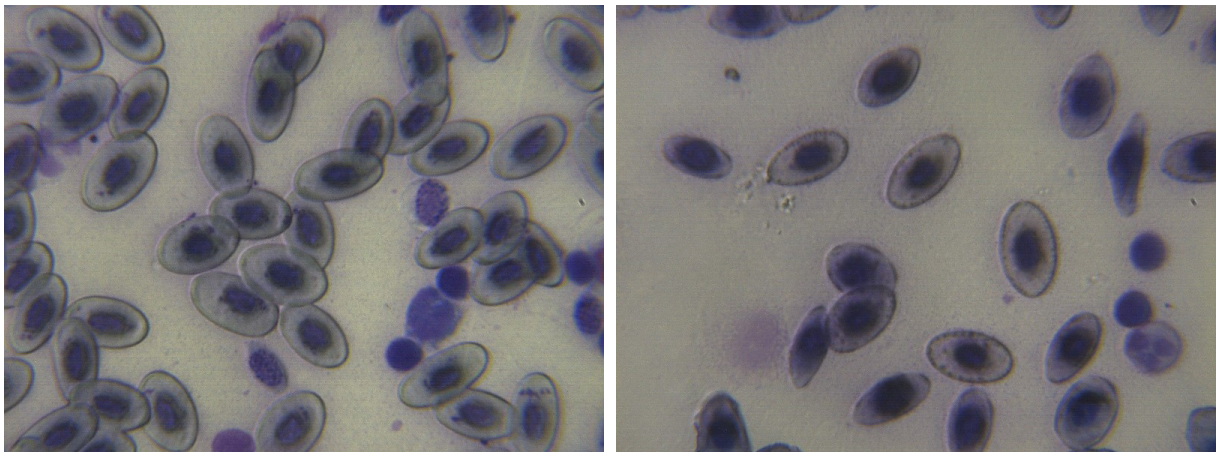


Рис. 3. Картина крови озерной лягушки. Микроскопирование, увеличение 10×90

Fig. 3. Hematological status of a marsh frog. Microscopy, 10×90 magnification

Доли бластных форм гранулоцитов (миелобласты, миелоциты) и палочкоядерных нейтрофилов в лейкограмме лягушек до нереста и после него достоверно не изменились, что является косвенным свидетельством того, что усиление лейкопоза не происходило. Содержание данных форменных элементов в норме в литературе не описано, но известно, что это может быть связано с диффузным характером кроветворения у амфибий, которое происходит интраваскулярно в периферической крови, даже у животных, находящихся в состоянии анабиоза [13].

Относительное количество нейтрофилов (в большей степени зрелых сегментоядерных форм) в лейкоцитарной формуле лягушек после нереста снизилось, что, вероятно, обусловлено расхождением этих клеток в процессе резорбции гонад. То же можно сказать и об эозинофилах, процент которых к лейкограмме крови лягушек после нереста снижается.

Доля базофилов возрастает после нереста как усиление иммунной защиты. Известно, что эти клетки выделяют специфические гранулы, содержащие

гистамин, гепарин, серотонин и другие медиаторы воспаления [14]. Однако показатель находится в пределах референтных значений, определенных для лягушек [7, 10]. Относительное число моноцитов после нереста увеличилось почти в 3 раза. Это, возможно, свидетельствует об активации моноцитарно-макрофагального звена иммунитета в результате резорбции остатков половых продуктов в гонадах.

Достоверные изменения процента лимфоцитов у лягушек после нереста не отмечены.

Выводы

Conclusions

Таким образом, после нереста у озерной лягушки значительно снижается количество эритроцитов, что связано с физиологическими процессами и усиленным тканевым дыханием в процессе созревания и резорбции остатков гонад. Усиливается моноцитарно-макрофагальный иммунитет: возрастает доля моноцитов в лейкограмме крови за счет зрелых сегментоядерных нейтрофилов и эозинофилов.

Список источников

1. Ван Х.Д., Мукатова М.Д., Сколков С.А. О возможности использования озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в качестве пищевого сырья // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство»*. 2013. № 1. С. 190-193. EDN: PZXFER
2. Минеева О.В., Минеев А.К. Особенности гематологических параметров озерной лягушки *Rana ridibunda* Pallas, 1771 Саратовского водохранилища // *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. 2014. Т. 23, № 2. С. 178-184. EDN: SIMQFZ
3. Uteshev V.K., Shishova N.V., Kaurova S.A., Manokhin A.A., Gakhova E.N. Collection and cryopreservation of hormonally induced sperm of pool frog (*Pelophylax lessonae*). *Russian Journal of Herpetology*. 2013;20(2):105-109. EDN: QGQPRT
4. Kouba A.J., del Barco-Trillo J., Vance C.K., Milam C., Carr M.A. Comparison of human chorionic gonadotropin and luteinizing hormone releasing hormone on the induction of spermiation and amplexus in the American toad (*Anaxyrus americanus*). *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2012;10:59. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-59>
5. Meesawat S., Kitana N., Kitana J. Hematology of Wild Caught *Hoplobatrachus rugulosus* in Northern Thailand. *Asian Herpetological Research* 2016;7(2): 131-138. <https://doi.org/10.16373/j.cnki.ahr.150037>
6. Романова Е.Б., Николаев В.Ю. Иммунофизиологические характеристики популяций зеленых лягушек урбанизированных территорий // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. Т. 16, № 5(1). С. 616-622.
7. Желанкин Р.В. Изменения морфологических и физиологических показателей взрослых особей

References

1. Van Kh.D., Mukatova M.D., Skolkov S.A. On possibility of use of lake frog (*Rana ridibunda*) as a raw material. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2013;1:190-193. (In Russ.)
2. Mineeva O.V., Mineev A.K. Features of hematological parameters of lake frog *Rana ridibunda* Pallas, 1771 of the Saratov reservoir. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii*. 2014;23(2):178-184. (In Russ.)
3. Uteshev V.K., Shishova N.V., Kaurova S.A., Manokhin A.A., Gakhova E.N. Collection and cryopreservation of hormonally induced sperm of pool frog (*Pelophylax lessonae*). *Russian Journal of Herpetology*. 2013;20(2):105-109.
4. Kouba A.J., del Barco-Trillo J., Vance C.K., Milam C., Carr M.A. Comparison of human chorionic gonadotropin and luteinizing hormone releasing hormone on the induction of spermiation and amplexus in the American toad (*Anaxyrus americanus*). *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2012;10:59. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-59>
5. Meesawat S., Kitana N., Kitana J. Hematology of Wild Caught *Hoplobatrachus rugulosus* in Northern Thailand. *Asian Herpetological Research* 2016, 7(2): 131-138. <https://doi.org/10.16373/j.cnki.ahr.150037>
6. Romanova E.B., Nikolaev V.Yu. Immunophysiological characteristics of the populations of green frogs in urban territory. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2014;16(5-1):616-622. (In Russ.)
7. Zhelankin R.V. Changes in morphological and physiological parameters of adult individuals of the lake frog

озерной лягушки на разных фазах технологии их нагула и разведения // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2021. № 10 (189). С. 44-56. <https://doi.org/10.33920/sel-09-2110-04>

8. Присный А.А., Кулько С.В., Пигалева Т.А. Влияние постоянного магнитного поля на показатели системы крови и созревание сперматозоидов *Rana ridibunda* Pall // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Естественные науки»*. 2011. № 3 (98). С. 141-144. EDN: ORHMNV

9. Arian H., Çiçek K. Haematology of amphibians and reptiles: a review. *Journal of zoology*. 2014;10(1):190-209. https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v10n1/nwjz_143501_Cicek.pdf

10. Иванов А.А., Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. *Гематология пойкилотермных гидробионтов*: Монография. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 133 с. EDN: XSWJIL

11. Peskova T.Yu., Bachevskaya O.N., Plotnikov G.K. Hematological Indices of the Lake Frog *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Ranidae, Anura) Inhabiting Reservoirs in the Northwestern Ciscaucasia with Various Pollution Types. *Current Studies in Herpetology*. 2019;19(1-2):40-45. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-1-2-40-45>

12. Микряков В.Р., Микряков Д.В. Иммунологическая индикация здоровья рыб // *Вопросы ихтиологии*. 2015. Т. 55, № 1. С. 119-123. <https://doi.org/10.7868/S0042875215010129>

13. Шаповалова К.В. *Адаптивные реакции костного мозга и развитие окислительного стресса у прудовых и озерных лягушек, обитающих в различных гидрохимических условиях среды*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2020. 23 с.

14. Пронина Г.И., Колоскова О.В. *Практикум по патологической физиологии животных*: Учебное пособие. М.: Лань, 2021. 336 с.

at different phases of technology of their feeding and breeding. *Fish Breeding and Fisheries*. 2021;10(189):44-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.33920/sel-09-2110-04>

8. Prisny A.A., Kulko S.V., Pigaleva T.A. Influence of a constant magnetic field on morphophysiology parameters of blood system and sperm cells of *Rana ridibunda* Pall. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*. 2011;3(98):141-144. (In Russ.)

9. Arian H., Çiçek K. Haematology of amphibians and reptiles: a review. *Journal of Zoology*. 2014;10(1):190-209. https://biozoojournals.ro/nwjz/content/v10n1/nwjz_143501_Cicek.pdf

10. Ivanov A.A., Pronina G.I., Koryagina N.Yu. *Haematology of poikilothermic hydrobionts*: monograph. Irkutsk, Russia: ООО "Megaprint", 2018:133. (In Russ.)

11. Peskova T.Yu., Bachevskaya O.N., Plotnikov G.K. Hematological Indices of the Lake Frog *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Ranidae, Anura) Inhabiting Reservoirs in the Northwestern Ciscaucasia with Various Pollution Types. *Current Studies in Herpetology*. 2019;19(1-2):40-45. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-1-2-40-45>

12. Mikryakov V.R., Mikryakov D.V. Immunological indication of fish health. *Journal of Ichthyology*. 2015;55(1):119-123. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0042875215010129>

13. Shapovalova K.V. *Adaptive reactions of bone marrow and development of oxidative stress in pond and lake frogs living in different hydrochemical conditions of the environment*: CSc (Bio) thesis abstract: 03.02.08. Nizhny Novgorod, Russia: Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, 2020:23. (In Russ.)

14. Pronina G.I., Koloskova O.V. *Practicum on pathological physiology of animals*: textbook. Moscow, Russia: Lan', 2021:336. (In Russ.)

Сведения об авторах

Роман Викторович Желанкин, младший научный сотрудник лаборатории познавательных процессов и математической психологии, ФГБНУ Институт психологии РАН, 129366, Россия, г. Москва, Ярославская ул., 13 к. 1; e-mail: zhelankin86@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9865-3744>

Галина Иозепоовна Пронина, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

Information about the authors

Roman V. Zhelankin, Junior Research Associate, Laboratory of Cognitive Processes and Mathematical Psychology, Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, (13 Yaroslavskaya St., Moscow, 129366, Russian Federation); e-mail: zhelankin86@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9865-3744>

Galina I. Pronina, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

Статья поступила в редакцию 12.05.2024
Одобрена после рецензирования 18.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 12, 2024
Approved after reviewing June 18, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 639.517: 639.51: 576.3

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-75-79>



Прижизненное исследование гемолимфы красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) при искусственном разведении

Николай Константинович Юдин, Галина Иозеповна Пронина,
Эдуард Владимирович Бубунец, Алексей Васильевич Жигин

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

Автор, ответственный за переписку: Галина Иозеповна Пронина; gidrobiont4@yandex.ru

Аннотация

Красноклещевого рака начали разводить в промышленных условиях относительно недавно. Важно контролировать и оценивать физиологическое состояние разводимых объектов и определять критерии оценки, а также референтные значения показателей гемолимфы как циркулирующей жидкости. В приведенных материалах излагаются результаты прижизненного исследования гемолимфы австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*). Определены референтные значения показателей клеточного состава гемолимфы. Выявлен ряд гендерных различий: значение общего числа гемоцитов у самцов выше; доля полугранулоцитов в гемограмме самцов больше, чем у самок, гранулоцитов и ювенильных форм гемоцитов, соответственно, ниже. Полученные результаты могут быть использованы для прижизненной оценки физиологического состояния австралийских красноклещевых раков при выращивании в установках с замкнутым водоиспользованием в промышленных условиях.

