

**ТИМИРЯЗЕВСКИЙ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
TIMIRYAZEV BIOLOGICAL JOURNAL**

Том 3. № 2 / 2025

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:

Кидов А.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);

Селионова М.И., д.б.н., 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);

Фэнг Балии, доктор наук, PhD, профессор

(Северо-западный университет сельского и лесного хозяйства,
Янлин, пров. Шэньси, Китай);

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);

Иволга Р.А.,

(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);

Киракосян Р.Н., 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);

РЕДАКЦИЯ

Научный редактор – **Р.А. Иволга**

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. 3(2)/2025

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. **Artem A. Kidov**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia)

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

Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);

(1 – RSAU-MTAA, Moscow, Russia;

2 – University of Tuscia, Viterbo, Italy);

Prof. **Feng Baili**, DSc (Bio), PhD,
(Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling,
Shaanxi, China)

Assoc. Prof. **Asiyat M. Abdullaeva**, DSc (Bio),
(ROSBIOOTECH, 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);

Ivolga, Roman A., (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. **Rima N. Kirakosyan**, CSc (Bio)
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Alexander I. Kim**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Roman A. Ivolga**

Editor – **Vera I. Markovskaya**

Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**

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

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

Assoc. Prof. **Andrey V. Kozlov**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

LRA **Anatoliy A. Kosobryukhov**, DSc (Bio),
(Pushchinsky Scientific Center for Biological Research,
Pushchino, Russia);

Prof. **Nikolay M. Kostomakhin**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Irina B. Kotova**, DSc (Bio), (MSU, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Dmitriy A. Ksenofontov**, DSc (Bio),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Evgeniya S. Latynina, CSc (Vet), (RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Assoc. Prof. **Aleksandr V. Lebedev**, DSc (Ag),
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia);

Prof. **Mikhail A. Mazirov**, 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);

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);

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),
(RUDN University, 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);

Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbaev**, DSc (Ag), Member of RAS
(RSAU-MTAA, Moscow, Russia)

Editors' office address: 58, Timiryazevskaya str.,
Moscow, 127550

Tel.: +7 (499) 976-07-48*2

E-mail: izvestiya_bio@rgau-msha.ru

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

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья	202532102
Ширлина Е.Н., Якопо Винья-Тальянти, Кomanova А.Ю., Сидорова Е.Н., Сергеева Н.А.	
Терминосистема «зеленой» экономики в полилингвальном аспекте: переводческие стратегии для устойчивого использования биологических ресурсов	
Оригинальная научная статья	202532101
Тихонова М.В., Бузылёв А.В., Жигалева Я.С., Михайловна И.Е., Никишина Д.А., Латышева О.С.	
Экологическая оценка состояния воздушных масс санитарно-защитной зоны химического предприятия методом лихеноиндикации	

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ

Оригинальная научная статья	202532301
Симагина А.С., Вертикова Е.А., Симагин А.Д., Барнашова Е.К.	
Гены, ассоциированные с устойчивостью льна к грибным болезням: обзор селекционно-генетических исследований в области	

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья	202532401
Гальга С.Д., Карамушкина С.В., Кралинина А.В.	
Особенности регуляции гемодинамики у кроликов при парентеральном введении трипсина	
Оригинальная научная статья	202532403
Добрякова М.А., Брагин М.А., Веселова Н.А.	
Опыт обогащения среды евразийских рысей, <i>Lynx lynx</i> (Linnaeus, 1758) в искусственных условиях	
Оригинальная научная статья	202532402
Кралинина А.В., Гальга С.Д., Подъяпольская А.А., Вертипрахов В.Г.	
Влияние препарата Нитокс в комплексе с трипсином на гемодинамику и морфобиохимию крови кроликов	
Оригинальная научная статья	202532405
Африна И.В., Африн К.А., Кидов А.А.	
Возрастная структура и плодовитость остромордой лягушки (<i>Rana arvalis</i> , Amphibia, Anura, Ranidae) в популяциях города Москвы	
Оригинальная научная статья	202532406
Железнова Т.К.	
Структура орнитофауны Томской области	
Оригинальная научная статья	202532404
Ерашкин В.О., Андреева К.И., Гурилова Д.В., Кидов А.А.	
Первые результаты применения пищевых каротиноидов при выращивании молоди <i>Lacerta media</i> Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata)	

ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Оригинальная научная статья	202532601
Гусева Ю.Е., Пронин А.М., Смолина Г.А.	
Влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя (<i>Hordeum vulgare</i> L.) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве	
Оригинальная научная статья	202532602
Безбородов Ю.Г., Дорожкина А.О.	
Совершенствование методики мониторинга осушаемых земель на основе применения данных дистанционного зондирования Земли(на примере Ленинградской области)	

CONTENTS

BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY

Original article	202532102
Elena N. Shirlina, Jacopo Vigna-Taglianti, Alla Yu. Komanova, Natalya A. Sergeeva, Elizaveta N. Sidorova	
Terminology system of green economy in a multilingual context: translation strategies for sustainable use of biological resources	

Original article	202532101
Maryya V. Tikhonova, Aleksey V. Buzylev, Yaroslava S. Zhigaleva, Elena M. Iliushkova, Daria A. Nikishina, Olga S. Latysheva	
Ecological assessment of air quality within the sanitary protection zone of a chemical plant using lichen indication methods	

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

Original article	202532301
Anastasia S. Simagina, Elena A. Vertikova, Aleksandr D. Simagin, Ekaterina K. Barnashova	
Genes associated with flax resistance to fungal diseases: a review of breeding and genetic research	

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article	202532401
Semyon D. Galiga, Svetlana V. Karamushkina, Aleksandra V. Kralinina	
Features of hemodynamic regulation in rabbits during parenteral administration of trypsin	
Research article	202532403
Mariya A. Dobryakova, Mikhail A. Bragin, Natalya A. Veselova	
Environmental enrichment strategies for Eurasian Lynxes, <i>Lynx lynx</i> (Linnaeus, 1758) in captivity environments	
Original article	202532402
Aleksandra V. Kralinina, Semyon D. Galyga, Anna A. Podyapol'skaya, Vladimir G. Vertiprakhov	
Effect of Nitox-trypsin complex hemodynamics and morphobiochemistry in rabbits	
Research article	202532405
Irina V. Afrina, Kirill A. Afrin, Artem A. Kidov	
Age structure and fecundity of the moor frog (<i>Rana arvalis</i> , Amphibia, Anura, Ranidae) in urban ecosystems of Moscow, Russia	
Research article	202532406
Tatiana K. Zheleznova	
Avifauna structure of the Tomsk Region	
Research article	202532404
Vladimir O. Erashkin, Ksenia I. Andreeva, Daria V. Guridova, Artem A. Kidov	
Initial findings on the use of dietary carotenoids in the rearing of juveniles <i>Lacerta media</i> Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata)	

SOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

Original article	202532601
Julia E. Guseva, Alexei M. Pronin, Galina A. Smolina	
Effect of coffee grounds on spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) yield on sod-podzolic medium loamy soil	
Original article	202532602
Yuriy G. Bezborodov, Alina O. Dorozhkina	
Optimizing remote sensing-based methodology for drained land monitoring: a case study of the Leningrad Region	

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ /
BIOLOGICAL RESOURCES, ECOLOGY
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Оригинальная научная статья

УДК 330.15: 504: 81`373.46

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-02>



**Терминосистема «зеленой» экономики в полилингвальном аспекте:
переводческие стратегии для устойчивого использования
биологических ресурсов**

Елена Николаевна Ширлина, Якопо Винья-Тальянти,
Алла Юрьевна Команова, Елизавета Николаевна Сидорова,
Наталья Анатольевна Сергеева

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

Автор, ответственный за переписку: Елена Николаевна Ширлина;
shirlina@rgau-msha.ru

Аннотация

Статья посвящена изучению приемов перевода терминов «зеленой» экономики, представляющей собой относительно новое направление экономической науки, целью которого является устойчивое использование биологических ресурсов. Вследствие того, что ее терминосистема еще не сформирована, перевод специальных текстов в этой сфере нередко вызывает трудности и содержит ошибки. Таким образом, актуальность исследований обусловлена необходимостью систематизации терминологии, относящейся к области «зеленой» экономики, и поиска оптимальных способов ее передачи при переводе с других языков. Авторами были проанализированы 145 терминов «зеленой» экономики на английском, русском, немецком, французском и итальянском языках, полученные методом сплошной выборки из специальных глоссариев и пособия, содержащего специальные тексты и терминологическую лексику «зеленой» экономики. Для поиска переводческих соответствий были проведены анализ дефиниций и контекстуальный анализ. Материал исследований представляет собой тексты из открытых интернет-источников. В качестве исходного был выбран английский язык, который является основным источником терминов в данной области. Англоязычные термины из сферы «зеленой» экономики были разделены согласно их формальной структуре на однокомпонентные и многокомпонентные. Далее подобрали соответствующие им термины на других языках и проанализировали используемые переводческие приемы. В результате исследований перевода наиболее частотных однокомпонентных и многокомпонентных терминов «зеленой» экономики с английского языка на русский, немецкий, французский и итальянский было определено, что основной проблемой для переводчика служит параллельное существование нескольких вариантов перевода одного и того же термина, что представляет собой дублетность, которая влияет на качество перевода. Было выявлено, что калькирование – предпочтительный переводческий прием в первую очередь для многокомпонентных терминов, который позволяет в полной мере раскрыть значение переводимой терминологической единицы. Дальнейшие исследования в этой области позволят систематизировать терминосистему «зеленой» экономики и разработают рекомендации по переводу терминов, не имеющих постоянного эквивалента.

Ключевые слова

зеленая экономика, терминосистема, переводческие приемы, эквивалентность, устойчивое развитие, биологические ресурсы

Для цитирования

Ширлина Е.Н., Винья-Тальянти Я., Команова А.Ю., Сидорова Е.Н. и др. Терминосистема «зеленой» экономики в полилингвальном аспекте: переводческие стратегии для устойчивого использования биологических ресурсов // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532102. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-02>

BIOLOGICAL RESOURCES

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-02>



Terminology system of green economy in a multilingual context: translation strategies for sustainable use of biological resources

Elena N. Shirlina, Jacopo Vigna-Taglianti, Alla Yu. Komanova,
Natalya A. Sergeeva, Elizaveta N. Sidorova

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

Corresponding author: Elena N. Shirlina; shirlina@rgau-msha.ru

Abstract

The present article is dedicated to the study of methods for translating terms from the field of green economy, a relatively new area of economics aimed at sustainable use of biological resources. In the absence of a fully developed terminology system, the process of translating specialized texts in this field can be challenging and is susceptible to errors. Therefore, the relevance of this study arises from the need to organize terminology in the field of green economy and to ascertain the most efficacious methods of conveying it during the process of translation from other languages. The authors analyzed 145 terms from the field green economy in English, Russian, German, French, and Italian languages, collected through selection from specialized glossaries and a handbook containing specialized texts and terminology from the field of green economy. Along with the analysis of definitions, contextual analysis was conducted to identify equivalents in translation. The research material comprised texts that are freely available online. The English language was selected as the primary source language for this study, as it is the language in which these terms are originally expressed. The English terms were divided into two categories: single-component terms and multicomponent ones. Subsequently, the corresponding terms in other languages were identified and the translation techniques were analyzed. After studying the translation of some of the most common English terms into Russian, German, French, and Italian, it was found that the main challenge for translators is the existence of multiple translation options for a single term. This phenomenon is referred to as a doublet, and its present can affect the quality of the translation. Calquing has been identified as the preferred translation shift for multicomponent terms, as it facilitates a more accurate and comprehensive understanding of the term's meaning. Further research in this area would allow to systematize the terminology of green economy and develop guidelines for translating terms that do not have a permanent equivalent.

Keywords

Green economy, terminology system, translation shifts, equivalence, sustainability, biological resources

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Shirlina E.N., Vigna-Taglianti J., Komanova A.Yu., Sidorova E.N. et al. Terminology system of green economy in a multilingual context: translation strategies for sustainable use of biological resources. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532102. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-02>

Введение Introduction

Устойчивое развитие в разных отраслях производства является ценностью российского общества, которая способствует достижению продовольственной безопасности, стабильному экономическому росту, улучшению качества жизни населения. Обеспечением стабильного развития экономики при сохранении биологических ресурсов и уменьшении воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду занимается «зеленая» экономика.

«Зеленая» экономика все еще не имеет общепринятого определения и нередко рассматривается в связи с другими концептами устойчивого развития: как результат «зеленого роста» (Green Growth) и средство для достижения устойчивого развития (Sustainable Development) [1]. Чаще всего под ней понимают переход к экономической модели, основанной на устойчивом и сбалансированном производстве, обмене, потреблении и совместном использовании экономических и социальных преимуществ, с особой заботой о природных ресурсах и окружающей среде [2].

Являясь относительно новым направлением экономической науки, возникшим в конце XX в., «зеленая» экономика еще не имеет сформировавшейся терминосистемы, что приводит к трудностям и ошибкам при переводе специальных текстов в этой области на русский язык. Таким образом, существует необходимость в систематизации терминологический лексики, относящейся к сфере «зеленой» экономики, и в поиске оптимальных способов ее передачи при переводе с других языков.

Основными причинами трудностей при переводе терминов «зеленой» экономики и их систематизации являются ориентация терминологии на нормы и стандарты европейских стран и США (в которых терминосистема «зеленой» экономики также находится в процессе становления), преобладание англоязычных терминов, не имеющих устоявшихся эквивалентов, параллельное использование нескольких терминов, обозначающих одно и то же понятие, терминологические лакуны. Кроме того, постоянно появляются новые термины, перевод которых требует специальных знаний в данной области. Еще одной трудностью является междисциплинарный характер терминов из сферы «зеленой» экономики, которые относятся к экологии, праву, экономике, сельскому хозяйству [3].

Характерной особенностью терминосистемы «зеленой» экономики является преобладание многокомпонентных терминов, что нередко затрудняет их перевод. В основном такие термины объединяют в себе компоненты из области экономики и экологии, что отражает тенденцию рассмотрения вопросов экологии как экономических проблем [4].

Существенной проблемой является неполнота существующих словарей и справочников по «зеленой» экономике. Глоссарий Всемирного фонда дикой природы (WWF) 2018 г. объединяет в себе справочник и двуязычный англо-русский глоссарий [5]. Представленные в нем термины подразделены на две группы: общие термины и организации, инициативы в области зеленых финансов. Таким образом, авторы систематизировали лексику по тематическому принципу, однако пользоваться глоссарием для поиска эквивалентов менее удобно. Кроме того, глоссарий ограничен по объему, и в некоторых случаях перевод является неточным: например, транскрипция при переводе термина Thun Group of Banks – Группа банков Тан (группа банков названа по швейцарскому городу Тун).

Глоссарий терминов и понятий «зеленой» экономики, представленный на информационно-аналитическом портале ECOTECO.ru, включает в себя более 400 терминов с подробными определениями, однако охватывает в основном область энергетики и градостроительства,

а не биологических ресурсов [6]. Кроме того, обращает на себя внимание отсутствие англоязычных эквивалентов у большинства терминов (например, термин «зеленая» декларация представлен без эквивалента, а термин «зеленые» здания сопровождается английским эквивалентом ‘green buildings’). Значения некоторых терминов трудно разграничить: например, терминов «ресайклинг» и «рециклинг», оба из которых представляют собой перевод английского термина ‘recycling’, но означают разные процессы переработки вторичного сырья.

Что касается англоязычных глоссариев по «зеленой» экономике, можно отметить, в частности, «Glossary of Green Terms and Definitions» Международной ассоциации организаторов выставок IAVM, который может стать основой для полизычного глоссария, однако он также ограничен по объему и включает в себя мало реалий [7].

Цель исследований: систематизация терминологии, относящейся к области «зеленой» экономики, и поиск оптимальных способов ее передачи при переводе с других языков.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований послужили 145 терминов «зеленой» экономики на английском, русском, немецком, французском и итальянском языках, полученные методом сплошной выборки из специальных глоссариев: англо-немецко-турецкий Green Glossary [8], терминов и понятий «зеленой» экономики ECOTECO [6].

Также для поиска английских и русских терминов в области «зеленой» экономики было использовано пособие «Towards a Greener Economy in English», включающее в себя специальные тексты и терминологическую лексику разных разделов «зеленой» экономики [9].

Поиск переводческих соответствий осуществлялся с помощью анализа дефиниций и контекстуального анализа. В качестве материала были использованы тексты из открытых интернет-источников: например, сайта Института экономики Германии (Institut der deutschen Wirtschaft), сайта Министерства окружающей среды и энергетической безопасности Италии (Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza energetica), сайта Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН, сайтов Европейской комиссии и Совета Европы, сайта Министерства экологии, устойчивого развития, транспорта и жилищного строительства Франции (Ministère de l’Énergie (France)), сайта Центра стратегических разработок (центра «зеленой» экономики и энергетики).

В качестве исходного был выбран английский язык, который является основным источником терминов в данной области. Англоязычные термины из области «зеленой» экономики были подразделены по их формальной структуре на однокомпонентные и многокомпонентные, после чего к ним были подобраны эквивалентные им термины на других языках и рассмотрены приемы, с помощью которых они были переведены.

Несмотря на то, что часть специализированной англоязычной лексики из области «зеленой» экономики имеет регулярные соответствия на других языках, некоторые термины представляют собой лакуны в одном или нескольких языках перевода или имеют целый ряд соответствий. Перевод таких терминологических неологизмов требует использования переводческих приемов [10].

Опираясь на классификацию, предложенную В.Н. Комиссаровым, мы выделяем следующие приемы для перевода терминов «зеленой» экономики: лексические трансформации (транскрипция, транслитерация, калькирование, конкретизация, генерализация), грамматические трансформации (замена части речи), лексико-грамматические трансформации (экспликация и антонимический перевод), опущение и добавление [11]. К этим приемам можно добавить трансплантацию и логическую синонимию. Трансплантация представляет собой перенос иностранного слова в русский текст с полным сохранением его иноязычного написания [12]. Логическая синонимия – это замена единицы исходного языка на единицу языка перевода, которая является ее синонимом, при этом не имея ни более широкое, ни более узкое значение, что позволяет отделить этот прием от генерализации и конкретизации [13]. Также стоит отметить, что при переводе многокомпонентных терминов нередко наблюдается использование нескольких приемов – например, калькирования и трансплантации.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Немецкий язык

Из 28 однокомпонентных терминов 18 (64,29%) переведено на немецкий язык с помощью калькирования. При этом большинство терминов восходит к общим латинским (decarbonization – Dekarbonisierung) и греческим корням (eco-toxicology – Ökotoxikologie), а также к заимствованиям из английского (ecodesign – Ökodesign) или немецкого языков (biodiesel – Biodiesel). Эти термины понятны реципиенту благодаря своей семантической прозрачности. В ходе анализа был обнаружен пример семантической кальки, когда слово ‘mitigation’ (смягчение, уменьшение) в качестве термина

«зеленой» экономики приобрело значение «мероприятия по сокращению выбросов или усилению поглощения парниковых газов», и в немецком языке для обозначения того же явления было выбрано слово ‘Milderung’, которое также означает «смягчение, уменьшение».

На втором месте по частотности стоит трансплантация (4 примера из 28, то есть 14,29%), которая используется для перевода слов, часто встречающихся в текстах, посвященных экологии и «зеленой» экономике, в том числе в публицистике, благодаря чему они понятны массовому реципиенту и находятся на пути превращения в заимствования. Это термины ‘Brownfield’ (заброшенный промышленный объект, на основе которого можно построить новый, чтобы снизить расходы на строительство), ‘Freecycle’ (способ утилизации ненужных вещей, когда потребители бесплатно ими обмениваются), ‘Greenwashing’ (попытки производителя представить свою продукцию как экологически безопасную, в то время как она таковой не является) и ‘Xeriscaping’ (садоводство с использованием засухоустойчивых растений и водосберегающих технологий).

Среди приемов перевода многокомпонентных терминов нам также встретились логическая синонимия (biomimicry – Bionik, degrowth – Wachstumsrücknahme, eco-friendly – umweltfreundlich), экспликация (biocycle – biologischer Kreislauf, biodegradable – biologisch abbaubar) и добавление (disposable – Einwegartikel). Экспликация в обоих случаях представляет собой перевод сложносокращенных терминов словосочетаниями.