Ключевые слова

гематология, гемолимфа, речные раки, австралийский красноклещевый рак, гемоцит

Благодарности

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

Для цитирования

Юдин Н.К., Пронина Г.И., Бубунец Э.В., Жигин А.В. Прижизненное исследование гемолимфы красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) при искусственном разведении // Тимирязевский биологический журнал. 2024. Т. 2, № 2. С. 75-79. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-75-79>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-75-79>



Lifetime study of hemolymph of the red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) under artificial culture conditions

Nikolay K. Yudin, Galina I. Pronina, Eduard V. Bubunets, Alexey V. Zhigin

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

Corresponding author: Galina I. Pronina; gidrobiont4@yandex.ru

Abstract

The red claw crayfish has only recently been farmed under industrialized conditions. It is important to monitor and evaluate the physiological state of cultured animals and to establish assessment criteria and reference values for hemolymph parameters as a circulating fluid. The results of a lifetime study of the hemolymph of the Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) are presented. Reference values of indicators of cellular composition of the hemolymph were determined. A number of gender differences were revealed: the value of the total number of hemocytes is higher in males; the proportion of semi-granulocytes in the hemogram of males is higher than in females, granulocytes and juvenile forms of hemocytes are correspondingly lower. The results obtained can be used to assess the physiological state of the Australian red claw crayfish during their life cycle in closed water systems under industrial conditions.

Keywords

Hematology, hemolymph, river crayfish, Australian red claw crayfish, hemocyte

Acknowledgments

The article was prepared on the basis of the results of the report at the International Scientific and Practical Conference “Current Problems of Animal Physiology” dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, 2024, Moscow, Russia).

For citation

Yudin N.K., Pronina G.I., Bubunets E.V., Zhigin A.V. Lifetime study of hemolymph of the red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) under artificial culture conditions. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):75-79. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-75-79>

Введение Introduction

В России потребление речных раков традиционно основывалось лишь на эксплуатации природных запасов, но они в настоящее время сильно истощены, и для стабильного, рентабельного промысла раков возникла необходимость в их искусственном воспроизводстве.

Древнейшим способом разведения раков является интродукция – искусственное вселение производителей в водоемы, где они прежде отсутствовали. При успешном проведении интродукции в северных районах страны промысел в заселенном водоеме может быть развернут через 7-10 лет, в южных районах – через 5-8 лет. Повторные посадки производителей могут сократить этот срок в 2 раза. Для вселения раков подходят чистые незамерзшие водоемы глубиной 1,5-2 м. В Карелии и других регионах северо-запада России к интродукции рекомендуется широкопалый рак, а в южных регионах – узкопалый [1, 2].

В современном раководстве применяют индустриальные способы разведения, которые позволяют управлять гидрохимическими, температурными и другими факторами среды, а также регулировать количество выращиваемого посадочного материала.

Главные задачи искусственного выращивания раков заключаются в получении производителей, которые только один раз в год дают потомство, выращивании жизнестойкой молоди с применением искусственного кормления, в снижении каннибализма в период подращивания. Почти все промышленные методы выращивания раков так или иначе подразумевают добычу производителей из природы. В основном осуществляется отлов икряных самок, которые в целях адаптации изначально помещаются в бассейны, и лишь затем – в инкубаторы.

Вместе с тем, несмотря на большое количество исследований по биологии и культивированию аборигенных видов речных раков (главным образом широкопалого и длиннопалого), в силу целого комплекса причин (биологических и экономических) опыт их искусственного воспроизводства в целом

остается нереализованным. В сложившихся условиях альтернативой выращиванию долгорастущих нативных видов речных раков для повышения продуктивности аквакультуры ракообразных в России является введение в нее новых, быстрорастущих тропических видов. Одним из них является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus*¹. Внедрение его в мировую аквакультуру было начато в 80-е гг. прошлого столетия. Он обладает рядом преимуществ над отечественными видами речных раков, а именно: высокой скоростью роста, меньшей требовательностью к условиям содержания, относительно низкими агрессивностью и склонностью к каннибализму.

Красноклешневый рак достигает весьма крупных размеров: длина тела может достигать 25 см, масса тела – 500 г. При этом самцы крупнее самок. Половая зрелость наступает в 7-12-месячном возрасте при длине тела 6-10 см. Окраска особей – зеленовато-бурая с синими элементами и желтыми пестринами. Для самцов характерно наличие яркого оранжевого пятна на внешней стороне клешни. В естественных условиях раки всеядны.

В природе населяют пресные водоемы севера Австралии (северо-запад Квинсленда и Северной Территории), и отчасти – Папуа-Новой Гвинеи, что связано с теплолюбивостью вида. При выращивании рекомендуется температура 23-31°C. Смертельную опасность представляют температуры ниже 10°C и выше 36°C². В связи с этим все возможные варианты культивирования красноклешневого рака в нашей стране подразумевают использование установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) [3].

Важной задачей современной зоотехнии и ветеринарии является исследование гематологических показателей животных. Кровеносная система отражает полный спектр морфобиохимических процессов и реактивности организма, любые

¹ Monatsberichte der Königlich Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin. *Biodiversitylibrary.org*. 2024;1868. Accessed May 13, 2024. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/35990130#page/643/mode/1up>.

² Жигин А.В. Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ): Дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2002. 331 с.

изменения, происходящие в организме, тесно связаны с ее физико-химическими и морфологическими показателями³. Состав крови отражает и общее устройство организма, и различные аспекты промежуточного обмена веществ. Это означает, что гематологические показатели имеют связь и с продуктивными качествами объектов аквакультуры. Кровь, будучи жидкой тканью, представляет собой важный компонент внутренней среды организма, что участвует в поддержании кислотно-основного, температурного, клеточного гомеостаза, осуществляет защитную, транспортную, трофическую, терморегуляторную функции, омывает все клетки, доставляя к ним необходимые вещества и унося продукты обмена [4]. Знание особенностей клеточного состава животных позволяет достоверно судить об их физиологическом состоянии, что особенно актуально для объектов аквакультуры – в частности, беспозвоночных.

Речные раки обладают незамкнутой кровеносной системой. Клеточную часть циркулирующей гемолимфы образуют гемоциты [5]. Большинство исследователей у речных раков признаны 3 типа гемоцитов: агранулоциты, полугранулоциты, гранулоциты [6]. Другой тип клеток гемолимфы, описанный у речных раков (прозрачные клетки), вероятно, является предшественником гемоцитов [7]. Однако число гемоцитов и соотношение разных популяций этих клеток у речных раков малоизучены. Особенно это касается красноклещевого рака, разведение которого в условиях УЗВ начато относительно недавно. Гендерные различия этих показателей также практически не изучались. Тем не менее важными представляются оценка этих параметров у раков и определение референтных значений.

Цель исследований: изучение и сравнительная оценка показателей гемолимфы у самцов и самок красноклещевого рака при содержании в условиях УЗВ.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований были австралийские красноклещевые раки (*Cherax quadricarinatus*) в возрасте 6 месяцев. Масса их тела составляла от 19,1 до 25,3 г при длине 8,5-9,7 см.

Раки содержались в двух одинаковых аквариумах объемом по 180 л с замкнутой системой водоиспользования, терморегуляцией, аэрацией и биологической очисткой воды при плотности посадки 10 шт/м² отдельно по полу. Кормление

осуществлялось один раз в сутки в количестве 0,5% от биомассы раков специализированным комбикормом Tetra Wafer Mix (Германия). Температура воды в течение месяца до проведения эксперимента колебалась в пределах 21,6-27,6 °С; pH – 6,97-7,11; O₂ 6,6-8,4 мг/л. Другие гидрохимические показатели (NH₄⁺, NO₂⁻ и NO₃⁻) соответствовали нормативам⁴.

Гематологическая оценка проводилась микроскопически в нативной гемолимфе в камере Горяева. Гемоцитарная формула определялась методом дифференциального подсчета. Идентифицировали 4 популяции гемоцитов по Г.И. Прониной с соавт. [7]: ГцI (агранулоциты); ГцII (полугранулоциты); ГцIII (гранулоциты); ГцIV (прозрачные клетки). Гемолимфу отбирали прижизненно путем пункции вентрального синуса (рис.).

Общее число гемоцитов (ОЧГ) определяли в нативной гемолимфе в камере Горяева. Подсчитывалось количество клеток в 5 больших квадратах.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Все показатели гемолимфы изучаемых раков находились в пределах физиологической нормы, определенной у речных раков [8]. Отмечено, что общее число гемоцитов (ОЧГ) у самцов достоверно выше, чем у самок, что косвенно может свидетельствовать о высоком газообмене самцов (табл.).



Рис. Отбор гемолимфы у речных раков (*Cherax quadricarinatus*)

Fig. Hemolymph sampling from river crayfish (*Cherax quadricarinatus*)

³ Ковачева Н.П., Александрова Е.Н. Гематологические показатели как индикаторы физиологического состояния декапод: камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и речных раков родов *Astacus* *Pontastacus*. М.: Изд-во ВНИРО, 2010. 92 с.

⁴ Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.

Имеются гендерные различия и в гемограмме раков. С высокой степенью достоверности можно судить о большей доле полугранулоцитов (ГЦ II) у самцов за счет гранулоцитов (ГЦ III) и прозрачных клеток (ГЦ IV), характеризующих более интенсивный гемопоэз самок. Другими авторами также получены данные о большем проценте полугранулоцитов в гемограмме красноклещевого рака [9].

Таблица

Гематологические показатели красноклещевого рака

Показатели	Самцы (n = 5)	Самки (n = 5)
ОЧГ, 10 ⁹ ед/л	1,6±0,09	1,3±0,06*
Гемограмма, %		
ГЦ I	26,3±0,9	27,3±0,7
ГЦ II	49,1±0,6	40,0±2,1***
ГЦ III	21,9±0,6	25,0±0,6**
ГЦ IV	2,7±0,3	7,7±0,9***

*p≤0,05; **p≤0,02; ***p≤0,01.

Выводы

Conclusions

Таким образом, физиолого-иммунологическая оценка речных раков показала их хорошее физиологическое состояние. Определены референтные значения по общему числу гемоцитов: порядка 1,2-1,7 10⁹ ед/л, а также по гемограмме. Выявлены достоверные различия между самцами и самками по показателям клеточного состава гемолимфы:

Список источников

1. Александрова Е.Н. Длиннопалый рак как объект разведения в водоемах бассейна реки Волги // Вестник АГТУ. Серия «Рыбное хозяйство». 2016. № 4. С. 9-17. EDN: XDXTJR
2. Торопов Д.И., Коровин Г.Г., Славнов Б.С., Лавровская Г.Н. и др. *Состояние социально-трудовой сферы села и предложения по ее регулированию: Ежегодный доклад по результатам мониторинга 2007 г.* Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2008. 227 с. EDN: QQAYZN
3. Жигин А.В., Изотова Н.В. Замкнутые системы в аквакультуре – базисная инновация // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2015. № 31. С. 52-66. EDN: VCJLZV.
4. Pronina G.I., Koryagina N.Y., Trenkler I.V. Influence of rusty-spotted disease on river crayfish in aquaculture. *AACL Bioflux*. 2022;15(1):407-414. EDN: HYTQID.

Однако имеются работы, в которых показана наибольшая доля гранулоцитов в гемоцитарной формуле красноклещевого рака при меньшем проценте полугранулоцитов, и при этом клетки-предшественники (прозрачные клетки) не идентифицировались [10].

После отбора гемолимфы для исследований выживаемость особей составила 100%.

Table

Hematological indicators of the red claw crayfish

Indicators	Males (n = 5)	Females (n = 5)
Total number of hemocytes, 10 ⁹ unit/l	1.6±0.09	1.3±0.06*
Hemogram, %		
Agranulocytes	26.3±0.9	27.3±0.7
Semi-granulocytes	49.1±0.6	40.0±2.1***
Granulocytes	21.9±0.6	25.0±0.6**
Clear cells	2.7±0.3	7.7±0.9***

Note: * – p≤0.05. ** – p≤0.02. *** – p≤0.01

у самцов больше общее число гемоцитов. С высокой степенью достоверности можно говорить о большей доле полугранулоцитов у самцов за счет гранулоцитов, и особенно – клеток-предшественников прозрачных клеток.

Представленные референтные значения могут быть использованы для прижизненной оценки физиологического состояния австралийских красноклещевых раков при выращивании в индустриальных условиях УЗВ.

References

1. Alexandrova E.N. Long clawed crayfish as an object of breeding in water bodies of the River Volga basin. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2016;4:9-17. (In Russ.)
2. Toropov D.I., Korovin G.G., Slavnov B.S., Lavrovskaya G.N. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2007*. Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2008:227. (In Russ.)
3. Zhigin A.V., Izotova N.V. Recirculating aquaculture systems as fundamental innovation. *Voprosy rybno-go khozyaystva Belarusi*. 2015;31:52-66. (In Russ.)
4. Pronina G.I., Koryagina N.Y., Trenkler I.V. Influence of rusty-spotted disease on river crayfish in aquaculture. *AACL Bioflux*. 2022;15(1):407-414.