Из 117 многокомпонентных терминов 58 переведены с помощью калькирования (49,57%). В основном они представлены терминами, состоящими из компонентов, которые имеют постоянные соответствия в немецком языке. Данные термины обозначают вещества (abiotic raw materials – abiotische Rohstoffe), механизмы и практики устойчивого развития (sustainable manufacturing – nachhaltige Produktion), источники энергии (renewable energy sources – erneuerbare Energiequellen), показатели и единицы измерения (physical emissions intensity – physische Emissionsintensität), а также организации (High-Level Political Forum on Sustainable Development – Hochrangiges Politisches Forum für Nachhaltige Entwicklung). Следует обратить внимание на то, что многокомпонентные термины, которые переводятся при помощи калькирования, нередко содержат прилагательные или причастия (hazardous wastes – gefährliche Abfälle, nature-based solutions – naturbasierte Lösungen) или состоят из прилагательных (measurable, reportable and verifiable – messbar, meldepflichtig und überprüfbar). Ввиду особенностей немецкого словообразования ряд двухкомпонентных терминов переводится на немецкий язык однокомпонентными терминами (sustainability

process – Nachhaltigkeitsprozess, blue spaces – Blau-räume и др.), а английские термины, представляющие собой атрибутивные цепочки, в некоторых случаях требуют добавления предлогов в немецком языке (biomass fuel – Treibstoff aus Biomasse). Термины, входящие в данную группу, обладают ясной внутренней формой и, как правило, понятны для широкого круга реципиентов. Однако стоит отметить, что при наличии у англоязычного термина варианта, представляющего собой аббревиатуру, ее в большинстве случаев не переводят на немецкий язык (International Reference Life Cycle Data System (ILCD) – Internationales Referenzsystem für Lebenszyklusdaten (ILCD)).

18 многокомпонентных терминов переведены с помощью трансплантации (15,38%). Тематически большинство терминов этой группы представляет собой названия международных проектов, нормативных актов и организаций, что делает оправданным такой способ перевода: Naturvation (Nature Based Urban Innovation) – Naturvation (Nature Based Urban Innovation), Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD) – Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD), Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) – Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) и др. Однако сюда также входят термины, которые в случае передачи беспереводным методом могут быть непонятны широкой аудитории: Cradle to Cradle – подход к разработке и производству продукции, направленный на минимизацию отходов; Cap and Trade System – государственная система регулирования, призванная ограничить общий уровень выбросов определенных химических веществ (в частности, углекислого газа) в результате промышленной деятельности, и др.

Среди проанализированных примеров нам встретилось 8 случаев (6,84%) перевода английских многокомпонентных терминов с помощью полукальки, а именно сочетания калькирования и трансплантации. В этом случае трансплантированные слова и корневые морфемы хорошо известны широкому кругу реципиентов (closed loop recycling – geschlossener Recyclingkreislauf, Integrated Pest Management – Integriertes Schädlingsmanagement, Integrated Waste Management – Integriertes Abfallmanagement, material input per service unit – Materialinput pro Serviceeinheit, open loop recycling – offener Recyclingkreislauf, sustainability rating – Nachhaltigkeitsrating) или представляют собой аббревиатуру (LEED Certification – LEED-Zertifizierung).

В единичных случаях для перевода терминов используются конкретизация (6 терминов), логическая синонимия (5 терминов), экспликация (3 термина), добавление (2 термина), генерализация и антонимический перевод (по одному термину).

Например, при переводе английских многокомпонентных терминов, содержащих ‘carbon’ (углевод), на немецкий язык используется компонент CO₂ (диоксид углерода, углекислый газ), что делает термины более точными: Carbon Border Adjustment Mechanism – CO₂-Grenzausgleichsmechanismus, carbon credit – CO₂-Zertifikat, carbon emissions – CO₂-Emissionen, carbon footprint – CO₂-Fußabdruck.

Особую трудность представляют собой термины, имеющие несколько вариантов перевода. Среди рассмотренных нами 117 многокомпонентных терминов таких оказалось 11 (9,40%). Для перевода этих терминов используется как калькирование, так и другие приемы перевода – такие, как трансплантация: Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol, GHGP) – Greenhouse Gas Protocol (трансплантация), Treibhausgasprotokoll/Treibhausgas-Protokoll/ THG-Protokoll (калькирование); полукалька: Forests, Land and Agriculture (FLAG) Emissions – Emissionen aus Wäldern, Land und Landwirtschaft (калькирование)/FLAG-Emissionen (полукалька); логическая синонимия: sustainable city – die nachhaltige Stadt (калькирование)/die zukunfts-fähige Stadt (логическая синонимия); конкретизация: non-renewable material – nicht erneuerbare Materialien (калькирование)/nicht erneuerbare Ressourcen (конкретизация); опущение: white energy certificate – Weiße Energie Zertifikat (калькирование)/weißes Zertifikat (опущение); добавление: UNEP, UN Environment Programme – UNEP (трансплантация)/UNO-Umweltpogramm (добавление)/Umweltpogramm der Vereinten Nationen (калькирование). Таким образом, терминологические варианты в немецком языке представляют собой либо результат трансплантации и калькирования, либо разные варианты калькирования. Параллельное существование нескольких вариантов затрудняет процесс перевода, однако является естественным на этапе формирования новой терминосистемы.

Французский язык

Из 28 однокомпонентных терминов 20 (71,43%) переведено с помощью калькирования. У большей части терминов латинские (decarbonization – décarbonation) и греческие корни (eco-toxicology – écotoxicologie), однако есть заимствования из немецкого языка (biodiesel – biodiesel).

Вторым по частотности приемом перевода стала логическая синонимия (4 примера из 28, то есть 14,29%): biomimicry – biomimétisme; brownfield – friche industrielle; ecodesign – écoconception; eco-friendly – écologique.

У трех однокомпонентных терминов было несколько вариантов перевода. Так, на примере перевода термина biodiesel можно увидеть такие приемы перевода, как калькирование (biogazole), полукальку (biodiésel) и трансплантацию (biodiesel).

В двух других случаях термины greenwashing и xeriscaping функционируют в языке перевода либо без формальных изменений английской формы (greenwashing (трансплантация), xeriscaping (трансплантация)), либо в преобразованном, доступном виде, с помощью приема логической синонимии: *écoblanchiment* (логическая синонимия), *xéropaysagisme* (логическая синонимия). Прием трансплантации использовался при переводе однокомпонентных терминов лишь один раз (freecycle – freecycle).

Из 117 многокомпонентных терминов 65 переведены на французский с помощью калькирования (55,56%). В их составе представлены компоненты, имеющие постоянные соответствия во французском языке. Данные термины обозначают вещества (abiotic raw materials – ressources abiotiques), механизмы и практики устойчивого развития (sustainable consumption – consommation responsable), источники энергии (non-renewable energy source – sources d'énergies non renouvelables), организации (International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI) – Conseil international pour les initiatives écologiques locales), программы и соглашения (UN Development Programme (UNDP) – Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), Kyoto Protocol – Protocole de Kyoto). Отмечается, что в состав многокомпонентных терминов, которые переводятся при помощи калькирования, нередко входят прилагательные (Industrial Ecology (IE) – écologie industrielle, Sustainable City – ville durable). Более того, существует термин, состоящий только из прилагательных (Measurable, Reportable and Verifiable (MRV) – Mesurable, Notifiable et Vérifiable). Следует заметить, что английские термины, представляющие собой атрибутивные цепочки, на французский язык переводятся с добавлением предлогов (change management – gestion du changement). Интересно: если у англоязычного термина существует вариант в качестве аббревиатуры, то в равной степени возможно, что во французском языке она останется без перевода (Integrated Waste Management (IWM) – gestion intégrée des déchets) или же приобретет новый вид согласно переводу (Global Climate Observing System (GCOS) – Système mondial d'observation du climat (SMOC)).

С помощью приема трансплантации переведены 8 многокомпонентных терминов (6,84%). Применение данного способа перевода может быть оправдано тем, что тематически к ним относятся в основном названия международных проектов, нормативных актов и организаций: Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD) – Task Force on Climate Related Financial Disclosures (TCFD), Coalition for Digital Environmental Sustainability (CODES) – Coalition for Digital Environmental Sustainability (CODES) и др. Однако

следует отметить, что некоторые термины, передаваемые беспереводным методом, могут быть непонятны широкой аудитории: Cradle to Grave – линейный, односторонний поток материалов в процессе и последовательного превращения из сырья в отходы с необходимостью складирования, и др.

В единичных случаях для перевода терминов используются добавление (5 терминов), логическая синонимия (4 термина), опущение (3 термина), конкретизация (3 термина), генерализация (3 термина), полукалька (3 термина), трансплантация в сочетании с добавлением, экспликация и замена части речи (по одному термину). Например, при переводе английских многокомпонентных терминов, содержащих атрибутивную цепочку, на французский язык используется прием добавления, что позволяет реципиенту считывать больший объем информации: Impact Investing – investissement à impact social; Sustainability Indicators – indicateurs de durabilité environnementale.

Также стоит отметить отсутствие перевода 8 английских терминов во французском языке. Причиной этого может служить их узкая специализация, так как они используются в рамках более широких понятий, имеющих эквиваленты в языке перевода.

Особое внимание нами удалено терминам, обладающими несколькими вариантами перевода. Среди проанализированных 117 терминов таких оказалось 12 (10,26%). Для перевода этих терминов используется как калькирование, так и другие приемы перевода – такие, как трансплантация: Partnership for Carbon Transparency (PACT) – Partnership for Carbon Transparency (PACT) (трансплантация)/Partenariat pour la Transparence Carbone (PACT) (калькирование); логическая синонимия: green job – emplois verts (калькирование)/emplois écologiques (логическая синонимия); генерализация: Hydrologic Cycle – cycle de l'eau (генерализация)/cycle hydrologique (калькирование); экспликация и опущение: white energy certificate – certificat d'économies d'énergie (экспликация)/un certificat blanc (опущение). Иногда наличие нескольких вариантов перевода одного термина обуславливается региональными вариантами языка. Так, на примере перевода термина Unit-Based Pricing (PAYT, Pay-As-You-Throw) в обоих случаях используется прием логической синонимии: taxe au sac (вариант перевода, использующийся на территории Швейцарии) и paiement aux déchets (вариант перевода, использующийся на территории Франции). Таким образом, терминологические варианты во французском языке являются результатом использования логической синонимии и калькирования либо разных вариантов калькирования.

Итальянский язык

Большинство однокомпонентных терминов (50,00%) переведено на итальянский язык путем калькирования. К ним относятся в основном термины, образованные с помощью латинских и греческих корней (например, *decarbonation* – *decarbonizzazione*, *ecotoxicology* – *ecotossicologia*). Среди калькированных терминов самым интересным является, пожалуй, перевод сложного прилагательного *landfill-free* как *no discarica* – выражение, которое встречается как в СМИ, так и на официальных сайтах госадминистрации (например, на сайте коммуны Реканати). Как отмечается в энциклопедии Треккани, использование отрицательного наречия *no* в качестве префиксса нестандартно для итальянского языка, но стало распространяться под влиянием подобных английских выражений вместо более стандартного префикса *anti-* [14]. Как правило, префиксса *no* + существительное образует не изменяемые по числу и роду фразы, которые выполняют функцию прилагательного, при этом их можно писать как через дефис, так и без него.

Также относительно распространен прием трансплантации (4 из 28 терминов, или 14,29%), так как прямое заимствование терминов с английского языка без изменения их формы достаточно распространено в итальянском языке. Это термины *ecodesign*, *biodiesel*, *freecycle*, *xeriscaping*. В случае первых двух следует отметить, что они образованы с помощью греческих приставок *eco-* и *bio-*, а их корни *design* и *diesel* уже давно устоялись в итальянском языке в качестве прямых заимствований из английского и немецкого языков соответственно.

Среди приемов перевода однокомпонентных терминов также встречаются добавление (*neutralization* – *neutralità carbonica*), логическая синонимия (*eco-friendly* – *ecologico*), экспликация (*brown-field* – *area industriale dismessa*, то есть «заброшенный промышленный район»).

7 из 28 однокомпонентных терминов (25,00%) имеют два или более вариантов перевода. В основном представлены приемы калькирования, трансплантации и экспликации в разных комбинациях: разные варианты калькирования (*biomimicry* – *biomimesi/biomimica/biomimetica*), калькирование и трансплантация (*decoupling* – *disaccoppiamento/decoupling*), калькирование и экспликация (*by-product* – *sottoprodotto/prodotto secondario*; *biodiversity* – *biodiversità/diversità biologica*), трансплантация и экспликация (*greenwashing* – *greenwashing/ecologismo di facciata*), разные варианты экспликации (*energy-efficient* – *ad alta efficienza energetica/efficiente dal punto di vista energetico*), а также разные варианты логической синонимии (*disposable* – *monouso/a perdere/usa e getta*).

При переводе многокомпонентных терминов чаще всего встречается прием калькирования (71 из 117, или 60,68%), который в 13 случаях (11,11%) сочетается с другими трансформациями. К «простому» калькированию относятся термины из разных сфер – таких, как бухгалтерский учет (*integrated reporting* – *rendicontazione integrata*), налогообложение (*nationally determined contributions* – *contribute determinati a livello nazionale*; *carbon credit* – *credito di carbonio*), экономика (*natural capital* – *capitale naturale*; *polluter pays principle* – *principio «chi inquina paga»*), политика (*EU taxonomy* – *tassonomia EU*), утилизация и переработка отходов (*closed loop recycling* – *riciclaggio a circuito chiuso*; *waste disposal* – *gestione dei rifiuti*; *waste diversion* – *diversione dei rifiuti*), а также названия химических веществ (*greenhouse gases* – *gas serra*; *volatile organic compound* – *composto organico volatile*). Среди калькированных терминов можно еще выделить две отдельные и относительно широкие подгруппы: с одной стороны, термины, связанные с понятием «устойчивость» (*sustainability process* – *pianificazione di sostenibilità*; *sustainability strategy* – *strategia di sostenibilità*; *sustainable city* – *città sostenibile*; *sustainable consumption* – *consumo sostenibile*; *sustainable development* – *sviluppo sostenibile*; *sustainable development goals* – *obiettivi di sviluppo sostenibile*); с другой стороны, подгруппа названий программ и инициатив ООН (*UN Conference on Environment and Development (UNCED)* – *Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo*; *UN Conference on Trade and Development (UNCTAD)* – *Conferenza delle Nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo*; *UN Development Programme (UNDP)* – *Programma delle Nazioni Unite per lo sviluppo*; *UN Environment Programme (UNEP)* – *Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente*; *UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)* – *Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici*; *UN Global Compact* – *Patto mondiale delle Nazioni Unite*). Следует отметить, что калькирование многокомпонентных терминов в большинстве случаев подразумевает добавление служебных слов – таких, как предлоги и предложные словосочетания, поскольку в отличие от английского в итальянском языке нельзя использовать существительные в роли предeterminатива: например, при переводе такой «цепочки» существительных, как *carbon border adjustment mechanism*, в итальянском языке содержащиеся в ней существительные переводятся в обратном порядке с добавлением простых или сложных (артикулированных) предлогов: *meccanismo di adeguamento del carbonio alle frontiere*. Поскольку в таких случаях добавление обусловлено разницей между грамматическими системами исходного и переводящего языков, все подобные термины

были рассмотрены как примеры «простого» калькирования без учета добавления как отдельного приема.

Однако обнаружены и случаи, когда при переводе многокомпонентных терминов совместно с калькированием применяется и прием добавления полнозначных слов: Kyoto mechanisms – meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto; sustainability indicators – indicatori di sostenibilità ambientale; waste assessment – classificazione e caratterizzazione dei rifiuti; International Reference Life Cycle Data System (ILCD) – sistema internazionale di riferimento sui dati relativi al ciclo di vita. Также калькирование применялось в сочетании с конкретизацией (carbon emissions – emissioni di CO₂), логической синонимией (anthropogenic greenhouse emissions – effetto serra antropico; physical emission intensity – fattore di emission fisica), опущением (integrated pest management – lotta integrata; International Council for Local Environmental Initiatives – amministrazioni locali per la sostenibilità). Присутствуют также полукальки: cap and trade system – sistema cap-and-trade; energy performance contract – contratto di performance energetica; LEED certification – certificato LEED; sustainability rating – rating di sostenibilità.

Прием трансплантации достаточно распространен (13,68%): в частности, обнаружены 12 случаев «простой» трансплантации и 4 термина, переведенные с помощью сочетания трансплантации с другими приемами. Большую часть трансплантированных терминов представляют собой названия программ, групп, инициатив – таких, как Carbon Disclosure Project (CDP), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Global Reporting Initiative (GRI) и др. Трансплантация сочетается с добавлением (CSRD – Direttiva CSRD; Naturvation – Progetto Naturnation), логической синонимией (unit-based pricing (Pay-As-You-Throw) – tariffa puntuale «Pay-As-You-Throw»), генерализацией (EU Green Deal – Green Deal europeo).

В отдельных случаях встречаются и другие приемы перевода включая опущение (3 термина), конкретизацию (2 термина), логическую синонимию и экспликацию (по одному термину). Также следует отметить, что в открытых онлайн-источниках на итальянском языке не было упоминания двух терминов (BREEAM Green Building Rating System и Waste-to-Profit), которые следует рассматривать как переводческие лакуны.

Имеет разные варианты перевода 21 из 117 изученных многокомпонентных терминов (17,95%). Во всех комбинациях один вариант перевода представляет собой кальку английского термина, а (11,97%) второй вариант чаще всего является примером трансплантации. В 7 случаях и калькирование, и трансплантация применяются в чистом виде (например, cradle to cradle – dalla

culla alla culla/cradle to cradle; green jobs – «lavori Verdi»/green jobs), в 6 случаях калькирование применяется совместно с другими переводческими приемами (Global Environment Facility – Fondo per l'ambiente mondiale (с конкретизацией)/Global Environment Facility; International Financial Recording Standards – norme per la rendicontazione finanziaria (с опущением)/International Financial Recording Standards; net zero – zero emissioni nette (с добавлением)/net zero), в одном случае трансплантация сочетается с добавлением (Forests, Land and Agriculture (FLAG) emissions – emissioni legate a foreste, territorio e agricoltura/emissioni del settore FLAG). 4 термина (3,42%) переведены с помощью альтернативных вариантов калькирования (carbon footprint – impronta carbonica/impronta di carbonio; climate change impact – conseguenze dei cambiamenti climatici/effetti dei cambiamenti climatici; nature-inspired technologies – tecnologie ispirate alla natura/tecnologie bioispirate; sustainable manufacturing – produzione sostenibile/manifattura sostenibile), 2 термина (1,71%) – с помощью калькирования или экспликации (carbon sequestration – sequestro del diossido di carbonio (с добавлением)/cattura e stoccaggio del diossido di carbonio; white energy certificate – certificato bianco (с опущением); titolo di efficienza energetica), один термин (0,85%) – с помощью калькирования или генерализацией (hydrological cycle – ciclo idrologico/ciclo dell'acqua).

Русский язык

Из 28 однокомпонентных терминов 18 (64,29%) переведено на русский язык с помощью калькирования. Большинство терминов представляют собой латинские, греческие и англоязычные заимствования: decarbonization – декарбонизация; eco-toxicology – экотоксикология; ecodesign – экодизайн.

На втором месте по частотности находится логическая синонимия (5 примеров из 28, или 17,86%): greenwashing – зеленый камуфляж; disposable – одноразовый; landfill-free – без свалок.

Среди приемов перевода однокомпонентных терминов также встречаются экспликация (brownfield – реконструируемый промышленный объект; mitigation – смягчение последствия) и транскрипция (decoupling – декаплинг; freecycle – фрирайкл), что способствует наиболее полному пониманию терминологии в рамках «зеленой» экономики.

Кроме того, 2 термина (7,14%) имеют несколько вариантов перевода, в частности, калькирование и экспликация: xeriscaping – ксерискапирование (калькирование)/ксерийный ландшафтный дизайн (экспликация); deforestation – обезлесение (калькирование)/вырубка лесов (экспликация).

Из 117 многокомпонентных терминов на калькирование приходится 62 (52,99%). Среди данных терминов наиболее распространеными являются соответствия, обозначающие вещества (abiotic raw materials – неорганическое сырье; Ozone Depleting Substance (ODS) – озоноразрушающее вещество (OPB)), источники энергии (non-renewable energy source – невозобновляемый источник энергии), процессы (Carbon Sequestration – сокрытие углерода), организации и соглашения (Kyoto Protocol – Киотский протокол; World Climate Conference (WCC) – Всемирная климатическая конференция (ВКК)). Следует отметить, что многокомпонентные термины в рамках «зеленой» экономики представляют собой в основном адъективные и субстантивные коллокации, что обусловлено спецификой формирования русскоязычных терминов. Исследования также показали, что при наличии у англоязычного термина варианта, представляющего собой аббревиатуру, она в большинстве случаев трансплантируется (LEED Certification – LEED сертификация), транслитерируется (UN Conference on Environment and Development (UNCED) – Конференция ООН по окружающей среде и развитию (ЮНЕСКО)) либо полностью отсутствует в переведимом варианте.

Следует отметить, что в чистом виде трансплантация терминов в рамках «зеленой» экономики является наименее характерным способом перевода на русский язык, в то время как логическая синонимия представляет собой второй по частотности использования (12 терминов, или 10,26%) метод перевода многокомпонентных терминов на русский язык: например, Global Environment Facility (GEF) – Глобальный экологический фонд (ГЭФ). Еще 12 многокомпонентных терминов из 117 (10,26%) переведены при помощи метода добавления (Circular Economy Principles – принципы экономики замкнутого цикла), что позволяет обеспечить наиболее точную передачу смысла и нюансов в рамках «зеленой» экономики.

Экспликация и ее комбинации с другими приемами перевода также являются одним из способов передачи терминов на русский язык в рамках «зеленой» экономики: beyond value chain mitigation (BVCM) – смягчение последствий за пределами цепочки создания стоимости (BVCM); EU Biodiversity Strategy for 2030 – Стратегия ЕС по сохранению биоразнообразия до 2030.

Самую малочисленную группу представляют термины, переведенные с использованием приема конкретизации (4 термина из 117, или 3,42%): green job – зеленое рабочее место; urban green – городской сад. Термины, переведенные при помощи данного метода, обозначают локации, названия организаций и протоколов.

Кроме того, в отдельную категорию нами были вынесены термины, имеющие несколько вариантов перевода. Среди рассмотренных

117 терминов таких оказалось 10. Для перевода используются как калькирование, так и другие приемы – такие, как экспликация (Cradle to Cradle – циркулярная экономика), конкретизация (Corporate Citizenship – корпоративная социальная ответственность (KCO)), опущение (Physical Emissions Intensity – интенсивность выбросов), логическая синонимия (Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) – трансграничный углеродный налог).

Общие тенденции

Исходя из отдельно, проведенного для каждого языка, анализа выделены некоторые тенденции в процессе образования соответствующих терминологических систем в сфере «зеленой» экономики.

Интересным явлением можно считать присутствие разных вариантов перевода для отдельно взятых терминов. Как отмечалось выше, данное явление характерно для еще развивающихся, не устоявшихся терминологических систем. В данном случае все рассмотренные языки уже достигли относительной устойчивости, поскольку число терминов, имеющих несколько альтернативных вариантов перевода, варьируется от 10 до 28 единиц, то есть от 7,59 до 19,31% (рис. 1). Наиболее стабильной из всех является терминологическая система русского языка, а наименее стабильной – система итальянского языка.

Что касается перевода изучаемых терминов (рис. 2), на всех рассматриваемых языках наиболее распространенным приемом перевода является калькирование. Показатель для данного приема (в том числе в сочетании с другими переводческими трансформациями) варьируется от 62,22% (58,52 + 3,70%) в русском языке до 72,65% (61,54 + 11,11%) в итальянском языке.

Распространенность применения приема трансплантации (наряду с транскрипцией в русском языке) свидетельствует о том, насколько приемлемо использовать прямые заимствования в процессе образования новой терминологической системы в определенном языке, а какие языки, наоборот, предпочитают использовать «свои» слова. К прямому заимствованию относятся 5,92% терминов в русском языке (1,48% – путем транскрипции; 0,70 и 3,70% – путем трансплантации в простой форме и в сочетании с другими приемами); 7,69% – во французском (6,92 и 0,77%); 17,10% – в итальянском (13,68 и 3,42%); 17,17% – в немецком (16,42 и 0,75%).

Применение приема логической синонимии (5,97% – в немецком; 6,15% – во французском; 1,71% – в итальянском; 12,59% – в русском языках) говорит о том, что терминосистемы рассматриваемых языков отчасти развиваются самостоятельно, вследствие чего слова, которые не считаются словарными эквивалентами, могут быть использованы

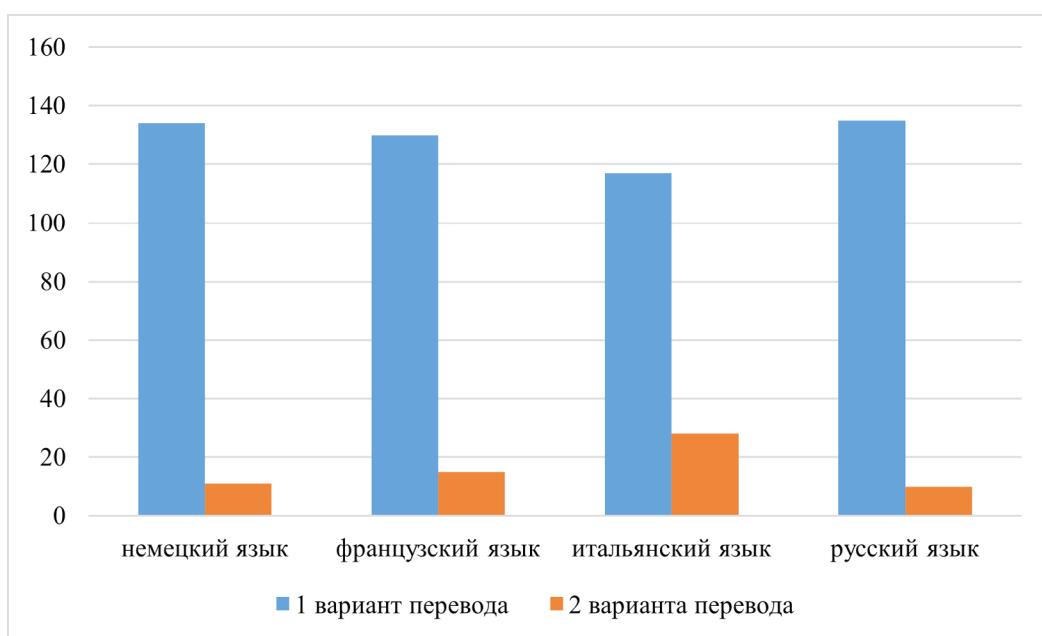


Рис. 1. Соотношение терминов, имеющих 1 или 2 варианта перевода на изучаемых языках

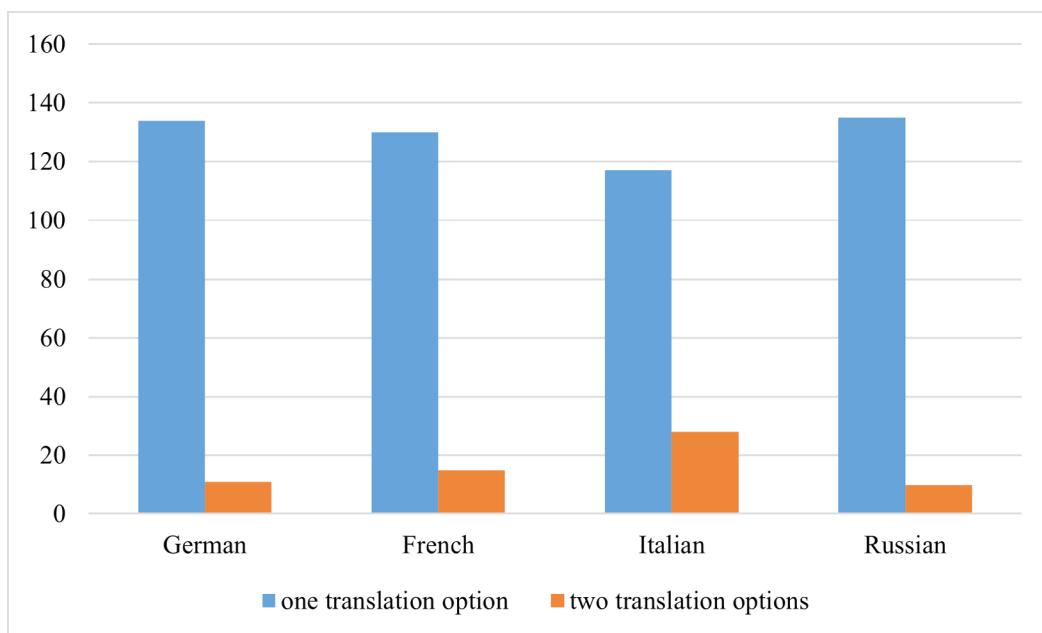
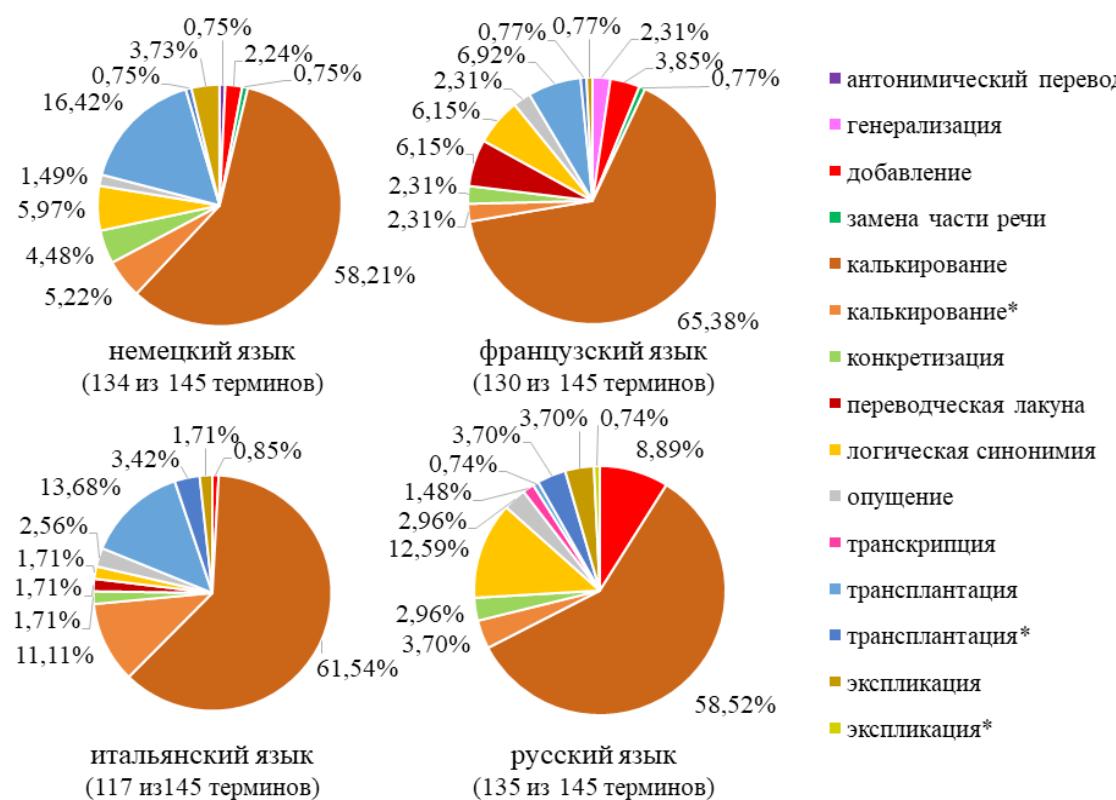


Fig. 1. Ratio between terminological units with one or two translation options in the languages under study

в качестве лексических соответствий в конкретной области «зеленой» экономики. Приемы добавления (2,24% – в немецком; 3,85% – во французском; 0,85% – в итальянском; 8,89% – в русском языках), конкретизации (4,48% – в немецком; 2,96% – во французском; 1,71% – в итальянском; 2,96% – в русском языках) и экспликации (3,73% – в немецком; 0,77% – во французском; 1,71% – в итальянском; 4,44% – в русском) означают более высокий уровень терминологической точности, в то время как приемы генерализации (2,31% – во французском) и опущения (1,49% – в немецком;

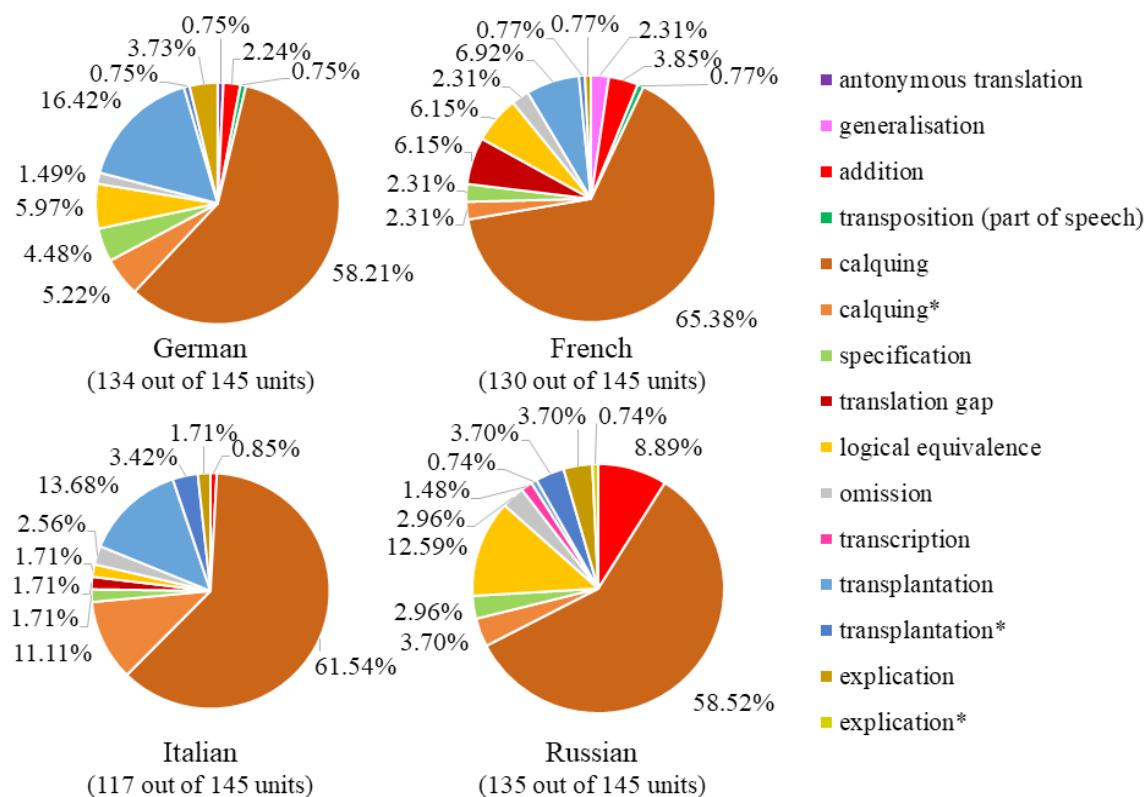
2,31 – во французском; 1,71% – в итальянском; 2,96% – в русском языках) характеризуют обратное явление. Среди рассматриваемых терминов не были обнаружены эквиваленты нескольких единиц только во французском и итальянском языках, их процентное соотношение составило 6,15 и 1,71% соответственно.

В присутствии нескольких вариантов перевода наблюдается соотношение между количеством терминов и возможными комбинациями приемов: чем больше терминов, тем больше возможных комбинаций (рис. 3).



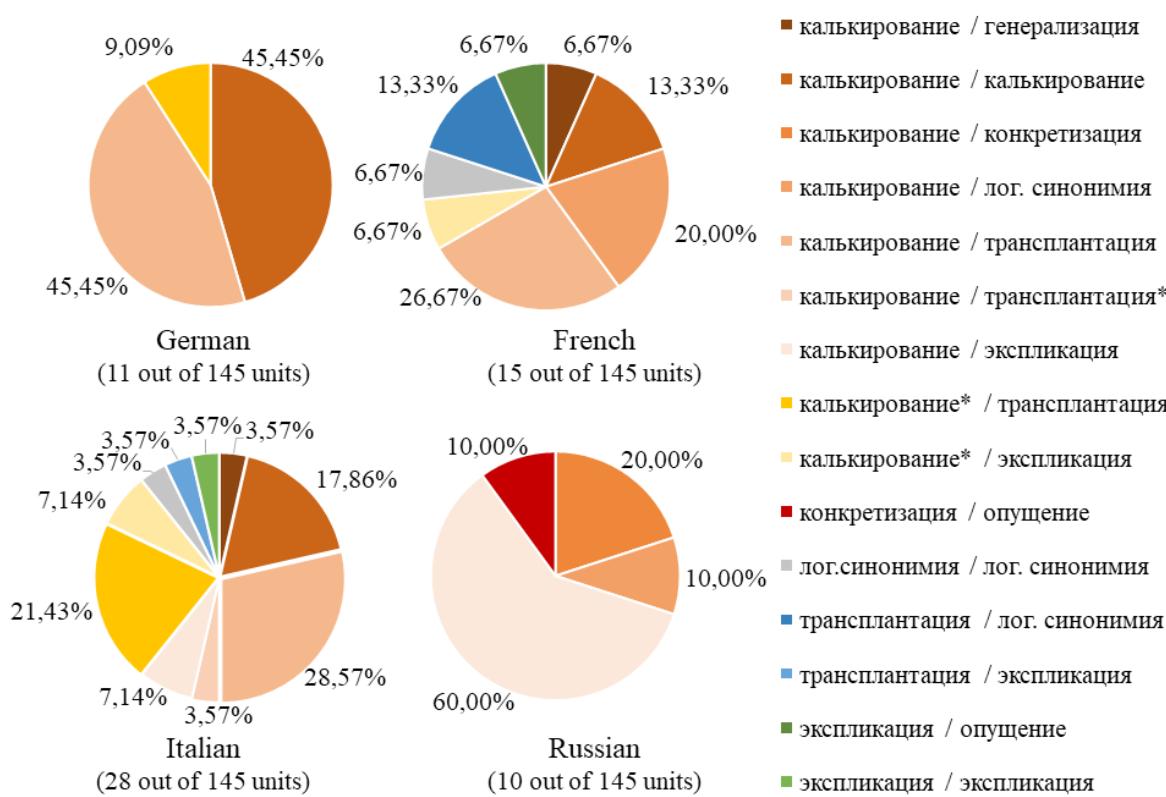
Примечание: знак * означает, что прием применяется в сочетании с другим приемом.

Рис. 2. Сравнительный анализ приемов, использованных при переводе изучаемых терминов на разные языки (1 вариант перевода)



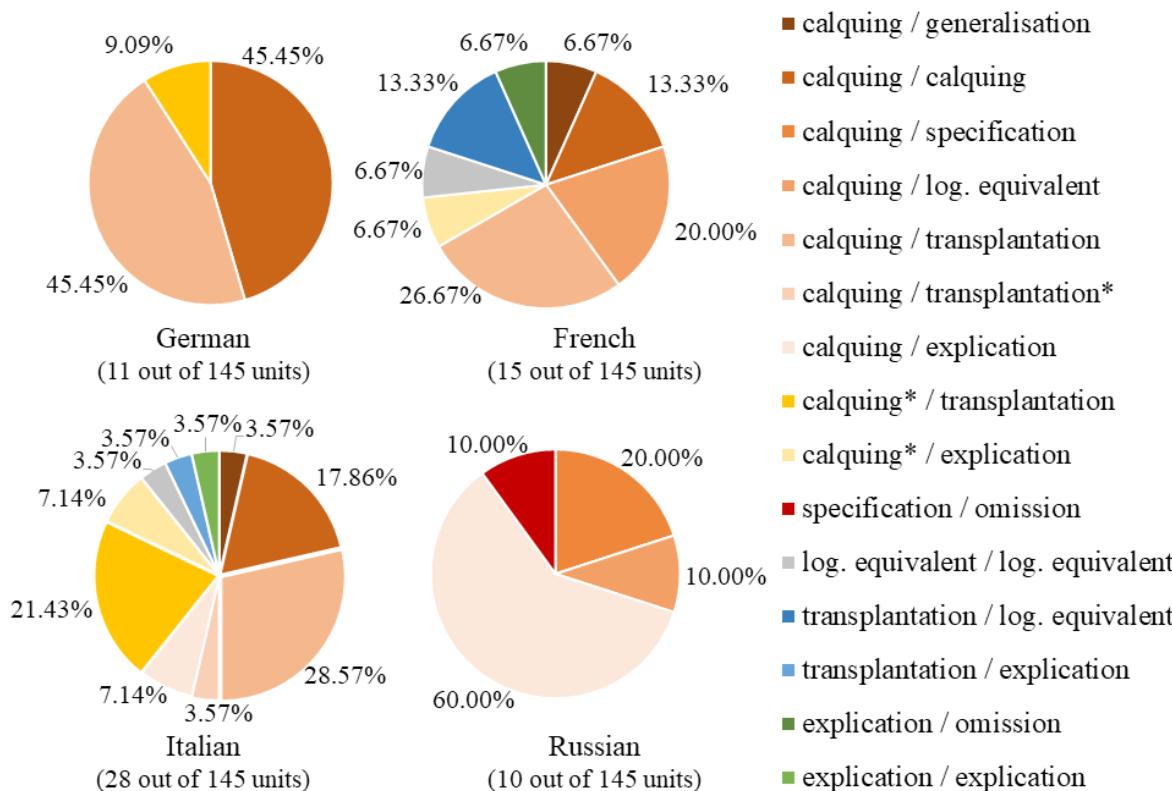
N.B.: an asterisk * is used to signify that the translation shift is combined with another translation shift.