5. Jeyachandran S., Park K., Kwak I.S., Baskaralingam V. Morphological and functional characterization of circulating hemocytes using microscopy techniques. *Microscopy Research and Technique*. 2020;83(7):736-743. <https://doi.org/10.1002/jemt.23463>
6. Johansson M.W., Keyser P., Sritunyalucksana K., Söderhäll K. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. *Aquaculture*. 2000;191(1-3):45-52.
7. Пронина Г.И., Корягина Н.Ю., Ревякин А.О. Сравнительная оценка речных раков разных видов по биохимическим и гематологическим показателям // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2009. № 4 (24). С. 186-188. EDN: KYHDLT.
8. Пронина Г.И., Корягина Н.Ю. Референсные значения физиолого-иммунологических показателей гидробионтов разных видов // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. 2015. № 4. С. 103-108. EDN: VDPCLR.
9. Скафарь Д.Н., Шумейко Д.В. Гемоциты австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*): морфология и гемограмма // *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2022. Т. 58, № 6. С. 507-519. <https://doi.org/10.31857/S0044452922060109>
10. Ширина Ю.М., Файзулина Д.Р., Конькова А.В., Котельников А.В. и др. Перспективы использования муки из люцерны в составе кормов для австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Рыбное хозяйство»*. 2023. № 1. С. 72-81. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-72-81>

Сведения об авторах

Николай Константинович Юдин, аспирант кафедры аквакультуры и пчеловодства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dartanian777@yandex.ru

Галина Иозеповна Пронина, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

Эдуард Владимирович Бубунец, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: bobunets@rgau-msha.ru

Алексей Васильевич Жигин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zhigin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5526-6904>

5. Jeyachandran S., Park K., Kwak I.S., Baskaralingam V. Morphological and functional characterization of circulating hemocytes using microscopy techniques. *Microscopy Research and Technique*. 2020;83(7):736-743. <https://doi.org/10.1002/jemt.23463>

6. Johansson M.W., Keyser P., Sritunyalucksana K., Söderhäll K. Crustacean haemocytes and haematopoiesis. *Aquaculture*. 2000;191(1-3):45-52.

7. Pronina G.I., Koryagina N.Yu., Revyakin A.O. Comparative assessment of river crayfish of different species on biochemical and hematological indicators. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2009;4(24):186-188. (In Russ.)

8. Pronina G.I., Koryagina N.Yu. Reference values of physiological and immunological indicators of hydrobionts of different species. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2015;4:103-108. (In Russ.)

9. Skafar D.N., Shumeyko D.V. Hemocytes of the Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*): morphology and hemogram. *Zhurnal Evolyutsionnoi Biokhimii i Fiziologii*. 2022;58(6):507-519. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0044452922060109>

10. Shirina Yu.M., Faizulina D.R., Konkova A.V., Kotelnikov A.V. et al. Prospects for using alfalfa flour as part of feed for australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2023;1:72-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-1-72-81>

Information about the authors

Nikolay K. Yudin, postgraduate student at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: dartanian777@yandex.ru

Galina I. Pronina, DSc (Bio), Associate Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: gidrobiont4@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0805-6784>

Eduard V. Bubunets, DSc (Bio), Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: bobunets@rgau-msha.ru

Alexey V. Zhigin, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Aquaculture and Beekeeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: zhigin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5526-6904>

Статья поступила в редакцию 12.05.2024
Одобрена после рецензирования 18.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office May 12, 2024
Approved after reviewing June 18, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 619: 599.323.4: 616.056.2

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>**Ожирение и антисократительные эффекты жировой ткани в регуляции тонуса аорты****Марина Николаевна Панькова**

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Марина Николаевна Панькова; mpankova@bk.ru**Аннотация**

Ожирение – один из существенных факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, которые в настоящее время составляют значительную долю в общем числе патологий и являются одной из основных причин смертности. В то же время механизмы, обуславливающие возникновение патофизиологических процессов при ожирении, изучены недостаточно, а изучение непосредственного влияния периваскулярной жировой ткани на сократительную деятельность сосудов начато относительно недавно. В связи с этим работа проведена с целью исследования сократительной активности аорты крысы в норме и при метаболических нарушениях, вызванных диетой. Работа выполнена в лаборатории физиологии кровеносной и лимфатических систем Института физиологии им. И.П. Павлова РАН. Моделирование ожирения у крыс осуществляли с помощью диеты кафетерия, анализ параметров сократительной деятельности проводили с использованием результатов проволочной миографии изолированных сосудов. Установлено, что при ожирении происходит потеря антисократительного влияния периваскулярной жировой ткани на гладкие мышцы аорты, препятствующего развитию повышенной вазоконстрикции в норме. Выявление существующих причинно-следственных связей между жировой тканью и состоянием сосудистой стенки, определяющей адекватное кровоснабжение тканей, сможет явиться основой новых подходов решения проблемы, связанной с разработкой способов снижения негативного эффекта ожирения.

Ключевые слова

аорта, ожирение, периваскулярная жировая ткань, диета кафетерия, крыса, вазоконстрикция

Благодарности

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

Для цитирования

Панькова М.Н. Ожирение и антисократительные эффекты жировой ткани в регуляции тонуса аорты // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 80-85. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>**Obesity and anticontractile effects of adipose tissue in the regulation of aortic tone****Marina N. Pankova**

Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia

Corresponding author: Marina N. Pankova; mpankova@bk.ru**Abstract**

Obesity is one of the major risk factors for the development of cardiovascular diseases, which currently account for a significant proportion of the total number of pathologies and are one of the main causes of mortality. At the same time, the mechanisms leading to the occurrence of pathophysiological processes in obesity are poorly studied, and the study of the direct influence of perivascular adipose tissue (PVAT) on vascular contractile activity has only recently begun. In this regard, the present study was undertaken to investigate the contractile activity of the rat aorta in normals and in diet-induced metabolic disorders. The work was carried out at the Laboratory of Physiology of Circulatory and Lymphatic Systems of Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences. The modelling of obesity in rats was carried out using

a cafeteria diet, and the analysis of contractile activity parameters was carried out using the results of wire myography of isolated vessels. It was found that obesity results in the loss of the anticontractile effect of perivascular adipose tissue on the aortic smooth muscle preventing the development of increased vasoconstriction in normals. Identifying the existing cause-effect relationships between adipose tissue and the state of the vessel wall, which determines the adequate blood supply to the tissues, may provide the basis for new approaches to solving the problem of developing ways to reduce the negative effects of obesity.

Keywords

aorta, obesity, perivascular adipose tissue, cafeteria diet, rat, vasoconstriction

Acknowledgements

The article was prepared on the basis of the results of the report at the International Scientific and Practical Conference “Current Problems of Animal Physiology” dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, 2024, Moscow, Russia).

For citation

Pankova M.N. Obesity and anticontractile effects of adipose tissue in the regulation of aortic tone. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):80-85. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-80-85>

Введение Introduction

За последние три десятилетия осуществлен переход на новый этап понимания роли жировой ткани (ЖТ) в работе организма как метаболически активной структуры, имеющей взаимовлияющие связи с другими системами. Ранее представления о ней сводились к функции энергетического депо, частичной механической защите органов и участию в терморегуляции. В настоящее время известно значительное количество физиологически активных веществ, продуцируемых адипоцитами и способных оказывать эндокринное действие или реализовывать паракринные влияния. Ожирение характеризуется увеличением размеров (гипертрофией) и/или количества (гиперплазией) адипоцитов жировой ткани, что отражается на функционировании самой жировой ткани, изменяя ее метаболизм. Ожирение является фактором риска кардиометаболических заболеваний. Около 2/3 смертей, связанных с высоким индексом массы тела, у людей происходит вследствие нарушения кровотока [1]. Сосудистый гомеостаз, обеспечивающий адекватное кровоснабжение органов и тканей, требует поддержания строго регулируемого баланса между вазодилатацией и вазоконстрикцией. Этот баланс обеспечивается как сократительной активностью самих гладких мышц, так и влияниями на нее со стороны нервной системы, вазоактивных факторов, циркулирующих в крови или продуцируемых эндотелием. Начиная с начала XXI в. внимание исследователей привлекла периваскулярная жировая ткань (ПВЖТ), вещества, выделяемые которой, могут модулировать сосудистый тонус.

Цель исследований: участие ПВЖТ в сократительных ответах аорты на действие вазоконстрикторного агента фенилэфрина (PhE) в норме и при ожирении, индуцированном использованием диеты кафетерия.

Методика исследований Research method

Исследования проводились с сентября по декабрь 2023 г. В экспериментах были использованы крысы Wistar: половозрелые самцы, возраст 10-11 недель к началу диеты. Они были распределены на 2 группы рандомизированным способом по 6 крыс в каждой. Одна группа получала стандартный корм и являлась контрольной, животных другой (опытной) содержали на диете кафетерия (CAF). В этой модели в состав корма входили ультрапереработанные высококалорийные продукты – такие, как сдоба, печенье, вафли, чипсы и др. Ежедневный пищевой набор включал в себя несколько (4) разных продуктов, и на следующий день его состав был изменен. Кроме того, в его состав был включен 10%-ный раствор сахарозы. У животных был свободный доступ в течение суток как к высококалорийным продуктам и раствору сахарозы, так и к стандартному корму и воде.

Во время содержания на диете проводили еженедельное взвешивание, а в конце оценивали уровень глюкозы в крови с использованием анализатора AccuCheck Active (Германия) и уровень триглицеридов (ТГ) с использованием анализатора Multicare-in (Италия). При проведении глюкозотолерантного теста (ГТТ) раствор глюкозы из расчета 2 г/кг массы тела вводили внутривенно и оценивали динамику изменения уровня глюкозы в крови в течение 120 мин. После эвтаназии определяли массу эпидидимальной жировой ткани.

Дальнейшие исследования реактивности аорты проводили на изолированных сосудах с использованием метода проволочной миографии. Исследуемые препараты представляли собой кольцевые сегменты длиной 2-3 мм, полученные из грудной части аорты. Часть препаратов под бинокулярным увеличением тщательно очищали от окружающей сосуд ПВЖТ. Регистрацию сократительной активности осуществляли с помощью датчика силы FORT-25 (WPI, USA)

и программы регистрации, разработанной в Институте экспериментальной медицины.

Статистическая обработка данных была проведена с использованием программы GraphPad Prism 8.0.1 путем проверки на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. Далее были использованы t-критерий Стьюдента, U-критерий Манна-Уитни (соответственно), ANOVA с поправкой Бонферрони. Полученные данные представлены в виде стандартной ошибки среднего (SEM). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

Диета кафетерия является эффективной моделью для развития ожирения и метаболического синдрома у животных. При ее использовании в данных исследованиях увеличение энергетического прихода достигалось увеличением не только калорийности корма, но и количества его потребления (табл. 1). Наблюдаемая гиперфагия в значительной степени отличает данную диету от монодиет, в которых повышенное количество жиров (или

углеводов) снижает потребление корма и может приводить к снижению веса. Полученные данные, представленные в таблице 1, отражают выраженное увеличение массы тела, причем статистически значимые различия наблюдались уже со второй недели использования CAF.

Масса эпидидимального жира является надежным критерием оценки количества висцерального жира. В таблице представлено его процентное отношение к общей массе крысы, которое показывает значительно более выраженное нарастание висцерального жира относительно результатов увеличения массы тела у животных диетной группы по сравнению с контролем. Многочисленные исследования продемонстрировали связь между эктопическим висцеральным ожирением и метаболическим синдромом, причем независимо от индекса массы тела [2]. Биохимические показатели, характеризующие развитие метаболического синдрома, представлены в таблице 2.

Полученные данные статистически значимо повышали уровни триглицеридов и глюкозы и результаты ГТТ в диетной группе свидетельствовали о нарушении углеводного и липидного обмена.

Таблица 1

Потребление корма, масса тела и количество эпидидимального жира

Параметры	Контроль (n = 6)	CAF (n = 6)
Потребление корма, г/сутки/100 г массы тела	6,6±1,1	9,2±0,9*
Потребление калорий, ккал/сутки/100 г массы тела	17,7±3,0	44,1±4,8*
Масса тела перед началом диеты, г	319,2±6,2	321,7±6,0*
Масса тела на 3-й неделе диеты, г	345,8±7,7	383,3±9,3*
Масса тела по окончании диеты (6 недель), г	411,7±9,2	452,5±14,4*
Масса эпидидимального жира, %	1,35± 0,09	2,73±0,07*

*Различия достоверны, $p < 0,05$.