Fig. 2. Comparison of the translation shifts applied in different languages when translating the terminological units under study (one translation option)



Примечание: знак * означает, что прием применяется в сочетании с другим приемом.

Рис. 3. Сравнительный анализ приемов, использованных при переводе изучаемых терминов на разные языки (2 варианта перевода)



N.B.: an asterisk * is used to signify that the translation shift is combined with another translation shift.

Fig. 3. Comparison of the translation shifts applied in different languages when translating the terminological units under study (two translation options)

Из 15 выделенных комбинаций подобающее большинство включает в себя прием калькирования (7 раз – в простой форме, 2 раза – в сочетании с другими трансформациями). При этом в трех языках применение двух вариантов калькирования – относительно распространенная комбинация (45,5% – в немецком; 13,33% – во французском; 17,86% – в итальянском). Трансплантация и экспликация занимают второе место по частотности применения, фигурируя в 5 комбинациях. В трех языках выбор между калькированием и трансплантацией является весьма распространенным (54,54% – в немецком; 33,34% – во французском; 53,57% – в итальянском).

Выводы

Conclusions

Систематизация лексики из сферы «зеленой» экономики и подбор переводческих эквивалентов для перевода специализированных

текстов являются главным условием формирования системы знаний и развития устойчивых технологий, необходимой для рационального использования биологических ресурсов. Анализ перевода наиболее частотных однокомпонентных и многокомпонентных терминов «зеленой» экономики с английского языка на русский, немецкий, французский и итальянский языки показал, что основной проблемой является не лакунарность, а наличие нескольких параллельно функционирующих вариантов перевода одного и того же термина, что нарушает требование об отсутствии дублетности и влияет на точность перевода. Предпочтительным приемом перевода, в первую очередь для многокомпонентных терминов, является калькирование, которое позволяет раскрыть значение переводимой лексической единицы. Дальнейшие исследования в этой области позволят выработать основные принципы систематизации терминосистемы «зеленой» экономики и рекомендации по переводу терминов, не имеющих постоянного эквивалента.

Список источников

1. Georgeson L., Maslin M., Poessinouw M. The global green economy: a review of concepts, definitions, measurement methodologies and their interactions. *Geo: Geography and Environment*. 2017;4(1): e00036. <https://doi.org/10.1002/geo2.36>
2. Adamowicz M. Green Deal, Green Growth and Green Economy as a Means of Support for Attaining the Sustainable Development Goals. *Sustainability*. 2022;14:5901. <https://doi.org/10.3390/su14105901>
3. Бабушкина Л.Е., Порческу Г.В., Сергеева Н.А. Терминосистема зеленой экономики (на материале английского языка) // Профессиональная коммуникация в полиглазичном пространстве: междисциплинарный подход: Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, Москва, 7-9 ноября 2024 г. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. С. 11-17. EDN: DBFXZO
4. Винья-Тальянти Я., Сидорова Е.Н., Ширлина Е.Н. Особенности фрейма «зеленая экономика» в англоязычном политическом дискурсе // Современные

References

1. Georgeson L., Maslin M., Poessinouw M. The global green economy: a review of concepts, definitions, measurement methodologies and their interactions. *Geo: Geography and Environment*. 2017;4(1): e00036. <https://doi.org/10.1002/geo2.36>
2. Adamowicz M. Green Deal, Green Growth and Green Economy as a Means of Support for Attaining the Sustainable Development Goals. *Sustainability*. 2022;14:5901. <https://doi.org/10.3390/su14105901>
3. Babushkina L.E., Porchescu G.V., Sergeeva N.A. Terminology system of green economy (based on the English language). *II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Professionalnaya kommunikatsiya v poliyazychnom prostranstve: mezhdisciplinarnyy podkhod'*. November 7-9, 2024. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2024:11-17. (In Russ.)
4. Vigna-Taglianti J., Sidorova E.N., Shirlina E.N. Features of the frame ‘green economy’ in the English-speaking political discourse. *Modern Studies of Social*

- исследования социальных проблем. 2022. Т. 14, № 4. С. 223-250. <https://doi.org/10.12731/2077-1770-2022-14-4-223-250>
5. Бабенко М.В., Бик С.И., Постнова А.И. *Зеленая экономика: определения и понятия*. Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2018. 36 с. EDN: IJVBHI
6. *Глоссарий терминов и понятий «Зеленой» экономики* // ECOTECO. URL: <https://ecoteco.ru/library/magazine/1/economy/glossariy-terminov-i-ponyatiy-zelenoy-ekonomiki/> (дата обращения: 24.07.2025)
7. *Glossary of Green Terms and Definitions* // IAAM Sustainability Committee. URL: https://www.iavm.org/sites/default/files/documents/Green_Glossary_of_Terms_and_Definitions_for_International_Association_of_Assembly_Managers_final.pdf (дата обращения: 14.05.2025)
8. *Green Glossary: Concepts, Equivalents, Relationships, Meaning* // Turkish Machinery. URL: <https://green-glossary.com/index> (дата обращения: 24.07.2025)
9. Бабушкина Л.Е., Порческу Г.В., Султанова И.В. *Towards a Greener Economy in English*: Учебное пособие. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. 101 с. EDN: SOPLTD
10. Алипичев А.Ю., Порческу Г.В., Сергеева Н.А. Специальная лексика в научно-популярном тексте и ее перевод // *Вестник Череповецкого государственного университета*. 2023. № 2 (113). С. 7-19. <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2023-2-113-1>
11. Комиссаров В.Н. *Теория перевода (лингвистические аспекты)*: Учебник для институтов и факультетов иностранных языков. М.: Высшая школа, 1990. 253 с.
12. Кузьмина Н.А., Макарова О.С. Трансплантация как способ заимствования новейших англо-американизмов (по материалам современной молодежной прессы) // *Омский научный вестник*. 2008. № 5 (72). С. 130-134. EDN: KNWVUX
13. Плахотнюк Л.А., Воронько Р.И. Лексико-семантические замены в переводе юридических текстов // *Инновационная наука*. 2023. № 3-2. С. 88-91. EDN: OPQYWR
14. *Lessico del XXI secolo* // Treccani. URL: https://www.treccani.it/enciclopedia/elenco-opere/Lessico_del_XXI_Secolo/ (дата обращения: 14.05.2025)
- Issues. 2022;14(4):223-250. (In Russ.) <https://doi.org/10.12731/2077-1770-2022-14-4-223-250>
5. Babenko M.V., Bik S.I., Postnova A.I. *Green economy: definitions and concepts*. Moscow, Russia: World Wildlife Fund (WWF), 2018:36. (In Russ.)
6. *Glossary of terms and concepts of the “Green” economy*. ECOTECO. (In Russ.) URL: <https://ecoteco.ru/library/magazine/1/economy/glossariy-terminov-i-ponyatiy-zelenoy-ekonomiki/> (accessed: May 14, 2025)
7. *Glossary of Green Terms and Definitions*. IAAM Sustainability Committee. URL: https://www.iavm.org/sites/default/files/documents/Green_Glossary_of_Terms_and_Definitions_for_International_Association_of_Assembly_Managers_final.pdf (accessed: July 24, 2025)
8. *Green Glossary: Concepts, Equivalents, Relationships, Meaning*. Turkish Machinery. URL: <https://green-glossary.com/index> (accessed: July 24, 2025)
9. Babushkina L.E., Porchesku G.V., Sultanova I.V. *Towards a Greener Economy in English*: a textbook. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2023:101.
10. Alipichev A.Yu., Porchesku G.V., Sergeeva N.A. Translation of specialized vocabulary in popular science writing. *Cherepovets State University Bulletin*. 2023;(2(113)):7-19. (In Russ.) <https://doi.org/10.23859/1994-0637-2023-2-113-1>
11. Komissarov V.N. *Translation theory (linguistic aspects)*: a textbook for institutes and faculties of foreign languages. Moscow, Russia: Vysshaya shkola, 1990:253. (In Russ.)
12. Kuzmina N.A., Makarova O.S. Transplantation as a way of borrowing the latest Anglo-Americanisms (based on materials from the modern youth press). *Omsk Scientific Bulletin*. 2008(5(72)):130-134. (In Russ.)
13. Plakhotnyuc L.A., Voronko R.I. Lexical and semantic substitutions in the translation of legal texts. *Innovation Science*. 2023;(3-2):88-91. (In Russ.)
14. *Lessico del XXI secolo*. Treccani. URL: https://www.treccani.it/enciclopedia/elenco-opere/Lessico_del_XXI_Secolo/ (accessed: May 14, 2025)

Сведения об авторах

Елена Николаевна Ширлина, доцент кафедры иностранных и русского языков, кандидат филологических наук, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: shirlina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7397-6985>

Якопо Винья-Тальянти, старший преподаватель кафедры иностранных и русского языков, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: jacopo.vignataglianti@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8449-544X>

Алла Юрьевна Команова, доцент кафедры иностранных и русского языков, кандидат филологических наук, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: scaralla@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4659-314X>

Елизавета Николаевна Сидорова, преподаватель кафедры иностранных и русского языков, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: en.sidorova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1550-1145>

Наталья Анатольевна Сергеева, старший преподаватель кафедры иностранных и русского языков, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: sergeeva_nat@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

Статья поступила в редакцию 22.05.2025
Одобрена после рецензирования 27.06.2025
Принята к публикации 29.06.2025

Information about the authors

Elena N. Shirlina, CSc (Philol), Associate Professor at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: shirlina@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7397-6985>

Jacopo Vigna-Taglianti, Senior Lecturer at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: jacopo.vignataglianti@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8449-544X>

Alla Yu. Komanova, CSc (Philol), Associate Professor at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: scaralla@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4659-314X>

Elizaveta N. Sidorova, Lecturer at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: en.sidorova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1550-1145>

Natalya A. Sergeeva, Senior Lecturer at the Department of Russian and Foreign Languages, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: sergeeva_nat@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7116-3526>

The article was submitted to the editorial office May 22, 2025
Approved after reviewing June 27, 2025
Accepted for publication June 29, 2025

ЭКОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 502*53

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01>



Экологическая оценка состояния воздушных масс санитарно-защитной зоны химического предприятия методом лихеноиндикации

Мария Васильевна Тихонова, Алексей Вячеславович Бузылёв,
Ярослава Сергеевна Жигалева, Илюшкова Елена Михайловна,
Дарья Александровна Никишина, Ольга Станиславовна Латышева

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

Автор, ответственный за переписку: Мария Васильевна Тихонова;
tmv@rgau-msha.ru

Аннотация

Экологическое микрозонирование санитарно-защитной зоны (СЗЗ) химических предприятий позволяет минимизировать экологические риски и экономические издержки использования промышленных зон. Апробированные в условиях представительных объектов методы лихеноиндикации создают информационно-методическую основу для его эффективного проведения. В статье рассмотрены закономерности пространственной дифференциации и сезонной динамики уровня загрязнения атмосферного воздуха санитарно-защитной зоны химического комбината «Каменский», выявленного посредством проведения полевых исследований с использованием современных методов лихеноиндикации. Дифференциальный анализ участков санитарно-защитной зоны химического комбината «Каменский», находящихся на разном расстоянии от границы предприятия с учетом розы ветров, позволил установить наиболее загрязненный квадрат СЗЗ предприятия – юго-западный квадрат. Полученные результаты исследований свидетельствует о выраженным тренде ухудшения экологической ситуации с приближением к производственным объектам предприятия и максимальном проявлении влияния предприятия на состав лишайниковых сообществ вблизи границы, при доминировании факторов внешнего влияния на состав лишайников в периферийной части санитарно-защитной зоны. Результаты лихеноиндикационных исследований подтвердили высокий индикационный потенциал использования лишайников для экологической оценки воздуха санитарно-защитной зоны химических предприятий.

Ключевые слова

загрязнение воздуха, санитарно-защитные зоны, экологическая оценка промышленных территорий, биоиндикация, лихеноиндикация, комбинат «Каменский»

Для цитирования

Тихонова М.В., Бузылёв А.В., Жигалева Я.С., Илюшкова Е.М. и др. Экологическая оценка санитарно-защитной зоны химического комбината «Каменский» методом лихеноиндикации // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532101. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01)

ECOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01>



Ecological assessment of air quality within the sanitary protection zone of a chemical plant using lichen indication methods

**Marya V. Tikhonova, Aleksey V. Buzylev, Yaroslava S. Zhigaleva, Elena M. Iliushkova,
Daria A. Nikishina, Olga S. Latysheva**

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

Corresponding author: Marya V. Tikhonova; tmv@rgau-msha.ru

Abstract

Ecological microzoning of the sanitary protection zone (SPZ) of chemical plants allows minimizing ecological risks and economic costs associated with the use of industrial areas. Lichen indication methods, validated under representative site conditions, provide an information and methodological basis for its effective implementation. This article examines the patterns of spatial differentiation and seasonal dynamics of atmospheric air pollution levels within the sanitary protection zone of the Kamensky chemical plant, identified through field studies using modern lichen indication methods. Differential analysis of sections within the Kamensky chemical plant's sanitary protection zone, located at varying distances from the plant boundary and taking into account wind rose data, revealed the most polluted quadrant of the plant's SPZ – the southwest quadrant. The research results demonstrate a pronounced trend of environmental degradation with proximity to the plant's production facilities, with the plant's influence on lichen community composition being most pronounced near the boundary, while external factors dominate lichen composition in the peripheral part of the sanitary protection zone. The results of the lichen indication studies confirmed the high indicative potential of using lichens for ecological air quality assessment within the sanitary protection zone of chemical plants.

Keywords

Air pollution, sanitary protection zones, ecological assessment of industrial areas, bioindication, lichen indication, Kamensky chemical plant

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Tikhonova M.V., Buzylev A.V., Zhigaleva Ya.S., Iliushkova E.M. et al. Ecological assessment of air quality within the sanitary protection zone of a chemical plant using lichen indication methods. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532101. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-1-01)

Введение

Introduction

Со второй половины XX в. наблюдается стремительное ухудшение экологической обстановки в мире, особенно в промышленно развитых странах. Это приводит к периодическому пересмотру прежних экологических концепций экологического мониторинга и охраны природы с поиском новых эффективных методов контроля за уровнем загрязнения базовых компонентов окружающей среды и состоянием биоты на всех уровнях ее организации [1].

Одними из основных методических задач экологического мониторинга и оценки окружающей среды являются выбор биоиндикаторов и определение их толерантности [2]. Традиционно большое значение для оперативной оценки уровня загрязнения окружающей среды имеет изучение

видового состава лишайников в сопоставимых условиях естественных экосистем и в разной мере антропогенно измененных вариантах урбоэкосистем. Лишайники весьма чувствительны к изменениям в окружающей среде, особенно к загрязнению воздуха [3], поэтому применение метода лихеноиндикации уже в течение нескольких десятилетий является широко распространенной практикой экологического мониторинга для оценки уровня загрязнения окружающей среды [4].

По таксономическому составу и состоянию лишайников можно делать оперативные выводы о загрязнении воздуха и наличии в нем целого ряда токсичных веществ, которые могут отрицательно влиять и на другие виды биоты [5]. Поэтому лихеноиндикация играет важную роль при оценке экологического состояния урбоэкосистем и может эффективно использоваться для экологического мониторинга уровня их загрязнения [6].

Лихеноиндикационные исследования могут помочь выявить и предотвратить негативные последствия урбанизации, а также способствовать разработке и реализации эффективных мер по охране окружающей среды.

Цель исследований: проведение мониторинговых наблюдений за приземным слоем воздуха на территории санитарно-защитной зоны комбината «Каменский» методом лихеноиндикации с пространственно дифференцированной оценкой экологического качества воздушных масс и оценкой эффективности биометода мониторинга в условиях комбинаторного воздействия предприятия и компонентов окружающей городской среды.

Методика исследований Research methods

Полевые исследования проводились в 2022 и 2024 гг. в городе Каменск-Шахтинский Ростовской области, в санитарно-защитной зоне химического комбината «Каменский», расположенному в западной промышленной зоне города. Предприятие производит полиэфирные и алкидные лаки, техническую и очищенную соль NaMХУК, натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), специальную и этиловый спирт. Биота в пределах его санитарно-защитной зоны испытывает комплексное влияние промышленного, транспортного и рекреационного воздействия [7].

Каменск-Шахтинский расположен на Донецком кряже, поэтому рельеф преимущественно холмистый. В городе преобладают высоты от 100 до 200 м над уровнем моря. Основными почвообразующими породами являются песчаники, песчанистые и глинистые сланцы. Почвенный покров представлен черноземом южным. Локально на поверхность выходят грунтовые воды. Вдоль поймы реки Северский Донец расположены обширные лесные массивы. Чаще всего в лесу можно встретить ясень, тополя или клен. Есть искусственные созданые полезащитные полосы [8].

Экологические проблемы города Каменск-Шахтинский имеют схожий со многими районами области характер: выбросы в атмосферу, отходы предприятий. Загрязнение атмосферного воздуха остается одним из ведущих факторов, оказывающих негативное влияние на окружающую природную среду и здоровье населения. Уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Каменск-Шахтинского остается достаточно высоким, поэтому снижение негативного воздействия на атмосферный воздух является важнейшей городской задачей и приоритетным направлением экологической политики администрации.

Для оценки показателей лихеноиндикации был выделен квадрат для отбора проб, состоящий из 4 участков, на территории санитарно-защитной зоны комбината «Каменский» (рис. 1). Точка № 1 расположена в северо-западной части СЗЗ, на расстоянии 400 м от транспортной остановки «Комбинат».

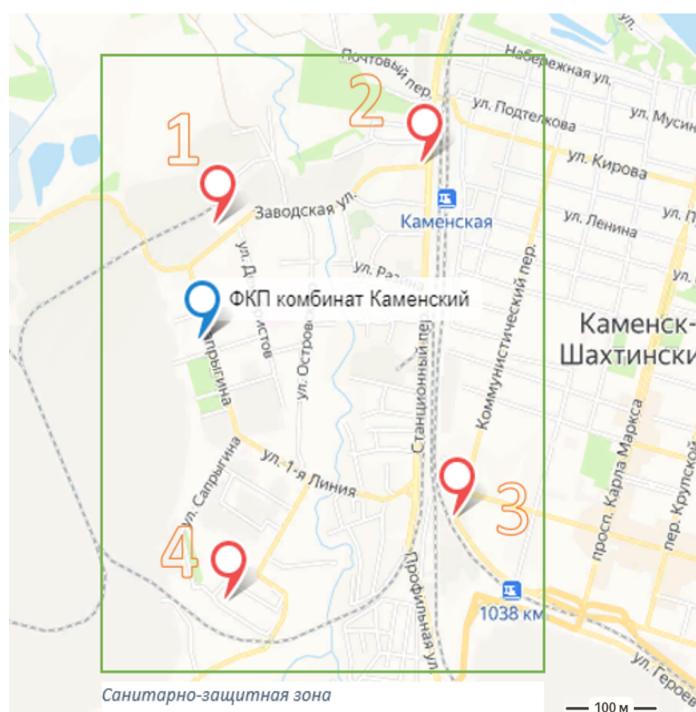


Рис. 1. Схема расположения точек пробоотбора для химического анализа на территории СЗЗ комбината «Каменский» (Yandex, 2025)

Fig. 1. Map of sampling locations for chemical analysis within the SPZ of the Kamensky chemical plant (Yandex, 2025)

Верхний ярус растительности представлен тополем черным (*Populus Nigra L.*) (*Populus*), осиной (*Populus tremula*) (*Populus*) и дубом черешчатым (*Quercus robur*) (*Quercus*). Древостой характеризуется удовлетворительной жизненностью, то есть обладает достаточным потенциалом для роста, развития и выполнения своих функций в экосистеме несмотря на стихийную свалку бытового мусора площадью 10 м² в непосредственной близости от него (на расстоянии 13 м).

Точка № 2 находится на склоне 4-6% в северо-восточной части СЗЗ, сразу за центральной дорогой данного микрорайона. По составу фитоценоза она почти не отличается от первого участка. Древостой – удовлетворительной жизненности (удовлетворительный темп роста деревьев, соответствующий их возрасту и видовой принадлежности). Основную видимую антропогенную нагрузку оказывает центральная дорога микрорайона.

Точка № 3 находится в юго-восточной части СЗЗ перед жилой зоной микрорайона. По составу фитоценоза также почти не отличается от первого участка. Древостой – удовлетворительной жизненности (достаточные густота и развитость листвы, отсутствуют признаки заболеваний и повреждений).

Точка № 4 находится в юго-западной части СЗЗ перед жилой зоной микрорайона. Эта часть СЗЗ активно используется для рекреации: на территории наблюдается большое количество бытовых отходов и следов костищ. Древостой – удовлетворительной жизненности (хорошая развитость корневой системы без признаков увядания и гниения). Здесь широко представлены степные растения – травы и мелкие кустарники. Среди них доминируют коровяк обыкновенный (*Verbáscum thápsus*), адонис весенний (*Adónis vernalis*), касатик безлистный (*Iris aphylla*).

Основным методом пассивной лихеноиндикации является измерение проективного покрытия лишайников на пробных площадках. При заложении пробной площадки выбирался участок с деревьями одной породы и примерно одного возраста (не менее 10 лет). Для измерения численности лишайников на деревьях использовался метод проективного покрытия [10]. Этот способ основан на соотношении проективного покрытия ствола

дерева лишайниками и суммарного количества видов лишайников доминантного вида (рис. 2).

На основе полученных данных производился расчет проективного покрытия поверхности деревьев различными лишайниками, выраженный в процентах. Проективное покрытие определялось для каждого вида лишайника в отдельности, с балльной оценкой степени покрытия (табл. 1).

Индекс полеотолерантности высчитывался по формуле (1) для всей территории санитарно-защитной зоны и для каждого из четырех ее квадратов:

$$IP = \sum [(A_i \times C_i) / C_n], \quad (1)$$

где n – количество видов на описанной пробной площадке; A_i – класс полеотолерантности каждого вида; C_i – проективное покрытие каждого отдельного вида, балл; C_n – сумма значений покрытия всех видов, балл [6].

В соответствии с полученным индексом полеотолерантности оценивали уровень загрязнения территории по диоксиду серы (табл. 2).

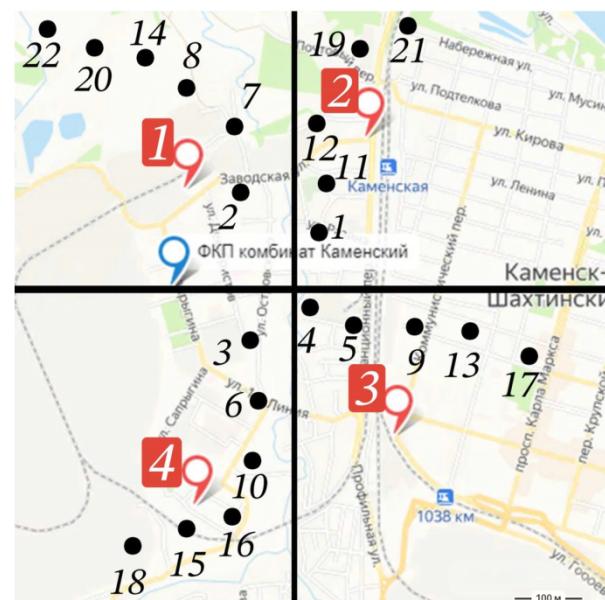


Рис. 2. Схема расположения исследуемых деревьев на территории СЗЗ комбината «Каменский» (Yandex, 2025)

Fig. 2. Location of sampled trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant (Yandex, 2025)

Таблица 1 / Table 1

Величина проективного покрытия, балл

Projective cover value, points

Балл <i>Point</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покрытие, % <i>Coverage, %</i>	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

Индекс полеотолерантности

Poleotolerance index

IP	Концентрация SO ₂ , мг/м ³ Concentration SO ₂ , mg/m ³	Условная зона Hypothetical zone
1-2	Менее 0,01 Less than 0,01	Нормальная Normal
2-5	0,01-0,03	Малого загрязнения Slight Pollution
5-7	0,03-0,08	Среднего загрязнения Moderate Pollution
7-10	0,08-0,10	Сильного загрязнения Heavy Pollution
10	0,10-0,30	Критического загрязнения Critical Pollution
0	Более 0,30 More than 0,30	Лишайниковая пустыня Lichen Desert

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В период проведения мониторинговых наблюдений с мая по июль 2022 г. и 2024 г. отмечалась близкая к среднемноголетней температура воздуха в мае; в июне и июле показатели были выше среднемноголетних (табл. 3).

Анализ сезонной динамики погодных условий в 2022 и 2024 гг. показывает, что температура воздуха в летние месяцы имеет тенденцию повышения. Это может быть связано с изменением климата, антропогенным воздействием и варьированием атмосферной циркуляции [9]. Тем не менее данные показатели позволяют рассмотреть их в качестве наиболее значимых представительных погодных условий для проведения мониторинговых наблюдений за состоянием техногенного загрязнения приземного слоя воздуха санитарно-защитной зоны химического предприятия.

В ходе исследований была выявлена зависимость видового состава лишайников и их количества на исследуемых деревьях от их положения на территории СЗЗ (табл. 3-6).

Лишайник *Parmelia subaurifera* (рис. 3) относится к 4 классу полеотолерантности, представители которого обычно встречаются в естественных (часто), слабо (часто) и умеренно антропогенно измененных местообитаниях (редко). В нашем случае он отмечается во всех квадратах

санитарно-защитной зоны, кроме северо-западного (табл. 3), чаще всего – в юго-западном квадрате. Наибольшая площадь проективного покрытия отмечена в северо-восточном квадрате на дереве № 21, составляя 6,03%.

Анализ площади проективного покрытия *Parmelia subaurifera* в юго-восточном квадрате санитарно-защитной зоны в 2022 и 2024 гг. показал незначительное увеличение. На дереве № 5 площадь проективного покрытия возросла с 1,06% в 2022 г. до 1,09% в 2024 г., что соответствует приросту в 0,03%. Данные наблюдения свидетельствуют о благоприятных условиях для развития *Parmelia subaurifera* в юго-восточном квадрате, который согласно результатам предыдущих исследований является наиболее чистым районом санитарно-защитной зоны.

В юго-западном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается наиболее загрязненным, наблюдается тенденция снижения площади проективного покрытия *Parmelia subaurifera*. На дереве № 3 площадь проективного покрытия снизилась с 2,98% в 2022 г. до 2,64% в 2024 г., что соответствует уменьшению на 0,34%. Аналогичная картина наблюдается на дереве № 16, где площадь проективного покрытия снизилась с 1,33% в 2022 г. до 1,30% в 2024 г., что составляет уменьшение на 0,03%. Эти данные могут свидетельствовать о негативном влиянии загрязнения на развитие *Parmelia subaurifera* в юго-западном квадрате.

Таблица 3 / Table 3

Сезонная динамика погодных условий

Seasonal weather dynamics

Показатели погодных условий <i>Weather condition indicators</i>	Период наблюдения <i>Observation period</i>	Май <i>May</i>	Июнь <i>June</i>	Июль <i>July</i>
Температура воздуха, °C <i>Air temperature, °C</i>	среднемноголетняя <i>long-term average</i>	+22.5	+25.2	+27.1
	2022	+19	+28	+30
	2024	+21.8	+26.3	+30.2
Относительная влажность воздуха, % <i>Relative humidity, %</i>	среднемноголетняя <i>long-term average</i>	61	55	50
	2022	64	56	50
	2024	61	56	54
Скорость ветра, м/с <i>Wind speed, m/s</i>	среднемноголетняя <i>long-term average</i>	3.2	4.0	4.2
	2022	4.1	4.1	4.4
	2024	3.7	4.0	4.4

Таблица 4 / Table 4

Оценка проективного покрытия лишайника *Parmelia subaurifera* (4-й класс полеотолерантности) на деревьях тополя в пределах СЗЗ предприятия в 2022 и 2024 гг.

Projective cover assessment of the lichen *Parmelia subaurifera* (4-th class of poleotolerance) on poplar trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant in 2022 and in 2024

Квадрат СЗЗ <i>Square of the SPZ</i>	№ дерева <i>Tree No.</i>	Расстояние от границы предприятия, м <i>Distance from the plant boundary, m</i>	Площадь проективного покрытия, % <i>Projective cover area, %</i>	
			2022	2024
Юго-восточный <i>Southeast</i>	5	150	1,06	1,09
Юго-западный <i>Southwest</i>	3	100	2,98	2,64
	16	250	1,33	1,30
Северо-восточный <i>Northeast</i>	21	1000	6,03	6,03

В северо-восточном квадрате санитарно-защитной зоны предприятия на дереве № 21 показатель остался неизменным. Сравнивая показатели 2022 и 2024 гг., можно заметить, что на новых деревьях территории санитарно-защитной зоны данный вид лишайника обнаружен не был.

Лишайник вида *Parmelia acetabulum* (рис. 4) относится к 6 классу полеотолерантности, представители которого обычно встречаются в естественных и умеренно антропогенно измененных местообитаниях. В нашем случае он отмечался во всех квадратах санитарно-защитной зоны, кроме

северо-восточного квадрата (табл. 4), чаще всего – в северо-западном квадрате. Наибольшая площадь проективного покрытия отмечена в юго-восточном квадрате на дереве № 5, составив 4,79% в 2022 г., и на дереве № 6 в юго-западном квадрате, где показатель составил 5,20%.

В юго-восточном квадрате санитарно-защитной зоны, более чистом по сравнению с юго-западным, наблюдается значительный прирост площади проективного покрытия *Pamela acetabulum*. На дереве № 6 площадь проективного покрытия возросла с 3,45% в 2022 г. до 5,20% в 2024 г., что соответствует увеличению на 1,75%. Данный факт может указывать на благоприятные условия для развития *Pamela acetabulum* в юго-восточном квадрате, что контрастирует с результатами, полученными для *Pamela subaurifera* в юго-западном квадрате, где наблюдается снижение площади его проективного покрытия.

В северо-западном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается одним из наиболее загрязненных, наблюдается незначительное увеличение площади проективного покрытия *Pamela acetabulum* на дереве № 2. Показатель здесь вырос с 3,30% в 2022 г. до 3,32% в 2024 г., что соответствует приросту в 0,02%. Данный факт свидетельствует о высокой устойчивости *Pamela acetabulum* к неблагоприятным условиям окружающей среды. Несмотря на то, что северо-западный квадрат считается одним из наиболее загрязненных, *Pamela acetabulum* демонстрирует способность адаптироваться к этим условиям.



Рис. 3. *Parmelia subaurifera*

Fig. 3. *Parmelia subaurifera*



Рис. 4. *Parmelia acetabulum*

Fig. 4. *Parmelia acetabulum*

Таблица 5 / Table 5

Оценка проективного покрытия лишайника *Parmelia acetabulum* (6-й класс полеотолерантности) на деревьях тополя в пределах СЗЗ предприятия в 2022 и в 2024 гг.

Projective cover assessment of the lichen *Parmelia acetabulum* (6-th class of poleotolerance) on poplar trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant in 2022 and in 2024

Квадрат СЗЗ <i>Square of the SPZ</i>	№ дерева <i>Tree No.</i>	Расстояние от границы предприятия, м <i>Distance from the plant boundary, m</i>	Площадь проективного покрытия, % <i>Projective cover area, %</i>	
			2022	2022
Юго-восточный <i>Southeast</i>	5	150	4,79	4,79
Юго-западный <i>Southwest</i>	6	150	3,45	5,20
Северо-западный <i>Northwest</i>	2	100	3,30	3,32
	22	1000	3,39	3,39

В северо-западном квадрате активной точкой наблюдения также было дерево № 22, но показатель проективного покрытия на нем остался неизменным как в 2022, так и в 2024 гг., составив 3,39%. То же самое можно сказать и по показателю проективного покрытия на дереве № 5 юго-восточного квадрата санитарно-защитной зоны, где он остался неизменным как в 2022, так и в 2024 гг., составив 4,79%. Важно отметить, что *Pamela acetabulum* не был отмечен на новых деревьях санитарно-защитной зоны предприятия.

Лишайник вида *Parmelia sulcata* (рис. 5) относится к 7 классу полеотолерантности, представители которого встречаются в умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененных местообитаниях. В нашем случае он отмечался во всех квадратах санитарно-защитной зоны, чаще всего – в юго-западном квадрате (табл. 5). Наибольшая площадь проективного покрытия отмечена в юго-восточном квадрате на дереве № 17 как в 2022 г., так и в 2024 г., составив 44,12%.

В юго-западном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается наиболее загрязненным, наблюдается положительная динамика в площади проективного покрытия *Pamela sulcata*. На дереве № 3 площадь проективного покрытия увеличилась с 2,50% в 2022 г. до 2,55% в 2024 г., что составляет прирост в 0,05%. На дереве № 6 наблюдается более значительный прирост: площадь проективного покрытия выросла с 10,46% в 2022 г. до 11,50% в 2024 г., что соответствует увеличению на 1,04%.

Аналогичная тенденция наблюдается на дереве № 15, где площадь проективного покрытия выросла с 19,79% в 2022 г. до 20,21% в 2024 г., что составляет прирост в 0,42%. Такие данные могут свидетельствовать о том, что *Pamela sulcata* демонстрирует высокую устойчивость к загрязнению и способен успешно развиваться даже в условиях повышенной антропогенной нагрузки.

В северо-западном квадрате санитарно-защитной зоны предприятия, который считается одним из наиболее загрязненных, наблюдается увеличение площади проективного покрытия *Pamela sulcata* на дереве № 8. Показатель вырос с 5,06% в 2022 г. до 5,60% в 2024 г., что соответствует приросту в 0,54%. Данный факт, несмотря на загрязнение, свидетельствует о способности *Pamela sulcata* к адаптации к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Несмотря на то, что северо-западный квадрат считается одним из наиболее загрязненных, *Pamela sulcata* демонстрирует способность к росту и развитию в этих условиях, что может указывать на ее высокую устойчивость к антропогенному воздействию. Данный вид лишайника был отмечен на многих исследованных деревьях по всем изученным участкам санитарно-защитной зоны. На новых деревьях при мониторинговых наблюдениях в 2024 г. данный

вид лишайника не был обнаружен. На других деревьях (табл. 5) площадь проективного покрытия осталась неизменной в 2022 и 2024 гг. исследований.

Лишайник вида *Parmelia sulcata* был зафиксирован во всех четырех зонах нашего исследования включая наиболее интересные для нас квадраты санитарно-защитной зоны – такие, как юго-западный участок, отличающийся высокой степенью загрязнения, и северо-восточный, характеризующийся как наиболее чистый среди всех территорий санитарно-защитной зоны.

Лишайники *Physcia hispida* (рис. 6.) и *Physcia stellaris* (рис. 7) относятся к 7 классу полеотолерантности, представители которого обычно встречаются в умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененных местообитаниях. В нашем случае *Physcia hispida* отмечался во всех квадратах санитарно-защитной зоны, чаще всего – в северо-западном.



Рис. 5. *Parmelia sulcata*

Fig. 5. *Parmelia sulcata*



Рис. 6. *Physcia hispida*

Fig. 6. *Physcia hispida*

Таблица 6 / Table 6

Оценка проективного покрытия лишайника *Parmelia sulcata* (7-й класс полеотолерантности) на деревьях тополя в пределах СЗЗ предприятия в 2022 и 2024 гг.

Projective cover assessment of the lichen *Parmelia sulcata* (7-th class of poleotolerance) on poplar trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant in 2022 and in 2024

Квадрат СЗЗ <i>Square of the SPZ</i>	№ дерева <i>Tree No.</i>	Расстояние от границы предприятия, м <i>Distance from the plant boundary, m</i>	Площадь проективного покрытия, % <i>Projective cover area, %</i>	
			2022	2024
Юго-восточный <i>Southeast</i>	4	100	10,83	10,83
	5	150	35,21	35,21
	9	200	9,72	9,72
	13	250	23,57	23,57
	17	300	44,12	44,12
Юго-западный <i>Southwest</i>	3	100	2,50	2,55
	6	150	10,46	11,50
	10	200	14,43	14,43
	15	250	19,79	20,21
	16	250	17,88	17,88
	18	300	23,17	23,17
Северо-западный <i>Northwest</i>	7	150	3,63	3,63
	8	200	5,06	5,60
	14	250	10,27	10,27
	20	300	9,26	9,26
	22	1000	11,21	11,21
Северо-восточный <i>Northeast</i>	1	100	3,17	3,17
	11	200	9,26	9,26
	12	250	5,81	5,81
	19	300	8,77	8,77
	21	1000	5,76	5,76

Примечание. Выделенное цветом значение – увеличение процента проективного покрытия лишайника *Parmelia sulcata* за 2 года (с 2022 по 2024 гг.) на определенных деревьях в разных частях квадрата исследований.

Note. The highlighted value indicates an increase in the percentage of projective cover of the lichen *Parmelia sulcata* over two years (from 2022 to 2024) on selected trees within different parts of the study quadrant.



Рис. 7. *Physcia stellaris*

Fig. 7. *Physcia stellaris*

Наибольшая площадь проективного покрытия лишайником отмечена на северо-западном участке на дереве № 20, составив 12,04% как в 2022 г., так и в 2024 г. *Physcia stellaris* отмечен только в северо-западном квадрате на дереве № 7, где площадь проективного покрытия составила 1,65% в 2022 г. и 2,05% в 2024 г. (табл. 6).

В юго-западном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается наиболее загрязненным, наблюдается значительный прирост площади проективного покрытия *Physcia hispida* на дереве № 3. Показатель вырос с 2,38% в 2022 г. до 6,90% в 2024 г., что соответствует увеличению на 4,52%. Данный факт свидетельствует о высокой устойчивости *Physcia hispida* к неблагоприятным условиям окружающей среды. Этот вид лишайника относится к 7 классу полеотолерантности, что означает его способность расти в умеренно и сильно антропогенно измененных местообитаниях.

Такая устойчивость показателей *Physcia hispida* в юго-западном квадрате с наиболее интенсивным загрязнением подтверждает высокий индикационный потенциал лихеноиндикации. Наблюдаемый рост площади проективного покрытия *Physcia hispida* в условиях повышенной нагрузки подтверждает, что юго-западный квадрат санитарно-защитной зоны действительно является наиболее загрязненным.

В северо-восточном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается одним из наиболее чистых, наблюдается увеличение площади проективного покрытия *Physcia hispida* на дереве № 1. Показатель вырос с 0,67% в 2022 г. до 2,03% в 2024 г., что соответствует увеличению на 1,36%. Данный факт свидетельствует о том, что *Physcia hispida* также способен успешно

развиваться в условиях относительно низкой антропогенной нагрузки, но значительно медленнее, чем на территории, подверженной сильной антропогенной нагрузке (как, например, на территории юго-западного квадрата, который по мониторинговым наблюдениям является наиболее загрязненным вариантом из всех 4-х исследуемых квадратов санитарно-защитной зоны). Рост площади проективного покрытия этого вида лишайника в северо-восточном квадрате подтверждает его чувствительность к уровню загрязнения окружающей среды и может служить дополнительным индикатором чистоты этого района.