Table 1

Feed intake, body weight and amount of epididymal fat

Parameters	Control (n = 6)	CAF (n = 6)
Feed intake, g/day/100 g of body weight	6.6±1.1	9.2±0.9*
Calorie intake, kcal/day/100 g of body weight	17.7±3.0	44.1±4.8*
Масса тела перед началом диеты, г	319.2±6.2	321.7±6.0*
Body weight at the 3rd week of the diet, g	345.8±7.7	383.3±9.3*
Body weight at the end of the diet (6 weeks), g	411.7±9.2	452.5±14.4*
Epididymal fat mass, %	1.35± 0.09	2.73±0.07*

*Differences are reliable, $p < 0.05$.

Таблица 2

Уровни триглицеридов и глюкозы в крови натощак, результаты глюкозотолерантного теста (ГТТ)

Параметры	Контроль (n = 6)	CAF (n = 6)
Уровень триглицеридов в крови натощак, мМ/л	0,73±0,07	1,76±0,13*
Уровень глюкозы в крови натощак, мМ/л	4,70±0,19	7,62±0,34*
Максимальный уровень глюкозы в крови в ГТТ, мМ/л	14,07±0,98	18,35±1,04*
Конечный уровень глюкозы в крови в ГТТ, мМ/л	6,05±0,33	8,31±0,43*
Площадь под кривой в ГТТ	45,67±1,54	70,01±1,95*

*Различия достоверны, $p<0,05$.

Table 2

Fasting triglyceride and blood glucose levels, glucose tolerance test (GTT) results

Parameters	Control (n = 6)	CAF (n = 6)
Fasting blood triglyceride level, mM/l	0.73±0.07	1.76±0.13*
Fasting blood glucose level, mM/l	4.70±0.19	7.62±0.34*
Maximum blood glucose level in the GTT, mM/l	14.07±0.98	18.35±1.04*
Final blood glucose level in the GTT, mM/l	6.05±0.33	8.31±0.43*
Area under the curve in the GTT	45.67±1.54	70.01±1.95*

*Differences are reliable, $p<0.05$.

Далее по результатам миографического исследования была проведена оценка реактивности аорты на действие PhE в диапазоне концентраций от 10^{-9} до 10^{-5} М/л. Основное внимание было уделено изменениям величины сократительных ответов в присутствии ПВЖТ и при ее удалении, что позволило сделать заключение о ее непосредственном участии в регуляции сосудистого тонуса. ПВЖТ окружает подавляющее большинство кровеносных сосудов (рис. 1), и за исключением некоторых регионарных и видовых особенностей, ее отсутствие отмечено только в сосудах головного мозга.

Для оценки сократительной способности препаратов аорты использовали гиперкалиевый раствор (60 мМ), и в дальнейшем максимальные сократительные ответы на введение фенилэфрина выражали в процентном отношении к зарегистрированному ответу на КСІ. В контрольной группе удаление ПВЖТ приводило к усилению сократительных ответов на Ph E. Это согласуется с данными других исследователей [3] о том, что ПВЖТ продуцирует релаксирующие факторы, которые оказывают влияние на гладкие мышцы сосудов паракринным образом. Однако у крыс диетной группы достоверных различий в величине сократительных ответов в присутствии ПВЖТ и при ее отсутствии зарегистрировано не было (рис. 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в нормальных условиях ПВЖТ препятствует вазоконстрикции, вызываемой стимуляцией адренорецепторов



Рис. 1. Грудная часть аорты (в центре) в окружении ПВЖТ
Fig. 1. Thoracic part of the aorta (centre) surrounded by PVAT

Ph E. Это антисократительное действие исчезает после 6 недель содержания животных на CAF-диете. В настоящее время предложен целый ряд веществ, которые вырабатываются в ПВЖТ и могут выполнять роль релаксирующего фактора. Среди них особый интерес представляет оксид азота (NO), так как он является наиболее известным эндотелий-производным релаксирующим фактором, продукция которого нарушается при использовании высококалорийных диет. Однако, как было показано в последние годы, экспрессия эндотелиальной NO-синтазы выявлена и в адипоцитах ПВЖТ [4], но вазорелаксационное действие NO, вырабатываемого ПВЖТ, до настоящего времени остается спорным. Возможно, имеющиеся противоречивые данные обусловлены гетерогенностью самой ПВЖТ [5].

Ряд экспериментов в данных исследованиях был проведен в условиях ингибирования eNOS путем предварительной инкубации в течение 20 мин с L-NAME. На рисунке 3 представлены сократительные ответы на действие PhE в высоких концентрациях у контрольных животных. Величина ответов после инкубации с L-NAME была достоверно увеличена по сравнению с интактными препаратами. Для сравнения приведены ответы

кольцевых сегментов без ПВЖТ. Это доказывает антисократительное действие на гладкие мышцы аорты NO, продуцируемого ПВЖТ. Выраженность этого влияния была не такой значительной, как у NO эндотелиального происхождения. В опытной группе достоверных различий величин сократительных ответов у интактных препаратов и на фоне использования L-NAME зарегистрировано не было.

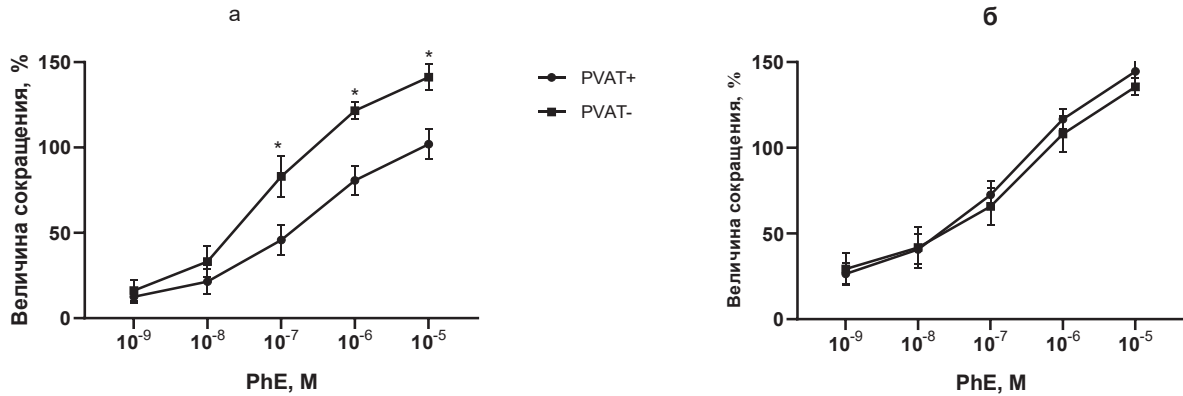


Рис. 2. Сократительные ответы кольцевых сегментов аорты:

а) контрольная группа; б) после диеты кафетерия

Величина сокращения выражена в процентном отношении к зарегистрированному ответу на KCl (60 mM). Данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SEM; * – различия между группами достоверны ($p < 0,05$)

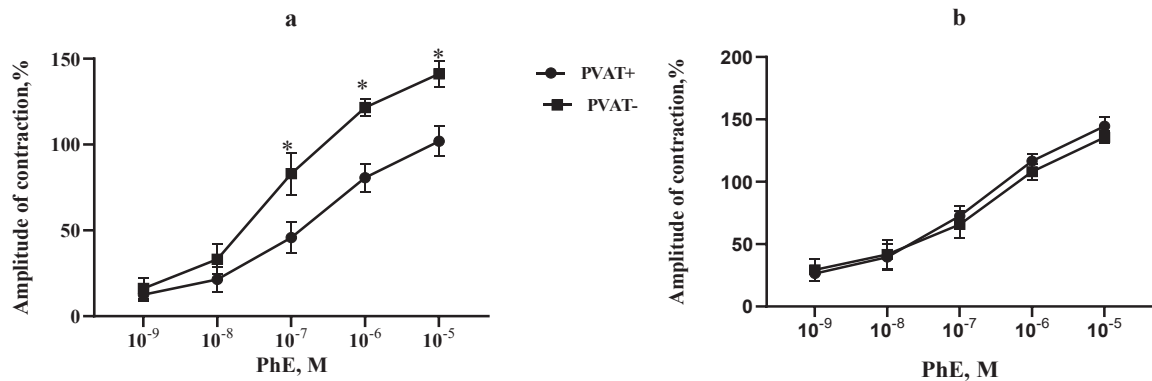


Fig. 2. Contractile responses of aortic annular segments

a) control group; b) after cafeteria diet

The magnitude of contraction is expressed as a percentage of the recorded response to KCl (60 mM).

Data are presented as mean $\pm$ SEM; * – differences between groups are significant ($p < 0.05$)

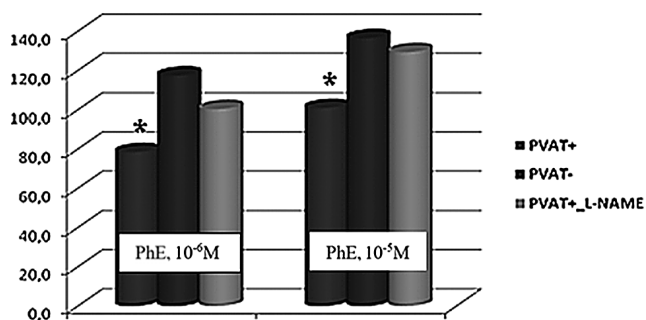


Рис. 3. Сократительные ответы кольцевых сегментов аорты крыс контрольной группы на действие PhE в условиях ингибирования eNOS (L-NAME, 10^{-4} M). Данные представлены в виде среднего значения $\pm$ SEM; * – в представленной концентрации различия достоверны ($p < 0,05$)

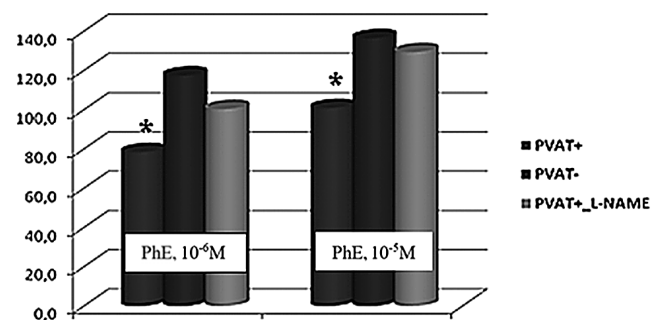


Fig. 3. Contractile responses of aortic annular segments of control group rats to PhE action under eNOS inhibition (L-NAME, 10^{-4} M).

Data are presented as mean $\pm$ SEM;

* – in the presented concentration the differences are reliable ($p < 0.05$)

Утрата антисократительного влияния NO после высококалорийной диеты может быть обусловлена снижением как его продукции ПВЖТ, так и чувствительности сосудистых гладких мышц к его действию. С целью проверки изменения реактивности аорты к NO были оценены релаксационные ответы на экзогенный NO, образующийся при введении его донатора нитропруссид натрия. Вызванная вазодилатация статистически не отличалась у контрольных и опытных животных, что свидетельствует о том, что чувствительность гладких мышц сосудов к NO не изменилась.

Выводы Conclusions

В исследованиях было продемонстрировано, что периваскулярная жировая ткань является важным звеном системы регуляции сосудистого

тонуса. В ее присутствии сократительные ответы аорты на действие вазоконстрикторного агента фенилэфрина были снижены, что частично может объясняться продукцией ею оксида азота.

В ходе проведенной работы подтверждено, что диета кафетерия является эффективной моделью для развития признаков метаболического синдрома и ожирения. При ее применении в течение 6 недель у крыс были зарегистрированы увеличение (по сравнению с контролем) массы тела и количества висцерального жира, нарушение углеводного и липидного обмена, проявляющегося повышением уровней триглицеридов и глюкозы в крови натощак и в ходе проведения ГТТ.

Ожирение и метаболические нарушения, вызванные диетой, приводят к утрате антисократительного влияния ПВЖТ на сосудистый тонус, которое в норме препятствует повышенной вазоконстрикции.