В северо-западном квадрате санитарно-защитной зоны, который считается одним из наиболее загрязненных, наблюдается незначительное увеличение площади проективного покрытия *Physcia stellaris* на дереве № 7. Показатель вырос с 1,65% в 2022 г. до 2,05% в 2024 г., что соответствует увеличению на 0,40%. Несмотря на загрязнение, *Physcia stellaris* демонстрирует способность к адаптации и росту в этих условиях, хотя и с более медленными темпами, чем в более чистых районах. Это может указывать на то, что данный вид лишайника обладает определенной устойчивостью к воздействию, но при этом его распространение ограничено. На новых деревьях санитарно-защитной зоны предприятия лишайников данные виды не были обнаружены.

Лишайник вида *Xanthoria parietina* (рис. 8.) относится к 9 классу полеотолерантности, представители которого обычно встречаются в сильно антропогенно измененных местообитаниях. В нашем случае он отмечен в юго-восточном и северо-западном квадратах санитарно-защитной зоны, чаще всего – на северо-западном участке. Наибольшая площадь проективного покрытия в 2022 г. отмечена в северо-западном квадрате на дереве № 8, где составила 3,80%, а в 2024 г. в том же квадрате на дереве № 8 показатель составил 5,90% (табл. 7).



Рис. 8. *Xanthoria parietina*

Fig. 8. *Xanthoria parietina*

Таблица 7 / Table 7

Оценка проективного покрытия лишайников *Physcia hispida* и *Physcia stellaris* (7-й класс полеотолерантности) на деревьях тополя в пределах СЗЗ предприятия в 2022 и 2024 гг.

Projective cover assessment of the lichens *Physcia hispida* and *Physcia stellaris* (7-th class of poleotolerance) on poplar trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant in 2022 and in 2024

Квадрат СЗЗ <i>Square of the SPZ</i>	№ дерева <i>Tree No.</i>	Расстояние от границы предприятия, м <i>Distance from the plant boundary, m</i>	Площадь проективного покрытия, % <i>Projective cover area, %</i>	
			2022	2024
<i>Physcia hispida</i>				
Юго-восточный <i>Southeast</i>	5	150	5,32	5,32
	9	200	6,25	6,25
Юго-западный <i>Southwest</i>	3	100	2,38	6,90
Северо-западный <i>Northwest</i>	2	100	2,84	2,84
	8	200	0,63	0,63
	20	300	12,04	12,04
Северо-восточный <i>Northeast</i>	1	100	0,67	2,03
<i>Physcia stellaris</i>				
Северо-западный <i>Northwest</i>	7	150	1,65	2,05

Примечание. Выделенное цветом значение – увеличение процента проективного покрытия лишайников *Physcia hispida* и *Physcia stellaris* за 2 года (с 2022 по 2024 гг.) на определенных деревьях в разных частях квадрата исследований.

Note. The highlighted value indicates an increase in the percentage of projective cover of the lichens *Physcia hispida* and *Physcia stellaris* over two years (from 2022 to 2024) on selected trees within different parts of the study quadrant.

При проведении исследований в 2024 г. на новых деревьях данного вида лишайник обнаружен не был. Как в 2022 г., так и в 2024 г., площадь проективного покрытия *Xanthoria parietina* в юго-западном квадрате осталась неизменной – 2,35%, чего

нельзя сказать о северо-западном участке. В северо-западной части санитарно-защитной зоны, которая считается одной из наиболее загрязненных, наблюдается устойчивый рост площади проективного покрытия *Xanthoria parietina*.

На дереве № 8 показатель увеличился с 3,80% в 2022 г. до 5,90% в 2024 г., что соответствует приросту на 2,10%. Аналогичная тенденция наблюдается и на дереве № 20, где показатель вырос с 1,85 до 3,70%, увеличившись ровно в два раза. *Xanthoria parietina* относится к 9 классу полеотолерантности, что означает ее способность расти в сильно антропогенно измененных местообитаниях. Такое поведение *Xanthoria parietina* в условиях

повышенного загрязнения северо-западного квадрата подтверждает его устойчивость к неблагоприятным факторам и демонстрирует высокий индикационный потенциал лишайников как биоиндикаторов состояния окружающей среды.

Анализ площади проективного покрытия лишайников на исследуемых участках санитарно-защитной зоны показал преобладание видов с более высоким классом полеотолерантности (рис. 9).

Таблица 8 / Table 8

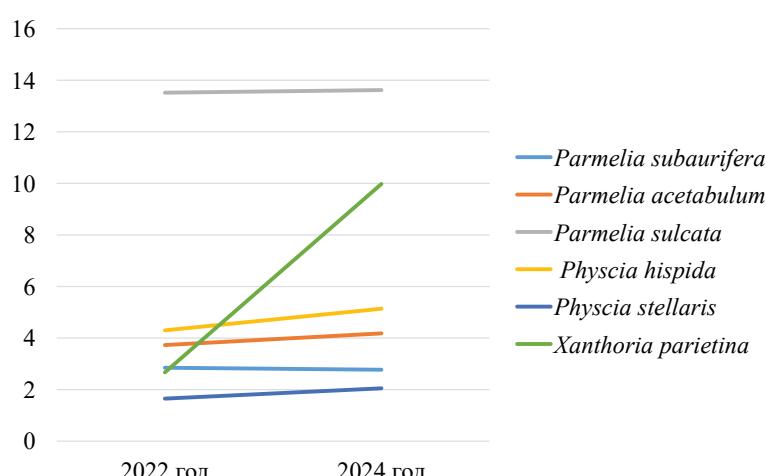
**Оценка проективного покрытия лишайника
Xanthoria parietina (9-й класс полеотолерантности) на деревьях тополя
 в пределах СЗЗ предприятия в 2022 и 2024 гг.**

**Projective cover assessment of the lichen *Xanthoria parietina* (9-th class of poleotolerance)
 on poplar trees within the SPZ of the Kamensky chemical plant in 2022 and in 2024**

Квадрат СЗЗ <i>Square of the SPZ</i>	№ дерева <i>Tree No.</i>	Расстояние от границы предприятия, м <i>Distance from the plant boundary, m</i>	Площадь проективного покрытия, % <i>Projective cover area, %</i>	
			2022	2024
Юго-восточный	17	300	2,35	2,35
Северо-западный	8	200	3,80	5,90
	20	300	1,85	3,70

Примечание. Выделенное цветом значение – увеличение процента проективного покрытия лишайников *Xanthoria parietina* за 2 года (с 2022 по 2024 гг.) на определенных деревьях в разных частях квадрата исследований.

Note. The highlighted value indicates an increase in the percentage of projective cover of the lichen *Xanthoria parietina* over two years (from 2022 to 2024) on selected trees within different parts of the study quadrant.



**Рис. 9. Изменения площади проективного покрытия лишайников разного вида
 в 2022 и 2024 гг., % проективного покрытия**

Fig. 9. Changes in projective cover area of different lichen species in 2022 and 2024, % projective cover

Средняя площадь проективного покрытия лишайников 4-го класса составила 2,85% в 2022 г. и 2,77% в 2024 г., что говорит о незначительном изменении их распространения за два года. Лишайники 6-го класса также демонстрируют стабильность с показателями 3,73 и 4,18% соответственно. Распространение лишайников 7-го класса (проективное покрытие составило 19,47% в 2022 г. и 20,81% в 2024 г.), указывает на их существенное преобладание в экосистеме. Лишайники 9-го класса также демонстрируют увеличение площади покрытия с 2,67% в 2022 г. до 3,98% в 2024 г., что может быть связано с адаптацией к изменившимся условиям. Наиболее часто встречающимся видом лишайников в 2022 и 2024 гг. является *Parmelia sulcata*, относящаяся к 7 классу полеотолерантности. Этот вид был обнаружен во всех квадратах санитарно-защитной зоны на всех расстояниях от предприятия, что свидетельствует о его высокой адаптации к антропогенному воздействию. Доминирование вида *Parmelia sulcata* в исследуемой зоне может быть связано с высокой устойчивостью к загрязнению воздуха, особенно диоксидом серы, что делает ее индикатором качества воздуха в урбанизированных и индустриальных зонах.

Анализ биоразнообразия лишайников на территории СЗЗ предприятия выявил особенность: в 150-метровой зоне, примыкающей непосредственно к предприятию, отмечено повышенное биоразнообразие, несмотря на близость к источнику загрязнения. В этой зоне доминирует вид *Parmelia sulcata*, относящийся к 7 классу полеотолерантности, что говорит о его способности выживать в условиях умеренного загрязнения.

Вторая зона, расположенная на расстоянии 150 м от предприятия, характеризуется максимальным количеством видов несмотря на то, что она считается более загрязненной. Это объясняется максимальной локальной дифференциацией лишайников по квадратам СЗЗ: в этой зоне наблюдается доминирование ограниченного количества видов, наиболее адаптированных к специфическим локальным условиям окружающей среды.

Данные наблюдения указывают на неоднородность антропогенного воздействия на территории СЗЗ. Ближайшая к предприятию зона, несмотря на повышенное загрязнение, характеризуется присутствием относительно устойчивых видов, в то время как более удаленная зона демонстрирует более высокое биоразнообразие, но с ограниченным количеством видов, специализированных к конкретным микроклиматическим условиям. Данный факт свидетельствует о том, что в целом исследуемая территория характеризуется

значительной антропогенной нагрузкой, в основном в виде промышленных выбросов и загрязнения приземных слоев атмосферы оксидом серы (IV), формальдегидами, диоксидом азота, оксидом углерода, что обусловлено спецификой производственного комплекса.

Выводы

Conclusions

В результате проведенных исследований и сравнительного анализа за 2022 и 2024 гг. озелененной санитарно-защитной зоны комбината и прилегающих территорий использование метода лихеноиндикации продемонстрировало высокую эффективность. Это позволило путем биоиндикационных исследований оценить состояние воздуха в зоне СЗЗ и за ее границами.

В ходе исследований в 4 квадратах отбора проб были обнаружены 6 разновидностей лишайников, относящихся к высоким классам полеотолерантности (устойчивость к загрязнению воздуха): ксантория настенная (*Xanthoria parietina*), пармелия блюдчатая (*Parmelia acetabulum*), пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), фисция щетинистая (*Physcia hispida*), пармелия золотоносная (*Parmelia subaurifera*) и фисция звездчатая (*Physcia stellaris*).

Анализ данных, полученных об изменении площади проективного покрытия, зависит от удаленности от производства (от 100 до 1000 м), что потенциально накладывает отпечаток на изменение концентраций вредных веществ на территории СЗЗ и, следовательно, отражается на количестве и качестве лишайников. В 2024 г. среднее значение индекса полеотолерантности составило $IP = 6,92$, что превышает показатель 2022 г. на 0,19 ($IP = 6,73$). При этом максимальные значения индекса в 2022 и 2024 гг. зафиксированы в юго-западном квадрате СЗЗ, где уровень химического загрязнения наиболее высокий ($IP = 9,3$ -2022 г.; и $IP = 10,0$ -2024 г.). Наименьший индекс полеотолерантности в северо-восточном квадрате СЗЗ наблюдался в 2022 и в 2024 гг. ($IP = 5,71$ и $IP = 6,1$), что определено местным направлением ветра с северо-востока на юго-запад.

Результаты проведенных биоиндикационных исследований подтверждают зависимость распределения лишайников по видам и по проценту проективного покрытия от удаленности от загрязняющих объектов. Данные взаимосвязи необходимо учитывать при организации функционального зонирования территорий санитарной охраны и санитарно-защитной зоны предприятий.

Список источников

1. Захаров В.М., Семенов А.В., Трофимов И.Е. *Устойчивое развитие: экология, экономика, общество и культура: Учебник*. Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, 2023. 212 с. EDN: ZGSZJP
2. Карташев А.Г. *Биоиндикационные методы контроля окружающей среды: Учебное пособие для вузов*. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 138 с. EDN: WTZTBZ
3. Черников В.А., Соколов О.А., Таллер Е.Б., Слюсарев В.И. *Экология садоводства и овощеводства: Учебное пособие*. Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательско-книготорговый центр «Колос-с», 2021. 322 с. EDN: IWHNBP
4. Шершова Н.В. Лихеноиндикационная оценка состояния атмосферного воздуха в малых и средних населенных пунктах Киевской области, Украина (на примере г. Фастов и пгт. Гостомель) // *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2017: Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием, Севастополь, 11-15 сентября 2017 г.* Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», 2017. С. 1547-1553. EDN: YNKQQU
5. Терентьев А.Д., Константина Т.П., Пыстина Т.Н. Эпифитные лишайники как биоиндикаторы загрязнения воздуха города Сыктывкара // *Исследования молодежи – экономике, производству, образованию: XI Всероссийская молодежная научно-практическая конференция (дистанционно-заочная): Сборник материалов, Сыктывкар, 27-30 апреля 2020 г.* Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт, 2020. С. 25-28. EDN: PMUURV
6. Николаевский В.С. Биомониторинг, его значение и роль в системе экологического мониторинга и охране окружающей среды // *Методологические и философские проблемы биологии*. Новосибирск: Наука, 1981.
7. Таллер Е.Б., Яшин М.А., Тихонова М.В., Бузылев А.В. *Лабораторный практикум по экологии: Учебное пособие*. Москва: ДПК Пресс, 2021. 106 с. EDN: PLWJGV
8. Таллер Е.Б., Артемьева З.С., Кириллова Н.П., Данченко Н.Н. Некоторые особенности динамики качественного состава органического вещества хроноряда дерново-подзолистых почв в процессе лесовосстановления // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2019. № 98. С. 77-104. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-98-77-104>
9. Жигалева Я.С. Роль городских лесов в экосистеме мегаполиса // *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 5 (59). <https://doi.org/10.51419/202135524>

References

1. Zakharov V.M., Semenov A.V., Trofimov I.E. *Sustainable development: ecology, economy, society and culture: a textbook*. Moscow, Russia: Moscow S.U. Witte University, Koltzov Institute of Developmental Biology Russian Academy of Science, 2023:212. (In Russ.)
2. Kartashev A.G. *Bioindication methods of environmental monitoring: a textbook for universities*. Moscow, Russia: Yurait, 2024:138. (In Russ.)
3. Chernikov V.A., Sokolov O.A., Taller E.B., Slyusarev V.I. *Ecology of gardening and vegetable growing: a textbook*. Moscow, Russia: Publishing and Bookselling Center Kolos-S, 2021:322. (In Russ.)
4. Shershova N.V. Lichen indication of air quality in small and medium settlements of Kiev region, Ukraine (on the example of Fastov and Gostomel). *Scientific and practical conference with international participation 'Environmental, Industrial and Energy Security – 2017'. September 11-15, 2017. Sevastopol, Russia: Sevastopol State University*, 2017:1547-1553. (In Russ.)
5. Terent'ev A.D., Konstantinova T.P., Pystina T.N. Epiphytic lichens as bioindicators of air pollution in the city of Syktyvkar. *XI Vserossiyskaya molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (distantionno-zaochnaya) 'Issledovaniya molodezhi – ekonomike, proizvodstvu, obrazovaniyu'*. April 27-30, 2020. Syktyvkar, Russia: SyktyvkarSKIY lesnoy institute, 2019:120. (In Russ.)
6. Nikolaevskiy V.S. Biomonitoring, its importance and role in the system of environmental monitoring and environmental protection. In: *Methodological and philosophical problems of biology*. Novosibirsk, Russia: Nauka, 1981. (In Russ.)
7. Taller E.B., Yashin M.A., Tikhonova M.V., Buzylev A.V. *Laboratory practical training in ecology: a textbook*. Moscow: Limited Liability Company “DPK Press”, 2021:106. (In Russ.)
8. Taller E.B., Artemyeva Z.S., Kirillova N.P., Danchenko N.N. Dynamics of organic matter under the afforestation of the former agricultural sod-podzolic soils. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2019;(98):77-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-98-77-104>
9. Zhigaleva Ya.S. The role of urban forests in the ecosystem of the megalopolis. *AgroEcoInfo*. 2023;(5(59)). <https://doi.org/10.51419/202135524>

Сведения об авторах

- Мария Васильевна Тихонова**, доцент, канд. биол. наук, доцент, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tmv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9422-5846>
- Алексей Вячеславович Бузылёв**, старший преподаватель кафедры экологии, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: axe@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3856-6563>
- Елена Михайловна Илюшкова**, старший преподаватель, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: e.ilyushkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4867-1586>
- Ярослава Сергеевна Жигалева**, старший преподаватель, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zhigaleva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8127-1050>
- Дарья Александровна Никишина**, магистрант, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nikishina.darya.2001@mail.ru
- Ольга Станиславовна Латышева**, ассистент, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: latysheva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0001-3700-0747>

Статья поступила в редакцию 05.05.2025
Одобрена после рецензирования 27.06.2025
Принята к публикации 29.06.2025

Information about the authors

- Maryia V. Tikhonova**, CSc (Bio), Assistant Professor, Acting Head of the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: tmv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9422-5846>
- Aleksey V. Buzylev**, Senior Lecturer at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: axe@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3856-6563>
- Elena M. Iliushkova**, Senior Lecturer at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: e.ilyushkova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4867-1586>
- Yaroslava S. Zhigaleva**, Senior Lecturer at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: zhigaleva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8127-1050>
- Daria A. Nikishina**, master's degree student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: nikishina.darya.2001@mail.ru
- Olga S. Latysheva**, Assistant at the Department of Ecology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: latysheva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0001-3700-0747>

The article was submitted to the editorial office
May 05, 2025
Approved after reviewing June 27, 2025
Accepted for publication June 29, 2025

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ /
GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BIOCHEMISTRY

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Оригинальная научная статья

УДК 581.2: 631.521: 632.4.01/.08: 631.52

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-3-01>



**Гены, ассоциированные с устойчивостью льна к грибным болезням:
обзор селекционно-генетических исследований в области**

**Анастасия Сергеевна Симагина, Елена Александровна Вертикова,
Александр Дмитриевич Симагин, Екатерина Константиновна Барнашова**

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

Автор, ответственный за переписку: Александр Дмитриевич Симагин;
alexander.d.simagin@yandex.ru

Аннотация

Представлен обзор, целью которого является рассмотрение текущих генетических исследований и прогресса в области устойчивости льна к грибным заболеваниям, а также возможности применения маркер-опосредованной и геномной селекции для улучшения сортов. Ключевыми задачами являются анализ и систематизация данных в селекционно-генетических исследованиях льна, а также оценка перспектив их дальнейшего использования в области агробиотехнологии. В работе упомянуты основные статьи, связанные с изучением признаков устойчивости льна-долгунца к различным заболеваниям. Статья систематизирует ранее опубликованные исследования о генах, ассоциированных с устойчивостью льна к возбудителям основных грибных болезней.

Ключевые слова

Linum usitatissimum, геномная селекция, лен масличный, лен-долгунец, маркер-ориентированная селекция, RNA-seq, фузариозное увядание, ржавчина, септориоз

Для цитирования

Симагина А.С., Вертикова Е.А., Симагин А.Д., Барнашова Е.К. Гены, ассоциированные с устойчивостью льна к грибным болезням: обзор селекционно-генетических исследований в области // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532301. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-3-01](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-3-01)

BIOTECHNOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-3-01>



**Genes associated with flax resistance to fungal diseases:
a review of breeding and genetic research**

**Anastasia S. Simagina, Elena A. Vertikova, Aleksandr D. Simagin,
Ekaterina K. Barnashova**

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

Corresponding author: Aleksandr D. Simagin; alexander.d.simagin@yandex.ru

Abstract

This review aims to examine current genetic research and progress in flax resistance to fungal diseases, as well as the potential application of marker-assisted and genomic selection for cultivar improvement. Key objectives include analyzing

and systematizing data in flax breeding and genetic studies, and evaluating the prospects for their further application in the field of agrobiotechnology. The work mentions key articles related to the study of flax resistance traits to various diseases. The article systematizes previously published studies on genes associated with flax resistance to pathogens of major fungal diseases.