Список источников

1. Roth G.A., Mensah G.A., Johnson C.O., Addolorato G. et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD2019 Study // *GBD-NHLBI-JACC Global Burden of Cardiovascular Diseases Writing Group*. 2020. 6(25):2982-3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
2. Piché M. – E., Tchernof A., Després J. – P. Obesity Phenotypes, Diabetes and Cardiovascular Diseases // *Circulation research*. 2020. 126(11):1477-1500. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.316101>
3. Gil-Ortega M., Somoza B., Huang Y., Gollasch M. et al. Regional differences in perivascular adipose tissue impacting vascular homeostasis // *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2015. 26(7):367-375. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2015.04.003>
4. Xia N., Horke S., Habermeier A., Closs E.I. et al. Uncoupling of Endothelial Nitric Oxide Synthase in Perivascular Adipose Tissue of Diet-Induced Obese Mice // *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2016. 36:78-85. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.115.306263>
5. Antoniadou C., Tousoulis D., Vavilakis M., Fleming I. et al. Perivascular adipose tissue as a source of therapeutic targets and clinical biomarkers // *European Heart Journal*. 2023. 44(38):3827-3844. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad484>

Сведения об авторе

Марина Николаевна Панькова, кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия; 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, набережная Макарова, д.6; e-mail: mpankova@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6351-7934>

Статья поступила в редакцию 11.05.2024
Одобрена после рецензирования 12.06.2024
Принята к публикации 16.06.2024

References

1. Roth G.A., Mensah G.A., Johnson C.O., Addolorato G. et al. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD2019 Study. *GBD-NHLBI-JACC Global Burden of Cardiovascular Diseases Writing Group*. 2020;6(25):2982-3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
2. Piché M. – E., Tchernof A., Després J. – P. Obesity Phenotypes, Diabetes and Cardiovascular Diseases. *Circulation research*. 2020;126(11):1477-1500. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.120.316101>
3. Gil-Ortega M., Somoza B., Huang Y., Gollasch M. et al. Regional differences in perivascular adipose tissue impacting vascular homeostasis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2015;26(7):367-375. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2015.04.003>
4. Xia N., Horke S., Habermeier A., Closs E.I. et al. Uncoupling of Endothelial Nitric Oxide Synthase in Perivascular Adipose Tissue of Diet-Induced Obese Mice. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2016;36:78-85. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.115.306263>
5. Antoniadou C., Tousoulis D., Vavilakis M., Fleming I. et al. Perivascular adipose tissue as a source of therapeutic targets and clinical biomarkers. *European Heart Journal*. 2023;44(38):3827-3844. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad484>

Information about the author

Marina N. Pankova, CSc (Bio), Associate Professor, Research Associate, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences (6 Makarov Embankment, Saint-Petersburg, 199034, Russian Federation); e-mail: mpankova@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6351-7934>

The article was submitted to the editorial office May 11, 2024
Approved after reviewing June 12, 2024
Accepted for publication June 16, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.52/.58: 615.272: 591.18: 636.5.033

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90>



Показатели стресс-устойчивости у цыплят-бройлеров при использовании стресс-протекторных препаратов

Екатерина Андреевна Мурадян, Виктория Игоревна Макаева

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

Автор, ответственный за переписку: Екатерина Андреевна Мурадян; muradyan@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье рассмотрены различные методы диагностики стрессовой реакции у цыплят-бройлеров и влияние стресс-корректирующих препаратов на индикаторы стресса. В качестве стрессора в нашем исследовании выступала плотность посадки. Увеличение плотности посадки оказывает значительное влияние на антиоксидантный статус организма цыплят. Добавление стресс-протекторных препаратов в рацион бройлеров снижает негативный эффект стресс-факторов. Оценка стресс-чувствительности с помощью метода тонической неподвижности является перспективной в предупреждении падежа в птицеводстве.

Ключевые слова

цыплята-бройлеры, стресс-протекторные препараты, гидроксизин, аскорбиновая кислота, тоническая неподвижность, супероксиддисмутаза (СОД), каталаза

Благодарности

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

Для цитирования

Мурадян Е.А., Макаева В.И. Показатели стресс-устойчивости у цыплят-бройлеров при использовании стресс-протекторных препаратов // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 86-90. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90>



Indicators of stress resistance in broiler chickens when using anti-stress drugs

Ekaterina A. Muradyan, Victoria I. Makaeva

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

Corresponding author: Ekaterina A. Muradyan; muradyan@rgau-msha.ru

Abstract

This article discusses different methods for diagnosing stress response in broiler chickens and the effect of stress-correcting drugs on stress indicators. Stocking rate was used as a stressor in our study. Its increase has a significant effect on the anti-oxidant status of the chick's body. The addition of anti-stress drugs to broiler diets reduces the negative effect of stressors. The assessment of stress sensitivity using the tonic immobility method is promising for the prevention of mortality in poultry production.

Keywords

broiler chickens, anti-stress drugs, hydroxyzine, ascorbic acid, tonic immobility, superoxide dismutase (SOD), catalase

Acknowledgements

The article was prepared on the basis of the results of the report at the International Scientific and Practical Conference “Current Problems of Animal Physiology” dedicated to the 155th anniversary of the Department of Animal Physiology of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (March 28-29, 2024, Moscow, Russia).

For citation

Muradyan E.A., Makaeva V.I. Indicators of stress resistance in broiler chickens when using anti-stress drugs. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):86-90. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-86-90>

Введение **Introduction**

Стресс – это состояние, при котором живой организм стремится восстановить нарушенный гомеостаз [1]. Современное птицеводство в связи с интенсификацией процессов в отрасли напрямую сопряжено с активным воздействием различных стрессоров на поголовье домашней птицы. Это влечет за собой развитие патологических процессов в разных системах органов, снижение массы тела, конверсии корма и резистентности к заболеваниям, что в свою очередь приводит к падежу [2].

Клиническими проявлениями стресса у бройлеров можно считать пониженный аппетит вплоть до полного отказа от корма, учащенное дыхание через широко раскрытый клюв, цианоз видимых слизистых оболочек, гребня и сережек, гипертермию, мышечный тремор, повышенную возбудимость, страх, взъерошенное оперение и выпадение перьевого покрова. Во время реакции на стрессор в организме птицы выделяются гормоны стресса, оказывающие негативное влияние на метаболизм [3].

Измерение уровня кортикостерона в сыворотке крови, в слепом и толстом отделах кишечника и перьях в качестве показателя стресса является одним из распространенных методов определения стресс-чувствительных цыплят-бройлеров. Немаловажную роль занимают динамика соотношения гетерофилов к лимфоцитам и определение гематокрита в периферической крови [2].

Физиологическим индикатором страха является время тонической неподвижности. Также известно, что цыплята-бройлеры с короткой продолжительностью тонической неподвижности демонстрируют лучшие показатели роста и высокую адаптируемость к стрессу [1]. Тоническая неподвижность – это необученная реакция, характеризующаяся состоянием временного замирания или паралича, сниженной реакции на внешнюю стимуляцию [2].

Антиоксидантная система бройлеров является слабым звеном гомеостаза ввиду быстрого роста. Свободные радикалы постоянно производятся и выводятся из организма. В нормальных обстоятельствах эти два процесса поддерживают динамический баланс. Однако когда домашняя птица подвергается воздействию различных стресс-факторов, болезням, микотоксинам, избыточному количеству ионов металлов или другим неблагоприятным факторам, баланс между выработкой и выведением свободных радикалов нарушается [4]. Антиоксидантная ферментная система состоит из каталазы, СОД и т.д. Каталаза – ключевой фермент антиоксидантной ферментной системы, обладающий

противовоспалительным и антиоксидантным действием и широко присутствующий у микроорганизмов, животных и растений. Он может катализировать разложение перекиси водорода [5]. Активность антиоксидантных ферментов – таких, как супероксиддисмутаза (СОД), используется для оценки устойчивости цыплят-бройлеров к стрессу. Снижение активности каталазы является показателем окислительного стресса у цыплят-бройлеров [3, 6].

Цель исследований: изучение влияния технологического стресса на показатели антиоксидантной активности в организме бройлеров, а также выяснение закономерности между оценкой стресс-чувствительности с помощью метода тонической неподвижности и коэффициента СОД/каталаза.

Методика исследований **Research method**

Исследования по выявлению влияния стресс-протекторных препаратов на показатели стресса цыплят-бройлеров проводили на базе учебно-производственного птичника РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в г. Москве, в Северном административном округе, Тимирязевском районе. Экспериментальные исследования были проведены на 75 цыплятах-бройлерах в течение 36 дней.

В опытный период птицу содержали в боксе при напольной системе с разделением на 5 групп, сформированных в соответствии с вводимыми в основной рацион стресс-протекторными препаратами согласно методу сбалансированных групп-аналогов, с учетом живой массы и клинического состояния. Подстилка опилки составляла 10 см, поилки ниппельные, кормление производилось из бункерных кормушек. Таким образом, были сформированы группы «Контроль» без введения препаратов и влияния стресс-фактора, «Аскорбиновая кислота», «Гидроксизин», «Гидроксизин + Аскорбиновая кислота» и группа «Стресс». Стресс-фактором выступала плотность посадки. Для контрольной группы плотность посадки составляла 20 кг живой массы/м², для остальных групп – 30 кг/м². Плотность посадки регулировалась при помощи передвижных ограждений с ежедневным учетом динамики привеса живой массы птицы.

Аскорбиновую кислоту опытные группы получали вместе с водой в дозировке 200 мг/л воды, а гидроксизин – вместе с комбикормом в дозировке 5 мг/кг живой массы птицы дважды в день. Действующее вещество гидроксизин птица получала в виде препарата «Атаракс», выпускаемого

в форме таблеток. Таблетки предварительно измельчали до состояния порошка и растворяли в воде, после чего полученным раствором орошали комбикорм и скармливали цыплятам опытных групп 2 раза в день.

Тоническая неподвижность оценивалась у 14 гол. из каждой группы путем фиксации в U-образной люльке: за положительную реакцию принимали полную неподвижность птицы в течение 15 с, за отрицательную реакцию – отсутствие неподвижности в течение 15 с после трех повторов фиксации (рис.).



Рис. Оценка тонической неподвижности
Fig. Tonic immobility assessment

Показатели каталазы и СОД оценивали в сыворотке периферической крови, отбираемой из плечевой вены у 5 гол. из каждой группы.

Метод оценки каталазы основан на том, что перекись водорода, не разрушенная в ходе каталазной реакции, взаимодействуя с молибдатом аммония, образует комплекс, имеющий желтую окраску. Были использованы следующие реактивы: 0,03%-ный раствор перекиси водорода, 4%-ный раствор молибдата аммония.

Принцип метода по определению активности СОД основан на ингибировании реакции аутоокисления адреналина в присутствии СОД в щелочной среде вследствие дисмутации супероксидных анион-радикалов. Были использованы реактивы: этанол-хлороформная смесь (2:1); 0,2 М бикарбонатный буфер; pH11. 5,46 мМ раствор адреналина.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В результате оценки стресса у цыплят-бройлеров были получены данные, представленные в таблице 1.

Стоит отметить, что стресс-положительные цыплята из разных групп приходили в состояние тонической неподвижности после разного числа попыток. Так, особям из группы «Стресс» требовалось в среднем 1,2 повторения, группе «Гидроксизин + аскорбиновая кислота» – 1,4 повторения, группам «Аскорбиновая кислота» и «Гидроксизин» – 1,5 повторения, группе «Контроль» – 1,7 повторения.

Таблица 1

Результаты оценки тонической неподвижности

Группа	Стресс-положительно реагирующие особи, %
Контроль	21,4
Стресс	71,4
Аскорбиновая кислота	46,2
Гидроксизин	35,7
Аскорбиновая кислота + + Гидроксизин	58,3

Table 1

Results of tonic immobility assessment

Group	Stress-positive individuals, %
Control	21.4
Stress	71.4
Ascorbic acid	46.2
Hydroxyzine	35.7
Ascorbic acid + Hydroxyzine	58.3

Таблица 2

Table 2

**Показатели антиоксидантной активности
сыворотки крови**

**Indicators of antioxidant activity
of blood serum**

Группа	СОД, усл.ед./л	Каталаза, мкмоль/л
Контроль	1717,0 ± 48,3	6,36 ± 0,7
Стресс	2020,9 ± 9,6	0,82 ± 0,3
Аскорбиновая к-та	1824,7 ± 26,5	4,31 ± 1,5
Гидроксизин	1871,7 ± 28,0	2,50 ± 1,1
Аскорбиновая к-та + + Гидроксизин	1791,6 ± 20,6	1,16 ± 0,5

Group	SOD, units/l	Catalase, μmol/l
Control	1717.0 ± 48.3	6.36 ± 0.7
Stress	2020.9 ± 9.6	0.82 ± 0.3
Ascorbic acid	1824.7 ± 26.5	4.31 ± 1.5
Hydroxyzine	1871.7 ± 28.0	2.50 ± 1.1
Ascorbic acid + + Hydroxyzine	1791.6 ± 20.6	1.16 ± 0.5

В ходе анализа данных оценки тонической неподвижности было выявлено, что наибольший процент стресс-положительно реагирующих особей обнаружен в группе «Стресс», наименьший – в группе «Контроль». По сравнению с группой «Контроль» стресс-положительных особей в группе «Гидроксизин» было на 14,3% больше, в группе «Аскорбиновая к-та» – на 24,8% больше, в группе «Аскорбиновая к-та + Гидроксизин» – на 36,9% больше, в группе «Стресс» – на 50% больше.

Для представления данных СОД и каталазы использовали методы описательной статистики. С помощью критерия Шапиро-Уилка было обнаружено, что выборка соответствует ненормальному распределению, и это зачастую характерно для биохимических показателей. Межгрупповые статистические отличия выявляли с помощью критерия Манна-Уитни, уровень значимости – 0,05. Таким образом, были обнаружены статистически значимые отличия между контрольной группой и группой «Стресс».

Наибольшее повышение активности СОД наблюдается в группе «Стресс» (18%, наименьшее – в группе «Аскорбиновая кислота + гидроксизин» (5%) (табл. 2).

Активность каталазы, напротив, имела тенденцию снижения в опытных группах. Наименьшее значение наблюдается в группе «Стресс» (87%) по сравнению с контролем, наименьшее отклонение от контроля – в группе «Аскорбиновая

кислота» (32%). Таким образом, для каталазы и супероксиддисмутазы характерна перекрестная регуляция, при повышении активности СОД активность каталазы снижается.

Интерес представляет также соотношение СОД/каталаза. Для группы «Контроль» оно составляет 270, для группы «Стресс» – 2463, для группы «Аскорбиновая кислота» – 423, для группы «Гидроксизин» – 748, для группы «Аскорбиновая кислота + Гидроксизин» – 1543, совпадает с данными, полученными с помощью метода тонической неподвижности. Судя по всему, стресс повышает соотношение СОД/каталаза, однако стресс-протекторные препараты способны снижать его.

Выводы

Conclusions

На основании представленных результатов можно сделать вывод о том, что увеличение плотности посадки как стресс-фактор оказывает значительное влияние на антиоксидантный статус организма цыплят. Вместе с тем добавление стресс-протекторных препаратов в рацион бройлеров снижает негативный эффект стресс-факторов. Оценка стресс-чувствительности с помощью метода тонической неподвижности является перспективной, так как во многом совпадает с данными коэффициента СОД/каталаза, не требует дорогостоящего оборудования и не занимает много времени.

Список источников

1. Fu W., Duan Y., Wang S., Ni Y. et al. Comparative proteomic analysis of the breast muscle response to chronic corticosterone administration in broiler chickens showing long or short tonic immobility. *Poultry Science*. 2014;93(4):784-793. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03456>
2. Scanes C.G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio. *Poultry Science*. 2016;95(9):2208-2215. <https://doi.org/10.3382/ps/pew137>
3. Oladokun S., Adewole D.I. Biomarkers of heat stress and mechanism of heat stress response in Avian species: Current insights and future perspectives from poultry science. *Journal of Thermal Biology*. 2022;110:103332-103332. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103332>
4. Ogbuagu N.E., Aluwong T., Ayo J.O., Sumanu V.O. Effect of fisetin and probiotic supplementation on erythrocyte osmotic fragility, malondialdehyde concentration and superoxide dismutase activity in broiler chickens exposed to heat stress. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2018;80(12):1895-1900. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0477>
5. Wang W., Zhu J., Cao Q., Zhang C. et al. Dietary Catalase Supplementation Alleviates Deoxynivalenol-Induced Oxidative Stress and Gut Microbiota Dysbiosis in Broiler Chickens. *Toxins*. 2022;14(12):830. <https://doi.org/10.3390/toxins14120830>
6. Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Родин В.В., Епимахова Е.Э. и др. Каротинсодержащие корма и препараты в кормлении кур-несушек и свиней: Научно-практические рекомендации. Ставрополь: Ставропольский краевой институт повышения квалификации работников образования. 2005. 12 с. EDN SODMGL

Сведения об авторах

Екатерина Андреевна Мурадян, ассистент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: muradyan@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9287-9153>

Виктория Игоревна Макаева, ассистент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: makaeva@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1860-7559>

Статья поступила в редакцию 20.04.2024
Одобрена после рецензирования 18.06.2024
Принята к публикации 23.06.2024

References

1. Fu W., Duan Y., Wang S., Ni Y. et al. Comparative proteomic analysis of the breast muscle response to chronic corticosterone administration in broiler chickens showing long or short tonic immobility. *Poultry Science*. 2014;93(4):784-793. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03456>
2. Scanes C.G. Biology of stress in poultry with emphasis on glucocorticoids and the heterophil to lymphocyte ratio. *Poultry Science*. 2016;95(9):2208-2215. <https://doi.org/10.3382/ps/pew137>
3. Oladokun S., Adewole D.I. Biomarkers of heat stress and mechanism of heat stress response in Avian species: Current insights and future perspectives from poultry science. *Journal of Thermal Biology*. 2022;110:103332-103332. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103332>
4. Ogbuagu N.E., Aluwong T., Ayo J.O., Sumanu V.O. Effect of fisetin and probiotic supplementation on erythrocyte osmotic fragility, malondialdehyde concentration and superoxide dismutase activity in broiler chickens exposed to heat stress. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2018;80(12):1895-1900. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0477>
5. Wang W., Zhu J., Cao Q., Zhang C. et al. Dietary Catalase Supplementation Alleviates Deoxynivalenol-Induced Oxidative Stress and Gut Microbiota Dysbiosis in Broiler Chickens. *Toxins*. 2022;14(12):830. <https://doi.org/10.3390/toxins14120830>
6. Trukhachev V.I., Zlydnev N.Z., Rodin V.V., Epimakhova E.E. et al. Carotene-containing feeds and preparations in feeding laying hens and pigs: Scientific and practical recommendations. Stavropol: Stavropol Krai Institute for Advanced Training of Education Workers. 2005:12. (in Russ.)

Information about the authors

Ekaterina A. Muradyan, Assistant at the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: muradyan@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9287-9153>

Victoria I. Makaeva, Assistant at the Department of Physiology, Ethology and Biochemistry of Animals, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: makaeva@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1860-7559>

The article was submitted to the editorial office April 20, 2024
Approved after reviewing June 18, 2024
Accepted for publication June 23, 2024

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 796.4: 796.015: 611.1: 378

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-91-98>



Влияние занятий фитнес-боксом на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы студенток

Александр Иванович Раковецкий, Денис Викторович Сорокин, Андрей Александрович Сопарев

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, России

Автор, ответственный за переписку: Александр Иванович Раковецкий; Kupec2007@mail.ru

Аннотация

В работе представлен материал о влиянии занятий фитнес-тренингом на сердечно-сосудистую систему студенток. Исследование проводилось на базе Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, в течение 2022-2023 учебного года. Была апробирована авторская методика фитнес-бокса в учебном процессе по физической культуре в вузе. Сущность эксперимента заключается в том, что чем меньше разница частоты сердечных сокращений до выполнения специального упражнения и во время его, тем большей выносливостью обладает сердечная мышца. Благодаря проведенным исследованиям было зафиксировано улучшение уровня физической подготовленности студенток на 51,5% и улучшение состояния сердечно-сосудистой системы на 39,1% в процессе занятий фитнес-тренингом. Результаты экспериментальной работы позволили выбрать ряд специальных упражнений фитнес-бокса как контрольных при оценке уровня физической подготовленности и уровня адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке у студенток.

Ключевые слова

студентки, фитнес-тренинг, фитнес-бокс, сердечно-сосудистая система, регулярные занятия спортом, влияние занятий фитнес-боксом

Для цитирования

Раковецкий А.И., Сорокин Д.В., Сопарев А.А. Влияние занятий фитнес-боксом на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы студенток // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 2. С. 30-34. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-91-98>

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-91-98>



Effect of fitness boxing on functional indices of cardiovascular system of female students

Aleksandr I. Rakovetskiy, Denis V. Sorokin, Andrey A. Soparev

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

Corresponding author: Aleksandr I. Rakovetskiy; Kupec2007@mail.ru

Abstract

The article presents the material on the effect of fitness training on the cardiovascular system of female students. The study was conducted on the basis of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy during the academic year 2022-2023. The author's method of fitness boxing in the educational process of Physical Training in a higher educational institution was tested. The essence of the experiment is that the smaller the difference in heart rate before and during a special exercise, the greater the endurance of the heart muscle. As a result of the conducted research, the level of physical fitness of female students was increased by 51.5% and the cardiovascular system was improved by 39.1% in the course of fitness training. The results of the experimental work allowed to select a number of special fitness box exercises as control exercises for the assessment of the level of physical fitness and the degree of adaptation of the cardiovascular system to physical load in female students.

Keywords

female students, fitness training, fitness boxing, cardiovascular system, regular exercise, effects of fitness boxing classes

For citation

Rakovetskiy A.I., Sorokin D.V., Soparev A.A. Effect of fitness boxing on functional indices of cardiovascular system of female students. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(2):91-98. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-2-91-98>

Введение Introduction

Занятия физической культурой в просветительных организациях, в том числе в высших учебных заведениях, закладывают потребность в двигательной активности, что приводит к поддержанию хорошей физической формы и снижению риска заболеваемости молодежи [1]. Студенты представляют собой особую социальную группу и отличаются свойственными ей условиями жизни, труда, быта, социальным поведением и психологией. Это группа повышенного риска, поскольку связана с высокой эмоциональной и умственной нагрузкой, приспособлением к новым условиям проживания и обучения.

Регулярная двигательная активность играет одну из ключевых ролей в процессе физического воспитания обучающихся вузов, так как большая часть их времени уходит на освоение учебного материала. Многие студентки совмещают обучение и работу. В силу подобного режима жизни не всегда удается заниматься двигательной активностью, что сказывается на самочувствии. При практически полном отсутствии тренировочных мероприятий наблюдается повышенный уровень стресса, плохое самочувствие, снижение иммунитета, потеря концентрации и внимания, снижение работоспособности. Все это напрямую влияет на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС).

Занятия спортом обучающихся представителей женского пола в вузах, как считают специалисты, не только формируют физическую подготовленность, развивают индивидуальный двигательный потенциал, вырабатывают потребность вести здоровый образ жизни, социализируют, но и всесторонне готовят к противостоянию различным жизненным ситуациям [2].

Студентки-первокурсницы, вливаясь в новый коллектив, становясь на новый этап своей жизни, адаптируются к новым условиям, сильно отличающимся от тех, в которых они находились раньше. У них так же, как и у юношей, меняется все: социальное окружение, временные рамки, количество получаемой информации. Возникающие психологические трудности приводят к стрессу, который напрямую влияет на состояние сосудов, органов кровообращения и может повлиять на развитие или обострение заболеваний сердечно-сосудистой системы [3, 9].

В настоящее время для привлечения студентов к регулярным занятиям физической культурой недостаточно классического подхода к организации учебного процесса и механического повторения упражнений за преподавателем [4-6]. Необходимо искать новые формы проведения практических занятий, в том числе со студентками.

Фитнес-тренинг на основе занятий боксом – это способ разнообразить учебно-тренировочную

программу элективных занятий. Фитнес-тренинг сочетает в себе интенсивные аэробные нагрузки и силовые тренировки с элементами фитнеса, с двигательными упражнениями из бокса [4]. Преимущество данного направления заключается в том, что оно подходит для студенток разного уровня физической подготовленности [1]. Занятия фитнес-боксом помогают справиться со стрессом и повышенной агрессией (что особенно актуально во время сессий), совершенствовать координационные и скоростно-силовые способности, получать удовольствие от тренировочного процесса и повышать мотивацию в достижении желаемого результата.

Кроме того, современные педагогические практики – такие, как фитнес-бокс, формируют спортивно-прикладные навыки, в том числе навыки самообороны у студенток в условиях вуза [3, 8].

Цель исследований: обосновать и оценить воздействие фитнес-тренинга на основе занятий боксом на уровень физической подготовленности и сердечно-сосудистую систему у студенток на начальном этапе подготовки.