Keywords

Linum usitatissimum, genomic selection, oilseed flax, fiber flax, marker-assisted selection, RNA-seq, fusarium wilt, rust, septoria blotch

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Simagina A.S., Vertikova E.A., Simagin A.D., Barnashova E.K. Genes associated with flax resistance to fungal diseases: a review of breeding and genetic research. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532401. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01>

Введение

Introduction

Лен (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей сельскохозяйственной культурой, ежегодно входящей в структуру посевных площадей Российской Федерации. Значимость этой культуры в аграрной экономике обусловлена ее широким использованием. Свое применение лен нашел в текстильной промышленности, в производстве пищевых и промышленных масел [1]. Основное влияние на дифференциацию внутри вида *Linum usitatissimum* оказали географические и почвенно-климатические условия. На основании различия в некоторых морфологических признаках у льна (таких, как высота растений, интенсивность ветвления, количество коробочек) принято подразделять их на 5 разновидностей: лен-долгунец, межеумок, кудряш, крупносемянный и стелющийся лен [2]. Если рассматривать статистику по площади возделывания различного по направлению использования льна в России, то на лен-долгунец приходится около 50 тыс. га, на лен масличный – более 1 млн га (данные являются средними за последние 5 лет). Лен является перспективной культурой еще и потому, что его можно использовать для получения двух продуктов, а именно и волокнистой, и семенной продукции. Именно поэтому лен нашел применение в самых различных отраслях производства нашей страны [2].

В данное время спрос на эту культуру повышается, так как она вполне отвечает требованиям импортозамещения согласно доктрине продовольственной безопасности нашей страны. Свыше 85% всех зарегистрированных сортов в Госреестре представлены отечественной селекцией. Лидером по итогам выращивания 2024 г. стал сорт белорусской селекции Грант, занявший 25,8% от общей посевной площади страны, которая составляла около 40 тыс. га по данным Росстата, что на 12% больше по сравнению с 2023 г. [3]. Лен обладает высоким биологическим потенциалом и отличается

пластичностью по отношению к почвенно-климатическим условиям. В связи с этим можно утверждать, что лен является важнейшей сельскохозяйственной культурой технического назначения в аграрном секторе нашей страны.

На снижение рентабельности возделывания данной культуры влияет множество факторов. Одним из них являются грибные болезни льна [2]. В настоящее время существует потребность в получении селекционерами новых сортов, обладающих устойчивостью к основным болезням льна-долгунца, а именно к таким, как фузариозное увядание (*Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder et. Hansen), анtrakноз (*Colletotrichum lini* Pethybr.), пасмо (*Septoria lini* (Speg.) Garass.), ржавчина (*Melampsora lini* (Pers.) Lév.), мучнистая роса (*Euoidium lini* (Bondartsev)), крапчатость льна (*Ozonium vinogradovi* Kudr.). Эти заболевания приводят к значительным потерям урожая и снижают его качество. За последние годы развитие систем генетического анализа не обошло стороной и лен. Так, ученым удалось идентифицировать гены, связанные с устойчивостью к этим патогенам, что открыло возможности для реализации селекционных программ. Привлечение в селекционные программы генетического разнообразия льна, разработка и применение новых селекционно-генетических технологий, идентификация генов и создание доноров устойчивости – это важные задачи, поставленные при выведении новых сортов льна-долгунца и масличного льна, а также создание зимующих форм льна.

Цель исследований: систематизация ранее опубликованных исследований о генах, ассоциированных с устойчивостью льна к возбудителям основных грибных болезней.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований служили отечественные и зарубежные статьи, содержащие результаты по теме устойчивости льна к основным грибным

заболеваниям. Поиск и анализ статей осуществляли по ключевым словам, характеризующим объект исследований. Статьи, подобранные для обзора, размещались в базах данных: РИНЦ, Scopus, Web of science, ВАК.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

История исследований генетики льна. Селекционно-генетические исследования льна берут свое начало в XX в. в Голландии таким ученым, как L. Broekema, а в России – Д.Л. Рудзинским, Н.А. Дьяконовым, Л.Ф. Альтгаузеном, К.Г. Ренардом, Н.В. Рудницким, Н.Д. Матвеевым и другими исследователями, с экспериментальных работ по индивидуальным отборам из популяций местных льнов [4]. Этот исторический этап характеризуется ведением селекции льна на сочетании простых и сложных скрещиваний с последующим отбором материала [5, 6]. В этом периоде основные сложности в исследований возникали по причине недостаточной изученности частной генетики льна. Селекционные программы того времени базировались в основном на фенотипической оценке с последующим отбором [1].

При ведении классической селекции на создание сорта льна может быть потрачено до 10 лет. На современном этапе эти цифры могут значительно уменьшиться, что стало возможным благодаря развитию молекулярной биологии. На современном этапе развития селекции стало возможным более детально исследовать генетику устойчивости. Геномно-ассоциированные исследования (GWAS) и методы количественной генетики помогли выявить ключевые гены и локусы устойчивости к патогенам. Эти открытия заложили основу для современной маркер-опосредованной селекции, что позволяет более эффективно выводить сорта, устойчивые к болезням.

Гены, связанные с устойчивостью к фузариозному увяданию. Одним из главных патогенов, поражающих лен, является несовершенный гриб *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyd. et. Hansen, вызывающий фузариозное увядание. Фузариозное увядание является одной из самых распространенных болезней в льносеющих регионах, оно же – и самое губительное для посевов льна. Проникновение фузариума в растения льна происходит через корневую систему и корневую шейку. Первичными источниками инфекции являются хламидоспоры, мицелий и конидии, сохраняющиеся в почве, растительных остатках пораженных растений. Патоген может накапливаться в семенах и почве и представлять угрозу не только льну, но и другим культурам севооборота.

Фузариоз льна имеет очаговый характер проявления. Вредоносность патогена проявляется в снижении урожая волокна и семян, в снижении густоты стояния растений, в ухудшении качества волокна, что зависит, конечно, от степени поражения посевов. При сильном поражении посевов урожай волокна может снижаться на 90-97%, урожай семян – на 43-65%. При сильном поражении посевов возможна полная потеря урожая семян.

Возделывание льна при монокультуре, отсутствие грамотно составленного севооборота – это ключевые факторы, которые способствуют накоплению фузариума в почве. Основными симптомами фузариоза льна являются поникание верхушки растения, пожелтение растения с последующим увяданием, скручивание листьев. Важно отметить, что при выдергивании растений из почвы не требуется практически никаких усилий, так как их корни разрушены. Симптомы фузариоза наблюдаются на протяжении всей вегетации льна-долгунца, но наибольший вред патоген причиняет растениям в фазе «елочки», вызывая сильное поражение и полную гибель растений. При поражении растений на более поздних стадиях, в период цветения и до созревания характерным является сочетание общего некроза тканей стебля с повышенной жесткостью и хрупкостью. Например, на стадии зеленой спелости наблюдаться будут эти же симптомы. Если поражение растений происходит в период цветения, то наблюдается сильное отставание в росте и развитии. При поражении в эту фазу листья и стебли растений имеют бурый цвет. Такие растения чаще не завязывают коробочек, редко может наблюдаться завязывание семян, а если оно происходит, то семена формируются щуплыми и будут являться источником первичной инфекции.

Изучение генетического разнообразия с целью поиска устойчивых сортов льна-долгунца, а также поиск среди них сортов с генами, детерминирующими устойчивость к фузариозу, – важный этап при создании новых сортов под запрос производства. Исследования показали, что устойчивость к фузариозному увяданию контролируется несколькими генами (Fu1, Fu2, Fu3, Fu4, Fu5, Fu6, Fu7, Fu8, Fu9, Fu10), а также индентифицированным в 2024 г. геном Fu12 у низколиноленовой линии 6 AGT 1538 [7, 8].

В 2016 г. группа канадских ученых во главе с L. Galindo-Gonzalez одной из первых применила транскриптомный анализ для изучения механизмов устойчивости к *Fusarium oxysporum*. В исследовании наблюдали развитие болезни у двух сортов льна (CDC Bethune и Lutea) и выявили более раннее появление симптомов болезни, а также высокую восприимчивость у более позднего сорта. Умеренно устойчивый к фузариозному увяданию сорт CDC Bethune использовали

для полного исследования транскриптома методом RNA-seq через 2, 4, 8 и 18 дней после заражения. Несмотря на то, что более 100 генов значительно различались по экспрессии как на 4-й, так и на 8-й дни после инокуляции, наиболее широкое развертывание защитных реакций растений было заметно на 18-й день после инокуляции, когда более 1000 генов реагировали на обработку. Эти гены свидетельствовали о приеме и передаче сигналов патогена, масштабном транскрипционном перепрограммировании, индукции гормональной передачи сигналов, активации генов, связанных с патогенезом, и об изменениях во вторичном метаболизме. Результаты во многом подтвердили известные механизмы реакции льна на патоген и дополнили существующие данные, что позволило авторам построить обновленную и наиболее полную модель устойчивости льна к *Fusarium oxysporum* [9, 10].

Устойчивость к данному заболеванию проявляется в доминантной, промежуточной и рецессивной формах в зависимости от генетической природы устойчивости исходных форм, комбинации скрещивания, условий года выращивания гибридов первого поколения (Салова, Сезин, Рожмина и др.) [8, 11]. По данным Knoules и Houston (1955, 1956), устойчивость льна к фузариозному увяданию детерминируется тремя доминантными генами, два из которых идентифицированы у сорта Dakota и один – у сорта Punjab. Исследованиями Т.А. Рожминой установлено, что устойчивость к фузариозному увяданию может контролироваться моногенно. По ее данным, на основе гибридологического анализа показано, что устойчивость линий образцов К-4241, К-5240, К-3978, К-351 контролируется одним доминантным геном, однако у сорта Родник устойчивость контролируется двумя доминантными генами [8, 12].

Фитопатологическое тестирование современных образцов льна-долгунца для идентификации генов устойчивости к *Fusarium oxysporum* f. *lini* было проведено Т.А. Рожминой и ее коллегами. Материалом для исследования послужили 20 сортов льна-долгунца отечественной селекции на различных фонах: с искусственной популяцией *Fusarium oxysporum* f. *lini* и моноизолятом № 39 гриба, обладающего сильной вирулентностью. Материалом для исследования послужили сорта Ленок, Зарянка, Дипломат, Росинка, Алексис (оригинатор – ФГБНУ ФНЦ ЛК), Восход, Русич (Псковский НИИСХ), Томский 17 (Сибирский НИИСХИТ). Эти сорта проявили высокий уровень устойчивости (свыше 80%) к патогену на данных инфекционных фонах, что указывает на наличие у них эффективных R-генов устойчивости к фузариозному увяданию. У сортов льна Антей (Псковский НИИСХ), Альфа (ФГБНУ ФНЦ ЛК) и Тост 5 (Сибирский НИИСХИТ) на фоне

с моноизолятом № 39 выявлено снижение экспрессии генов устойчивости к болезни по сравнению с фоном, где использовалась популяция возбудителя. На основе гибридологического анализа у сорта льна-долгунца Ленок идентифицирован новый доминантный ген устойчивости к *Fusarium oxysporum* f. *lini* – Fu 11. Было установлено, что устойчивость к заболеванию у сорта Зарянка детерминируется геном Fu2, у сорта Восход – геном Fu5, у сорта Русич – геном Fu9, у сорта Дипломат – геном Fu10 [13].

Группой исследователей была выполнена ассоциативная геномная оценка, которая выявила ключевые гены, связанные с устойчивостью льна к фузариозному увяданию. В первую очередь это гены, кодирующие белки NBS-LRR (некоторые из них были локализованы на хромосоме 1), а также белки KIP1, участвующие в иммунном ответе растений.

Одним из ключевых результатов исследований, проведенных в University of Alberta и University of British Columbia в Канаде, является выявление NBS-LRR генов, которые играют центральную роль в иммунном ответе растений на патогены. Эти гены кодируют рецепторы, распознающие патогенные микроорганизмы и активизирующие защитные механизмы растения. В рамках геномно-ассоциированных исследований были выявлены 15 QTNs, которые стабильно проявлялись в течение нескольких лет наблюдений. Эти QTNs локализованы на хромосомах 1, 8, 11 и 13, и многие из них ассоциированы с генами, участвующими в иммунном ответе растений [10]. Например, на хромосоме 1 был обнаружен участок длиной 640 Kb, который включает в себя гены, кодирующие белки типа NBS-LRR и KIP1. Эти гены участвуют в распознавании патогена и запуске механизма устойчивости к фузариозному увяданию [10].

Гены, связанные с устойчивостью к ржавчине. Ржавчина льна – вредоносное заболевание, вызываемое однохозяйным грибом из класса базидиомицетов *Melampsora lini* (Pers.) Lev. В ходе исследований было установлено, что устойчивость к возбудителю наследуется 6 доминантными генами: K, L, M, N, P, K, для которых характерен множественный аллелизм [14]. В настоящее время эта болезнь не наносит большого вреда посевам льна в центральных регионах нашей страны. Болезнь была распространена во времена СССР, но благодаря упорной работе селекционеров эту проблему удалось решить [1, 15].

Симптомы ржавчины регистрируются в фазе проростков на семядольных и настоящих листочках в виде пятен желтовато-коричневого цвета – спермогонии. Через несколько дней на них образуются лимонно-желтые пустулы – эцидии [15, 16]. В это время болезнь трудно обнаружить. В начале цветения льна на листьях,

стеблях и соцветиях образуются хорошо заметные ярко-оранжевые пустулы – летняя уредостадия. Листья, являющиеся сильно пораженными, преждевременно желтеют и опадают, что крайне негативно влияет как на формирование семян, так и на общее развитие растения. В конце фазы зеленой спелости на месте ярко-оранжевых пустул появляются черные глянцевые пятна – телитостадия (зимующая). Лубяные пучки и элементарное волокно при поражении ржавчиной приобретают неправильную форму, становятся рыхлыми, ввиду чего в пучках волокно не подлежит соединению.

Гены, связанные с устойчивостью льна к ржавчине, были интенсивно изучены на протяжении последних десятилетий. Ген L6 кодирует белок типа NBS-LRR (нуклеотид-связывающий сайт и участок с богатым лейцином повторяющейся последовательностью), который распознает ациркулентные белки патогена ржавчины *Melampsora lini* (Pers.) Lev и активирует иммунные механизмы растения. Механизм работы этого гена относится к race-specific (геноспецифической) устойчивости, что делает его эффективным против определенных штаммов патогена [4].

Кроме того, изучены несколько других генов (таких, как P2), которые также кодируют белки типа NBS-LRR и принимают участие в распознавании грибков и запуске защитных реакций растения. Эти гены находятся на различных участках хромосом и могут быть использованы для создания трансгенных растений с повышенной устойчивостью к ржавчине.

Также важно отметить роль механизмов не-распознающей устойчивости (non-race-specific resistance) – таких, как гены, вовлеченные в базальные иммунные ответы, активирующие защитные реакции вне зависимости от конкретного штамма патогена. Эти механизмы могут применяться для создания сортов льна с долговременной устойчивостью к множеству штаммов ржавчины.

Гены, связанные с устойчивостью к мучнистой росе. Мучнистая роса (*Euoidium lini* (Bondartsev) – еще одно распространенное заболевание, встречающееся на льне, которое может значительно снижать его урожай волокна и семян. Но стоит отметить, что мучнистая роса в отличие от описанных выше заболеваний имеет высокую вредоносность только в годы с сильным развитием болезни. Этот патоген вызывает образование белого налета на листьях и стеблях, который потом переходит в мучнистый налет. Затем налет уплотняется, и в нем в виде черных точек образуются клейстотеции гриба. Появление мучнистого налета препятствует фотосинтезу и ослабляет растение, вследствие чего листья преждевременно желтеют и отмирают. Источниками инфекции являются клейстотеции (плодовые тела)

гриба на растительных остатках. Агротехнические и химические мероприятия недостаточно эффективны при производстве льнопродукции. Поэтому получение устойчивых сортов является важной задачей.

В результате исследований было выявлено несколько генов, связанных с устойчивостью к мучнистой росе. Основным из них является Pm1 – доминантный ген устойчивости, который был обнаружен на нескольких линиях льна [17].

Кроме того, были идентифицированы QTL на хромосомах 1, 7 и 9, которые также связаны с устойчивостью к мучнистой росе. Эти QTL помогают объяснить генетическую основу устойчивости к этому заболеванию и используются в селекционных программах для создания устойчивых сортов [5, 17].

Гены-кандинаты, связанные с устойчивостью к пасмо. Пасмо (септориоз) льна в настоящее время является одним из самых распространенных заболеваний, вызывающих снижение урожайности и качества льняной продукции. Болезнь регистрируется во всех регионах льносеяния. До недавнего времени это заболевание было карантинным, но с конца XX в. карантин сняли ввиду сильного распространения данного патогена на территории РФ на тот момент.

Вызывается несовершенным грибом *Septoria linicola* (Speg.). Цикл развития гриба имеет 3 стадии, различающиеся между собой характером спороношения и морфологией спороносящих структур (Проценко, 1964; Примаковская, 1971): I стадия – пикнидиальная (*Septoria linicola*), когда в центральной части пораженных участков образуются хорошо видимые пикниды; II стадия – конидиальная, когда формируется спороношение в виде малозаметных небольших лож типа *Melanconiales/Septogloeum*, от которых отделяются споры, похожие на *S. linicola*; III стадия – сумчатая стадия *M. linicola* – представлена плодовыми телами-псевдотециями, которые образуются на стеблях больных растений в летне-осенний период. В своем развитии в зависимости от внешних условий гриб может проходить все 3 стадии жизненного цикла последовательно, а может выборочно – в различном сочетании. При этом конидиальная стадия может предшествовать пикнидиальной стадии.

Как отмечают многие авторы, отличительной особенностью возбудителя пасмо льна является то, что в процессе развития анаморфных стадий гриб может образовывать как настоящие конидиальные спороношения, так и целый спектр переходов от свободных конидиеносцев до открытых и в разной степени закрытых лож, производящих конидии.

Источником первичного заражения пасмо являются пикниды на растительных остатках и семенах, в которых зимует патоген; сохраняясь

на остатках патоген может до 7 лет. Первые симптомы поражения льна патогеном регистрируются на семядолях. На них появляются коричневые пятна, которые в дальнейшем охватывают весь семядольный лист. При поздних поражениях пятна появляются на настоящих листьях. Центр пятен впоследствии светлеет, затем там образуются черные пикники гриба. Также пятна регистрируются и на стеблях, что хорошо прослеживается на рисунке. Заболевание чаще всего встречается очагами, но при благоприятных для него условиях может распространяться по всему полю [18].

Исследования генов устойчивости льна к заболеванию пасмо показали, что она является количественной и имеет низкую наследуемость [19]. Однако значительные успехи были достигнуты учеными из Канады и Китая благодаря геномно-ассоциированным исследованиям (GWAS), которые позволили выявить ключевые QTL, связанные с устойчивостью к пасмо [19].

В одном из крупных исследований 2019 г., проведенном группой ученых из различных научных учреждений Канады и Китая (Центр исследований и разработок в Оттаве; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Канады; Центральная лаборатория генетики сельскохозяйственных культур и улучшения семенного материала, Нанкинский сельскохозяйственный университет/JCIC-MCP, Китай; Центр исследований и разработок Мордена, Канада; Центр развития растениеводства, Университет Саскачевана, Канада), для выявления генетических участков, ассоциированных с устойчивостью к пасмо, было проведено полногеномное исследование ассоциаций на 370 образцах льна, в котором выявлено 67 крупных QTL, связанных с устойчивостью к пасмо [20]. Использование многолетних данных, полевые исследования, проводившиеся с 2012 по 2016 гг. в Канаде, позволили повысить

точность генетических предсказаний устойчивости до 0.92 с использованием моделей геномного предсказания, основанных на маркерах. Некоторые ключевые гены-кандидаты – такие, как Lus10024053, Lus10025492 и Lus10040160, были ассоциированы с устойчивостью к пасмо и проявили значительные различия в тяжести заболевания среди различных генотипов льна [19, 21, 22]. Эти результаты подтверждают, что использование генетических маркеров и QTL может значительно ускорить селекцию сортов льна, устойчивых к пасмо, несмотря на низкую наследуемость этого признака [19].

Недавние исследования по устойчивости льна к пасмо (*Septoria linicola* (Speg.) Garas.) выявили 692 уникальных QTN (количественные нуклеотиды признаков), связанных с устойчивостью, и 500 потенциальных QTL (количественные локусы признаков). Эти QTL включают в себя гены типа TNL (Toll Inter leukin Receptor, Nucleotide-binding-site, Leucine-richrepeat), которые играют ключевую роль в устойчивости растений к патогенам. Среди крупных QTL 67 имеют значительный эффект и могут использоваться для маркер-опосредованной селекции и геномного предсказания устойчивости к пасмо [20, 22].