Методика исследований Research method

Исследования проводились в 2022-2023 учебном году на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. В эксперименте приняли участие 50 студенток 1-го курса очной формы обучения: 25 из них составили экспериментальную группу (ЭГ), 25 студенток – контрольную (КГ). По возрасту, антропометрическим показателям, уровню физической подготовленности группы были однородными. По методике фитнес-тренинга занимались студентки экспериментальной группы. Студентки контрольной группы занимались по традиционной методике в рамках программы по физической культуре. Авторская и традиционная методики предусматривали занятия 2 раза в неделю по 60 мин.

Были сформированы контрольные упражнения для оценки специальной физической подготовленности студенток: сгибание и разгибание рук в упоре лежа за минуту, точность и частота ударов по боксерскому мешку и прыжки на скакалке за 1 мин (табл. 1).

Оценка эффективности влияния фитнес-тренинга на работу сердечно-сосудистой системы осуществлялась с помощью контроля пульса на сонной или лучевой артерии в течение 60 с. Тем самым определялось, в какой мере фитнес-тренинг на основе занятий боксом у студенток и стандартные занятия по физической культуре влияют на состояние мускулатуры, в том числе сердечной.

Пульсометрия проводилась до и во время проведения одного из контрольных упражнений оценки специальной физической подготовленности

Таблица 1

Упражнения и нормы оценки, баллы специальной физической подготовленности студенток, занимающихся фитнес-тренингом на основе бокса

№ п/п	Контрольные упражнения	Баллы		
		3	4	5
1	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа за 1 мин, кол-во раз	20	24	34
2	Точность ударов, кол-во попаданий по точкам за 30 с	120	160	180
3	Частота ударов, кол-во ударов за 30 с, с обеих рук по мешку	180	200	230
4	Прыжки на скакалке за 1 мин, кол-во раз	80	100	130

Table 1

Exercises and evaluation norms (points) of special physical fitness of female students engaged in boxing-based fitness training

No.	Control exercises	Points		
		3	4	5
1	Dipping up in a minute, number of times	20	24	34
2	Punch precision, number of punches on points for 30 seconds	120	160	180
3	Frequency of punches, number of punches for 30 seconds, from both hands on the punching ball	180	200	230
4	Jumping rope in a minute, number of times	80	100	130

«Прыжки на скакалке за минуту». Прыжки на скакалке позволяли оценить специальную скоростно-силовую выносливость опорно-двигательного аппарата у студенток.

Известно, что для практики спорта по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС) упражнения определяются с помощью зон мощности: 120-140 уд/мин (аэробная); 140-170 уд/мин (смешанная), 170-180 уд/мин (режим максимального потребления кислорода), 180 уд/мин и выше (анаэробная) [6]. Занятия фитнес-боксом содержат физические упражнения, характерные для смешанной зоны мощности, то есть значения ЧСС 140-170 уд/мин. Поэтому при обработке полученных данных был сделан упор именно на эти значения. Измерение ЧСС до и во время нагрузки проводилось 2 раза: до начала опытно-экспериментальной работы (сентябрь 2022 г.) и по окончании исследования (май 2023 г.).

Для учета данных была использована формула средней арифметической простой, по которой можно рассчитать среднее общее значение частоты

сердечных сокращений для студенток экспериментальной и контрольной групп (по 25 чел. в каждой группе) – среднее значение всех переданных ей значений, то есть сумму всех значений, разделенных на их число:

$$\text{ЧСС сред. общ.} = \frac{\frac{a1 + b1}{2} + \frac{a2 + b2}{2} \dots + \frac{a25 + b25}{2}}{n},$$

где $a1, a2 \dots a25$ – индивидуальные значения ЧСС до нагрузки; $b1, b2 \dots b25$ – индивидуальные значения ЧСС во время нагрузки; n – количество чел. в каждой группе ($=25$)¹.

Суть эксперимента заключается в том, что чем больше прирост, %, между начальным и конечным ЧСС во время нагрузки в смешанной зоне мощности, тем выше уровень адаптации ССС, к которой относятся упражнения фитнес-тренинга, и большей выносливостью обладает сердечная мышца.

¹ Долгова В.Н. Статистика: Учебник и практикум. М.: Издательство Юрайт, 2020. 626 с.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Предварительное тестирование уровня специальной физической подготовленности студентов показало, что средние показатели в сгибании и разгибании рук составляли 11 раз, в прыжках на скакалке – 67 прыжков за 1 мин; результаты точности – 66 попаданий по точкам за 30 с, частоты ударов – 66 раз по мешку за 30 с (табл. 2).

Был проведен анализ прироста показателей специальной физической подготовленности студентов за период занятий спортивно-прикладным фитнес-тренингом на основе занятий боксом. В экспериментальной группе прирост в упражнении «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа» составил 40,3% ($p < 0,05$), точность удара улучшилась на 67,1% ($p < 0,05$), частота ударов повысилась на 31,3% ($p < 0,05$), результаты в прыжках

на скакалке улучшились на 67,2% ($p < 0,05$). Общий средний прирост уровня специальной физической подготовленности в экспериментальной группе составил 51,5% ($p < 0,05$) (рис. 1).

В контрольной группе показатели прироста специальной физической подготовленности у студенток, занимающихся обычными занятиями физической культурой, были значительно ниже: в упражнении «Сгибание и разгибание рук в упоре лежа» – 19,4% ($p < 0,05$); точность удара – на 35,6% ($p < 0,05$); частота ударов – на 16,1% ($p < 0,05$); результаты в прыжках на скакалке – на 33,4% ($p < 0,05$). Общий средний прирост уровня специальной физической подготовленности в контрольной группе составил 26,1% ($p < 0,05$) (рис. 1).

Мониторинг функционального состояния и динамика пульсометрии у студенток в процессе эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 2

Динамика специальной физической подготовленности студенток, занимающихся спортивно-прикладным фитнес-тренингом на основе бокса в процессе эксперимента

Контрольные упражнения	До эксперимента*		После эксперимента*		Прирост, %	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа за 1 мин, кол-во раз	11,7±0,9	11,2±1,31	16,4±0,92	13,4±1,9	40,3	19,4
Точность ударов, кол-во попаданий по точкам за 30 с	64,7±1,52	66,2±1,45	108,1±1,61	89,8±1,3	67,1	35,6
Частота ударов, кол-во ударов за 30 с, с обеих рук по мешку	65,6±1,57	66,0±1,41	86,1±1,72	76,6±1,1	31,3	16,1
Прыжки на скакалке за 1 мин, кол-во раз	67,1±1,84	67,4±1,47	112,2±1,88	89,9±1,3	67,2	33,4

*Достоверность при $p < 0,05$.

Table 2

Dynamics of special physical fitness of female students engaged in sports-applied fitness training based on boxing in the course of the experiment

Control exercises	Before experiment*		After experiment*		Growth, %	
	EG	CG	EG	CG	EG	CG
Dipping up in a minute, number of times	11.7±0.9	11.2±1.31	16.4±0.92	13.4±1.9	40.3	19.4
Punch precision, number of punches on points for 30 seconds	64.7±1.52	66.2±1.45	108.1±1.61	89.8±1.3	67.1	35.6
Frequency of punches, number of punches for 30 seconds, from both hands on the punching ball	65.6±1.57	66.0±1.41	86.1±1.72	76.6±1.1	31.3	16.1
Jumping rope in a minute, number of times	67.1±1.84	67.4±1.47	112.2±1.88	89.9±1.3	67.2	33.4

*Reliability at $p < 0.05$

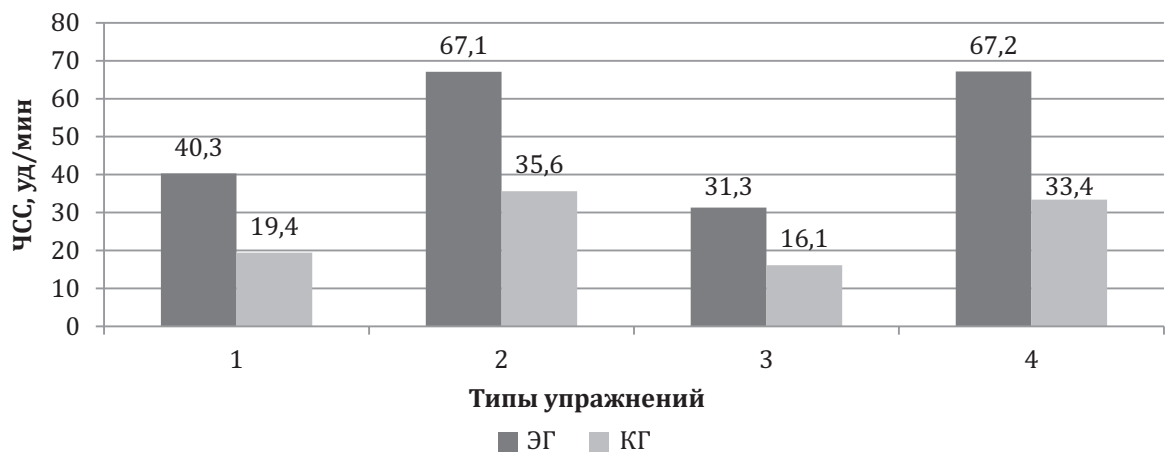


Рис. 1. Прирост показателей специальной физической подготовленности студенток экспериментальной группы: 1 – сгибание и разгибание рук; 2 – точность удара; 3 – частота удара; 4 – прыжки на скакалке

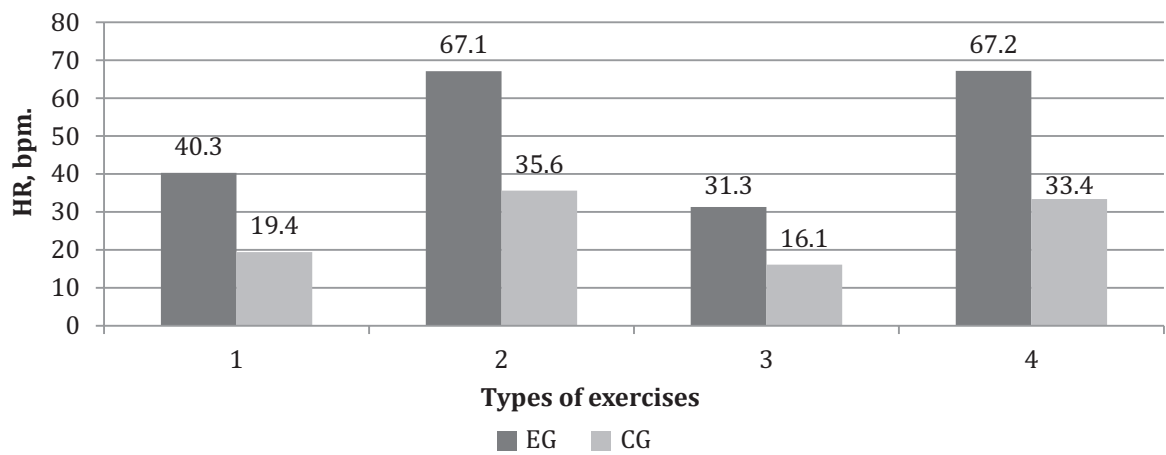


Fig. 1. Growth of indicators of special physical fitness of female students of the experimental group (1 – dipping up; 2 – punch precision; 3 – frequency of punches; 4 – jumping rope)

Таблица 3

Пульсометрические показатели у студенток за время экспериментальной работы по тесту

Показатель	Сентябрь 2022 г.		Май 2023 г.		Прирост	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
Среднее ЧСС по группе до нагрузки, уд/мин	83,4±1,9	84,2±2,9	81,4±2,3	83,1±3,4	2,0	1,1
Среднее ЧСС по группе во время нагрузки, уд/мин	176,7±3,7	172,9±4,9	167,5±3,2	169,3±4,7	9,2	3,6

*Достоверность при $p < 0,001$.

Table 3

Pulsometric indices of female students during the experimental work on the test

Indicator	September, 2022		May, 2023		Growth	
	EG	CG	EG	CG	EG	CG
Mean HR in the group before exercise, bpm	83.4±1.9	84.2±2.9	81.4±2.3	83.1±3.4	2.0	1.1
Mean HR for the group during exercise, bpm	176.7±3.7	172.9±4.9	167.5±3.2	169.3±4.7	9.2	3.6

*Reliability at $p < 0.001$

В процессе занятий фитнес-боксом была выявлена положительная динамика показателей сердечно-сосудистой системы в экспериментальной группе: она была выше, чем у студенток контрольной группы.

В ходе экспериментальной работы было выявлено, что прирост показателей во время специальной физической нагрузки по тесту «Прыжки на скакалке за минуту» у студенток экспериментальной группы составил 9,2 уд/мин ($p < 0,001$). Наблюдалась тенденция снижения среднего

общего ЧСС-значения за весь тренировочный период со 176,7 до 167,5 уд/мин, в то время как у девушек контрольной группы уменьшение среднего общего значения составило с 172,9 до 169,3 уд/мин, а прирост – всего 3,6 уд/мин ($p < 0,001$) (рис. 2). Такие результаты говорят о том, что фитнес-тренинг на основе упражнений бокса позволяет лучше адаптироваться мышечному аппарату, в том числе сердечно-сосудистой системе, к физической нагрузке смешанного характера, и развивать выносливость.

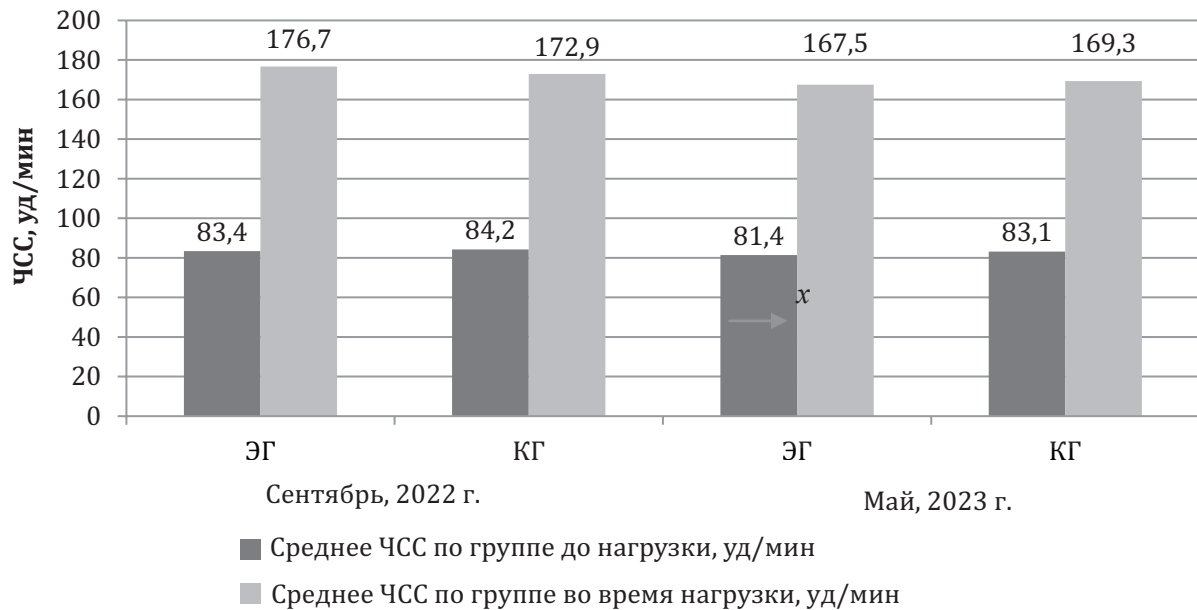


Рис. 2. Интерпретация результатов пульсометрии, где ось X – средние значения ЧСС студенток экспериментальной и контрольной групп, полученные до нагрузки и во время ее (время нагрузки – 60 с); ось Y – возможные средние числовые значения

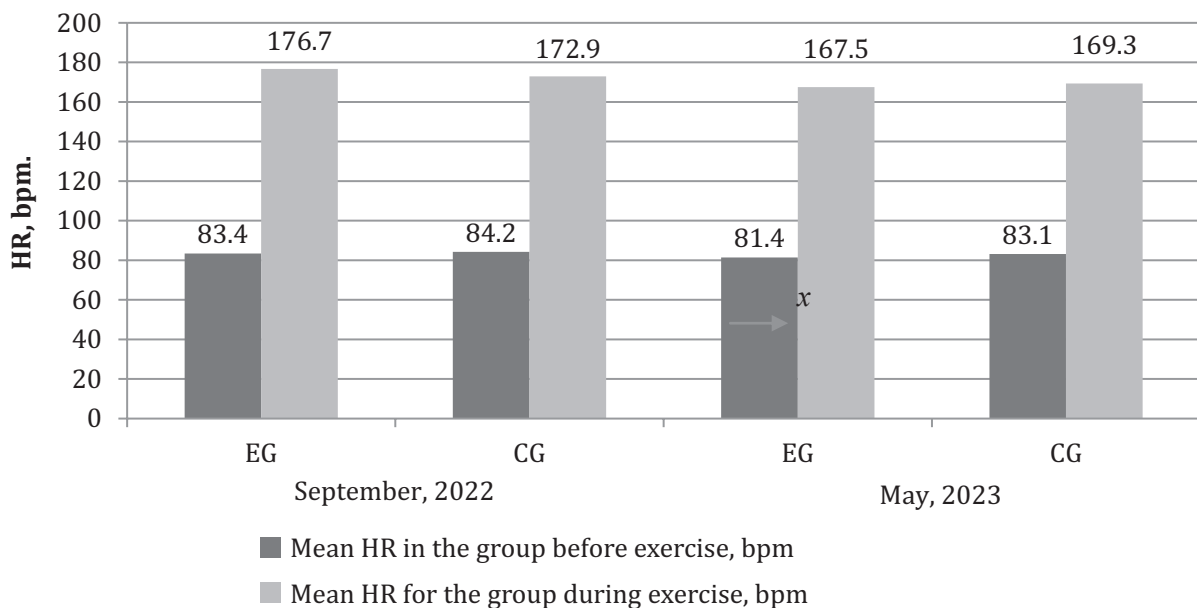


Fig. 2. Interpretation of heart rate measurement results, where X-axis – mean HR values of female students of experimental and control groups, obtained before and during exercise (load time 60 sec.); Y-axis – possible mean numerical values

Полученный результат показал, что выбранный тест «Прыжки на скакалке за минуту» может являться критерием для контроля за состоянием адаптированности сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке в процессе занятий фитнес-боксом.

Исходя из полученных результатов, можно отметить, что в обеих группах наблюдается тенденция снижения пульсового значения. Это может указывать на достаточную эффективность проводимых тренировок и укрепление состояния сердечно-сосудистой системы.

Выносливость и состояние сердечно-сосудистой системы тесно взаимосвязаны: чем эффективнее работа сердца и органов, принимающих участие в важных обменных процессах во время учебно-тренировочного процесса, тем выше показатель выносливости и тем выше уровень общей и специальной физической подготовленности.

Выводы Conclusions

При интенсивных занятиях наблюдается повышение уровня физической подготовленности у студенток, особенно на начальном этапе подготовки, в процессе занятий фитнес-тренингом

Список источников

1. *Фитнес-бокс в физическом воспитании студентов*: Методические указания. Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2022. 52 с. EDN: LIPIYE.
2. Осипов А.Ю., Кадомцева Е.М., Лепилина Т.В., Гольм Л.А. и др. Поиск действенных методик сохранения и укрепления здоровья студентов на занятиях физической культурой в вузах // *В мире научных открытий*. 2015. № 3-8 (63). С. 3557-3573. EDN: TSEJSV
3. *Вопросы современной науки*: Монография / Под ред. А.А. Еникеева. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Интернаука», 2018. Т. 31. Ч. 1. 194 с. EDN: XWITCX
4. Батенко Е.М., Бугай М.В. Условия формирования здорового образа жизни студентов в физическом воспитании // *Общество. История. Современность: Омский научный вестник*. Омск, 2018. № 4. С. 67-71. <https://doi.org/10.25206/2542-0488-2018-4-67-71>
5. Кушнир М.А., Сорокин Д.В., Рог А.Н., Силаев М.Е. Совершенствование специальных скоростно-силовых способностей у бойцов рукопашного боя // *Боевые искусства и спортивные единоборства: наука, практика, воспитание: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 14 октября 2021 г.* М.: Российский государственный университет

на основе упражнений из бокса за один учебный год на 51,5%, а при занятиях по традиционной методике – только на 26,1%.

За время проведения эксперимента у студентов первого курса обеих групп отмечалось улучшение состояния сердечно-сосудистой системы, было выявлено снижение пульсометрических показателей. Однако лучшей была адаптация сердечно-сосудистой системы в процессе занятий по авторской методике фитнес-боксом на 39,1%, чем по традиционной методике.

Данные, полученные по критерию Стюдента, указывают на положительную динамику достижения требуемого результата. Гипотеза о том, что программа фитнес-тренинга на основе занятий боксом, постепенно внедряемая в учебный процесс, оказалась намного эффективнее, чем занятия по стандартной форме преподавания, подтвердилась и имеет перспективу для дальнейших исследований, поскольку данный вид физической активности способствует значительному укреплению сердечно-сосудистой системы.

Также выбранный тест «Прыжки на скакалке за минуту» может являться критерием для контроля за уровнем физической подготовленности и состоянием адаптированности сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке, как и в процессе занятий фитнес-боксом.

References

1. *Fitness boxing in physical education of students: guidelines*. Vitebsk, Belarus: Vitebskiy gosudarstvennyy universitet im. P.M. Masherova, 2022:52. (In Russ.)
2. Osipov A.Yu., Kadomtseva E.M., Lepilina T.V., Golm L.A. et al. The search for effective methods preservation and promotion of health of students in physical education in universities. *V mire nauchnykh otkrytiy*. 2015;3-8(63):3557-3573. (In Russ.)
3. *Issues of modern science: a monograph*. Ed. by A.A. Enikeev. Moscow, Russia: Internauka, LLC, 2018;31(1):194. (In Russ.)
4. Batenko E.M., Bugay M.V. Conditions for the formation of a healthy lifestyle of students in physical education. *Omsk Scientific Bulletin. Series Society. History. Modernity*. 2018;4:67-71. <https://doi.org/10.25206/2542-0488-2018-4-67-71>
5. Kukhnir M.A., Sorokin D.V., Rog A.N., Silaev M.E. Improvement of special speed-power abilities of hand- to-hand combat fighters. *VI Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Boevye iskusstva i sportivnye edinoborstva: nauka, praktika, vospitanie". October 14, 2021*. Moscow, Russia: Russian State University of Physical

физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), 2021. С. 156-159. EDN: TNCCRA

6. Никифорова О.Н., Макарова Э.В. *Дисциплина «Физическая культура и спорт» в аграрном вузе (теоретический раздел): Учебное пособие.* М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. 142 с. EDN: IMXKPI

7. Агафонова В.В., Илюшин О.В. Адаптация сердечно-сосудистой системы к интенсивной мышечной деятельности представителей боевых искусств // *Научное обозрение. Биологические науки.* 2019. № 4. С. 5-9. EDN: DUVLUC

8. Малинин А.Н., Беликов Е.М. Факторы мотивации студентов к занятиям физической культурой и спортом // *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка.* М., 2020. № 2. С. 43. EDN: UNLJXZ

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

Education, Sport, Youth and Tourism, 2021:156-159. (In Russ.)

6. Nikiforova O.N., Makarova E.V. *Discipline “Physical Culture and Sport” in an agricultural university (theoretical section).* Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2020:142. (In Russ.)

7. Agafonova V.V., Ilyushin O.V. Adaptation of cardiovascular system to intensive muscular activity of representatives of martial arts. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki.* 2019;4:5-9. (In Russ.)

8. Malinin A.N., Belikov E.M. Factors of students' motivation for physical education and sports. *Fizicheskaya Kultura: Vospitanie, Obrazovanie, Trenirovka.* 2020;2:43. (In Russ.)

9. Toropov D.I., Lavrovskaya G.N., Eliseeva N.V., Popova O.A. et al. *State of social and labor sphere of the village and proposals for its regulation: annual report on the results of monitoring of 2009.* Moscow, Russia: Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, 2010:260. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Иванович Раковецкий, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kupec2007@mail.ru

Денис Викторович Сорокин, 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: d.sorokin@rgau-msha.ru

Андрей Александрович Сопарев, старший преподаватель кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: soparev@rgau-msha.ru

Information about the authors

Aleksandr I. Rakovetskiy, CSc (Ped), Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: kupec2007@mail.ru

Denis V. Sorokin, CSc (Ped), Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: d.sorokin@rgau-msha.ru

Andrey A. Soparev, senior lecturer at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: soparev@rgau-msha.ru

Статья поступила в редакцию 25.04.2024
Одобрена после рецензирования 15.06.2024
Принята к публикации 21.06.2024

The article was submitted to the editorial office April 25, 2024
Approved after reviewing June 15, 2024
Accepted for publication June 21, 2024

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 23.09.2024 г. Формат 60 84/8 6,2 печ. л.
Гарнитура шрифта «Times New Roman»