Современные генетические методы в селекции льна. Современные методы селекции льна включают в себя молекулярные маркеры и методы геномного предсказания, которые позволяют ускорить процесс создания устойчивых сортов. Например, маркер-опосредованная селекция (MAS) позволяет точно идентифицировать растения с необходимыми генами устойчивости уже на ранних этапах селекционного процесса. Маркер-ориентированная селекция (MAS) незаменима для интрагрессии моногенных признаков – таких, как устойчивость к мучнистой росе и различным видам ржавчины. Это значительно сокращает время, необходимое для выведения новых сортов.



Рис. Проявления пасмо на стеблях льна (авторская фотография, полученная в 2024 г. на кафедре генетики, селекции и семеноводства)

Fig. Pasmo disease manifestations on flax stems (author's photograph, 2024, Department of Genetics, Breeding, and Seed Production)

Кроме того, методы геномного предсказания используются для прогнозирования устойчивости на основе генетической информации. Эти модели позволяют улучшить точность предсказаний и оптимизировать выбор родительских линий для гибридизации [10, 17].

Для отбора по признакам с полигенным контролем перспективным методом является геномная селекция. Это альтернативная стратегия, использующая статистические модели для предсказания того, какие растения будут иметь оптимальные фенотипы на основе большого количества маркеров для индивидуального отбора. У льна такой подход использован для геномной селекции на устойчивость к пасмо.

Таким образом, исследования генетики льна внесли значительный вклад в понимание механизмов устойчивости к грибным заболеваниям, что открывает пред учеными новые возможности для селекции. Использование маркер-опосредованной селекции и геномных технологий позволяет улучшить устойчивость льна к основным грибным болезням, что способствует повышению урожайности и снижению потерь. В будущем эти подходы могут быть дополнены генными технологиями (такими, как CRISPR) для создания еще более устойчивых сортов льна. Данный обзор поможет систематизировать открытия в генетике льна, которые

создают прочную основу для маркер-опосредованной селекции, направленной на повышение устойчивости к грибным патогенам и улучшение урожайности.

Выводы

Conclusions

1. В ходе исследований удалось установить практическое значение представленных исследований для селекционеров. Для практической селекции имеют большое значение описанные в обзоре генетические маркеры, а также применение методов высокопроизводительного секвенирования в количественной генетике, транскриптомике льна.

2. Идентификация генов устойчивости к различным заболеваниям у современных сортов льна-долгунца и льна масличного позволяет целенаправленно использовать определенные сорта с ценными генотипами в селекционных программах.

3. Информация о генетической устойчивости льна к различным заболеваниям, которая подтверждается на молекулярном уровне, вместе с QTL-анализом дает возможность применять маркер-вспомогательную селекцию.

Список источников

1. Кутузова С.Н., Пороховинова Е.А., Брач Н.Б., Павлов А.В. Мировой генофонд льна-долгунца ВИР и селекция устойчивых к ржавчине сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 2. С. 57-64. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-57-64>
2. Базанов Т.А., Ушаповский И.В., Логинова Н.Н., Смирнова Е.В. и др. Молекулярно-генетическое разнообразие сортов льна (*Linum usitatissimum* L.), представленных в Госреестре селекционных достижений Российской Федерации // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, № 1. С. 163-176. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-163-176>
3. Симагин А.Д., Симагина А.С., Захарова С.А., Вертикова Е.А. Биоресурсная коллекция льна кафедры генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Генофонд и селекция растений: Материалы 7-й Международной конференции, посвященной 95-летию академика РАН П.Л. Гончарова. Новосибирск, 10-12 апреля 2024 г. Новосибирск: Федеральный исследовательский центр – Институт цитологии и генетики СО РАН, 2024. С. 314-316. <https://doi.org/10.18699/GPB2024-79>

References

1. Kutuzova S.N., Porokhovinova E.A., Brutch N.B., Pavlov A.V. Worldwide gene pool of fiber flax at VIR, and breeding of rust-resistant varieties. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(2):57-64. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-57-64>
2. Bazanov T.A., Uschapovsky I.V., Loginova N.N., Smirnova E. V. et al. Molecular genetic diversity of flax cultivars (*Linum usitatissimum* L.) represented in the State Register for selection achievements of the Russian Federation. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):163-176. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-163-176>
3. Simagin A.D., Simagina A.S., Zakharova S.A., Vertikova E.A. Bioresource collection of flax of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Russian Academy of Agriculture named after K.A. Timiryazev. 7-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya, posvyashchennaya 95-letiyu akademika RAN P.L. Goncharova 'Genofond i selektsiya rasteniy'. April 10-12, 2024. Novosibirsk, Russia: Institute of Cytology and Genetics SB RAS, 2024:314-316. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/GPB2024-79>

4. Лошакова Н.И., Крылова Т.В., Кудрявцева Л.П. *Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням*. М.: Изд-во РАСХН, 2000. С. 22-26.
5. Рожмина Т.А., Жученко А.А., Мясникова А.В. Новые гены устойчивости к фузариозному увяданию у льна масличного // *Кормопроизводство*. 2024. № 9. С. 19-22. <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-9-19-22>
6. Симагин А.Д., Ханбабаева О.Е., Попченко М.И., Кудрявцева Л.П. Оценка устойчивости сортообразцов льна-долгунца к фузариозному увяданию // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 8 (197). С. 39-46. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-8-39-46>
7. Рожмина Т.А., Голубева Л.М. Эффективные гены устойчивости к фузариозному увяданию у современных сортов льна-долгунца // *Масличные культуры: Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2018. № 4 (176). С. 37-41. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-4-176-37-41>
8. Kanapin A., Bankin M., Rozhmina T., Samsonova A. et al. Genomic Regions Associated with Fusarium Wilt Resistance in Flax. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(22):12383. <https://doi.org/10.3390/ijms222212383>
9. Ахметшина А.О., Стыригина К.В., Хлесткина Е.К., Пороховинова Е.А. и др. Высокопроизводительное секвенирование в генетике и селекции льна // *Экологическая генетика*. 2020. Т. 18, № 1. С. 103-124. <https://doi.org/10.17816/ecogen16126>
10. Dodds P.N., Lawrence G.J., Ellis J.G. Six amino acid changes confined to the leucine-rich repeat beta-strand/beta-turn motif determine the difference between the P and P2 rust resistance specificities in flax. *Plant Cell*. 2001;13(1):163-178. <https://doi.org/10.1105/tpc.13.1.163>
11. Рожмина Т.А., Пролетова Н.В., Ушаповский И.В. Изучение контроля устойчивости к фузариозному увяданию (*Fusarium oxysporum* f. *lini*) на начальных этапах селекционного процесса льна-долгунца // *Кормопроизводство*. 2022. № 9. С. 22-26. <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.67.17.002>
12. Рожмина Т.А., Канапин А.А., Банкин М.П., Самсонова М.Г. Идентификация двух QTL, контролирующих устойчивость льна к фузариозному увяданию // *Биофизика*. 2024. Т. 69, № 1. С. 69-76. <https://doi.org/10.31857/S0006302924010072>
4. Loshakova N.I., Krylova T.V., Kudryavtseva L.P. *Methodical guidelines for phytopathological assessment of flax resistance to diseases*. Moscow, Russia: Izd-vo RASKhN, 2000:22-26. (In Russ.)
5. Rozhmina T.A., Zhuchenko A.A., Myasnikova A.V. New genes for resistance to fusaria wilt in *Linum usitatissimum* L. *Kormoproizvodstvo*. 2024;(9):19-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-9-19-22>
6. Simagin A.D., Khanbabayeva O.E., Popchenko M.I., Kudryavtseva L.P. Assessment of the flax varieties resistance to fusarium wilt. *Bulletin of KSAU*. 2023;(8(197)):39-46. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-8-39-46>
7. Rozhmina T.A., Golubeva L.M. Effective genes of resistance to fusarium wilt in modern fiber flax varieties. *Maslichnye kultury. Nauchno-tehnicheskiy byulleten Vserossiyskogo nauchno-issledovatelskogo instituta maslichnykh kultur*. 2018;(4(176)):37-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-4-176-37-41>
8. Kanapin A, Bankin M, RozhminaT, Samsonova A. et al. Genomic Regions Associated with Fusarium Wilt Resistance in Flax. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(22):12383. <https://doi.org/10.3390/ijms222212383>
9. Akhmetshina A.O., Strygina K.V., Khlestkina E.K., Porokhovinova E.A. et al. High-throughput sequencing techniques to flax genetics and breeding. *Ecological Genetics*. 2020;18(1):103-124. (In Russ.) <https://doi.org/10.17816/ecogen16126>
10. Dodds P.N., Lawrence G.J., Ellis J.G. Six amino acid changes confined to the leucine-rich repeat beta-strand/beta-turn motif determine the difference between the P and P2 rust resistance specificities in flax. *Plant Cell*. 2001;13(1):163-178. <https://doi.org/10.1105/tpc.13.1.163>
11. Rozhmina T.A., Proletova N.V., Ushchapovskiy I.V. Flax resistance to fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f. *lini*) at early breeding. *Kormoproizvodstvo*. 2022;(9.):22-26. (In Russ.) <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.67.17.002>
12. Rozhmina T.A., Kanapin A.A., Bankin M.P., Samsonova M.G. Identification of two QTLs controlling flax resistance to fusarium wilt. *Biofizika*. 2024;69(1):69-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0006302924010072>

13. Рожмина Т.А., Мясникова А.В. Идентификация генов устойчивости к фузариозному увяданию у образцов льна масличного с различным жирнокислотным составом // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023. Т. 24, № 6. С. 980-988. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.980-988>
14. Periyannan S., Milne R.J., Figueroa M., Lagudah E.S. et al. An overview of genetic rust resistance: From broad to specific mechanisms. *PLoS Pathog.* 2017;13(7): e1006380. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006380>
15. Курчакова Л.Н. Эколого-генетические аспекты устойчивости льна к септориозу (пасмо) в селекции льна-долгунца: Дис. ... д-ра с.-х. наук. Торжок, 2009. 284 с.
16. Ерофеева В.С., Пролетова Н.В. Биотехнологические методы в селекции льна-долгунца на устойчивость к неблагоприятным факторам среды // *Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал*. 2022. № 3 (5). С. 3-13. <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2022.80.68.001>
17. You F.M., Rashid K.Y., Zheng C., Khan N. et al. Insights into the Genetic Architecture and Genomic Prediction of Powdery Mildew Resistance in Flax (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(9):4960. <https://doi.org/10.3390/ijms23094960>
18. Кудрявцева Л.П., Рожмина Т.А. Генотипы льна с горизонтальной устойчивостью к пасмо (септориозу) для целей селекции // *Аграрная наука*. 2023. № 5. С. 78-82. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-78-82>
19. He L., Xiao J., Rashid K.Y., Jia G. et al. Evaluation of Genomic Prediction for Pasmo Resistance in Flax. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(2):359. <https://doi.org/10.3390/ijms20020359>
20. He L., Sui Y., Che Y., Wang H. et al. Genome-wide association studies using multi-models and multi-SNP datasets provide new insights into pasmo resistance in flax. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1229457. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1229457>
21. He L., Xiao J., Rashid K.Y., Yao Z. et al. Genome-Wide Association Studies for Pasmo Resistance in Flax (*Linum usitatissimum* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2019;9:61982. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01982>
22. Jannink J.L., Lorenz A.J., Iwata H. Genomic selection in plant breeding: from theory to practice. *Briefings in Functional Genomics*. 2010;9(2):166-177. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elq001>
13. Rozhmina T.A., Myasnikova A.V. Identification of resistance genes to Fusarium wilt in oil flax samples with different fatty acid composition. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(6):980-988. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.980-988>
14. Periyannan S., Milne R.J., Figueroa M., Lagudah E.S. et al. An overview of genetic rust resistance: From broad to specific mechanisms. *PLoS Pathog.* 2017;13(7): e1006380. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1006380>
15. Kurchakova L.N. *Ecological and genetic aspects of flax resistance to septoria (pasmo) in the selection of fiber flax*: DSc (Ag) thesis. Torzhok, Russia, 2009:284. (In Russ.)
16. Erofeeva V.S., Proletova N.V. Biotechnological methods in the selection of flax for resistance to adverse environmental factors. *Technical Crops. Scientific Agricultural Journal*. 2022;(3(5)):3-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.54016/SVITOK.2022.80.68.001>
17. You F.M., Rashid K.Y., Zheng C., Khan N. et al. Insights into the Genetic Architecture and Genomic Prediction of Powdery Mildew Resistance in Flax (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(9):4960. <https://doi.org/10.3390/ijms23094960>
18. Kudryavtseva L.P., Rozhmina T.A. Flax genotypes with horizontal resistance to pasmo (septoria) for breeding purposes. *Agrarian Science*. 2023;(5):78-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-78-82>
19. He L., Xiao J., Rashid K.Y., Jia G. et al. Evaluation of Genomic Prediction for Pasmo Resistance in Flax. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(2):359. <https://doi.org/10.3390/ijms20020359>
20. He L., Sui Y., Che Y., Wang H. et al. Genome-wide association studies using multi-models and multi-SNP datasets provide new insights into pasmo resistance in flax. *Frontiers in Plant Science*. 2023;14:1229457. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1229457>
21. He L., Xiao J., Rashid K.Y., Yao Z. et al. Genome-Wide Association Studies for Pasmo Resistance in Flax (*Linum usitatissimum* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2019;9:61982. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01982>
22. Jannink J.L., Lorenz A.J., Iwata H. Genomic selection in plant breeding: from theory to practice. *Briefings in Functional Genomics*. 2010;9(2):166-177. <https://doi.org/10.1093/bfgp/elq001>

Сведения об авторах

Анастасия Сергеевна Симагина, аспирант, ассистент кафедры генетики, селекции и семеноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: klepikova.anastasi@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-3759-9796>

Елена Александровна Вертикова, д-р с.-х. наук, заведующий кафедрой генетики, селекции и семеноводства, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: vertikova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2457-7253>

Александр Дмитриевич Симагин, аспирант, ассистент кафедры генетики, селекции и семеноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: alexander.d.simagin@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-9578-4611>

Барнашова Екатерина Константиновна, доцент кафедры генетики, селекции и семеноводства, канд. с.-х. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: k.barnashova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0384-9571>

Статья поступила в редакцию 04.04.2025
Одобрена после рецензирования 17.05.2025
Принята к публикации 26.06.2025

Information about the authors

Anastasia S. Simagina, post-graduate student, Assistant at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: klepikova.anastasi@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0001-3759-9796>

Elena A. Vertikova, DSc (Ag), Associate Professor, Head of the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: vertikova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2457-7253>

Aleksandr D. Simagin, post-graduate student, Assistant at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: alexander.d.simagin@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-9578-4611>

Ekaterina K. Barnashova, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Genetics, Breeding and Seed Production, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: k.barnashova@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0384-9571>

The article was submitted to the editorial office April 04, 2025
Approved after reviewing June 17, 2025
Accepted for publication June 26, 2025

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

Оригинальная научная статья

УДК 619:636.92: 612.1: 612.2

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01>



**Особенности регуляции гемодинамики у кроликов
при парентеральном введении трипсина**

**Семён Дмитриевич Галыга, Светлана Владимировна Карамушкина,
Александра Викторовна Кралинина**

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

Автор, ответственный за переписку: Семён Дмитриевич Галыга; ya.sokrat@mail.ru

Аннотация

Широкое применение трипсина обусловлено в основном его протеолитическим, противовоспалительным и противоотечным действием. В настоящей работе впервые показано воздействие кристаллического трипсина при парентеральном введении кроликам на процессы гемодинамики с целью изучения особенностей регуляции гемодинамики. Исследования проводились на 15 кроликах, которым внутримышечно или внутривенно вводился раствор трипсина в дозе 0,25 мг/кг живой массы. При сравнительном анализе показателей гемодинамики было выявлено, что раствор кристаллического трипсина при его внутримышечном введении оказывает вазодилатирующий эффект, который сопровождается достоверным снижением артериального давления (систолического – на 13%, диастолического – на 12%) и повышением частоты сердечных сокращений на 8% у кроликов. При внутривенном введении трипсина наблюдается кратковременный гипотензивный эффект, который компенсируется в течение 30 мин активацией симпатической нервной системы. Полученные данные расширяют представление о механизмах действия трипсина на сердечно-сосудистую систему и обосновывают возможность его применения в ветеринарной медицине для коррекции микроциркуляторных нарушений.

Ключевые слова

трипсин, парентеральное применение ферментов, кролики, артериальное давление, частота сердечных сокращений

Для цитирования

Галыга С.Д., Карамушкина С.В., Кралинина А.В. Особенности регуляции гемодинамики у кроликов при парентеральном введении трипсина // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532401. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01)

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01>



**Features of hemodynamic regulation in rabbits
during parenteral administration of trypsin**

Semyon D. Galiga, Svetlana V. Karamushkina, Aleksandra V. Kralinina

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

Corresponding author: Semyon D. Galiga; ya.sokrat@mail.ru

Abstract

Trypsin is widely used for its proteolytic, anti-inflammatory, and decongestant properties. In this study, we investigated, for the first time, the effects of crystalline trypsin on hemodynamics in rabbits after parenteral administration, aiming to elucidate features of hemodynamic regulation. The study involved 15 rabbits, which received either

an intramuscular (IM) or intravenous (IV) administration of trypsin solution at a dose of 0.25 mg/kg body weight. Comparative analysis of hemodynamic parameters revealed that intramuscular administration of crystalline trypsin solution induced a vasodilating effect, accompanied by a significant decrease in blood pressure (13% systolic, 12% diastolic) and an 8% increase in heart rate in rabbits. Intravenous administration of trypsin resulted in a short-term hypotensive effect, which was compensated within 30 minutes by activation of the sympathetic nervous system. These findings enhance our understanding of trypsin's mechanisms of action on the cardiovascular system and support its potential application in veterinary medicine for correcting microcirculatory disorders.

Keywords

Trypsin, parenteral administration, intramuscular administration, rabbits, blood pressure, heart rate

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Galiga S.D., Karamushkina S.V., Kralinina A.V. Features of hemodynamic regulation in rabbits during parenteral administration of trypsin. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532401. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-01>

Введение

Introduction

Трипсин, как и другие ферментные препараты, наиболее часто применяется при заместительной терапии для коррекции пищеварения. Однако в последнее время препараты трипсина используются и в других сферах ветеринарной медицины: в хирургии для санации гнойно-некротических поражений кожи [1], для лечения спаечных процессов [2]. В научных работах описывается влияние трипсина на обмен веществ, на его активное участие в купировании воспалительного процесса. В работах В.Г. Вертипрахова (2023) описана роль трипсина в крови как показателя белкового обмена веществ [3]. Это еще раз доказывает возможность широкого применения данного протеолитического фермента, который обладает еще и регулирующими свойствами. Основу его регуляторных функций составляют PAR – рецепторы, расположенные в различных тканях организма, в том числе на эндотелии кровеносных сосудов [4, 5]. Наиболее часто препараты трипсина применяют с кормом в качестве добавок [6], однако эффект, оказываемый на организм, при его парентеральном введении остается малоизученным.

Цель исследований: изучить особенности регуляции гемодинамики у кроликов при введении трипсина. В работе впервые представлен сравнительный анализ показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений при внутримышечном и внутривенном введении раствора кристаллического трипсина.

Методика исследований

Research method

Исследования проводились на 15 кроликах (самки) породы советская шиншилла массой не менее 4000 г, годовалого возраста,

с соблюдением требований гуманного отношения к лабораторным животным (выписка из протокола № 3 от 7 апреля 2023 г. заседания комиссии по биоэтике РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). Содержали кроликов в специальных клетках КР-ВПОЗ.6; кормили полнорационным гранулированным комбикормом для кроликов (ГОСТ 32897-2014) в количестве 100-110 г ежедневно.

Опыты выполняли методом пар-аналогов. Кроликам 1 группы (5 гол.) вводили внутримышечно раствор физиологический 0,5 мл (контрольная группа). Кроликам 2 опытной группы (5 гол.) вводили внутримышечно раствор трипсина в дозе 0,25 мг/кг живой массы, который непосредственно перед применением разводили 5,0 мл 0,9%-ного раствора натрия хлорида (0,6 мл/гол.), что эквивалентно 0,25 мг/кг массы животного. Кроликам 3 опытной группы (5 гол.) вводился внутривенно в краевую ушную вену при помощи периферического катетера с дополнительным портом 26G (0,4 × 19 мм), а также при его фиксации на ухе при помощи лейкопластиря на тканевой основе Верофарм 2 × 500 см раствор трипсина в дозе 0,25 мг/кг живой массы, который непосредственно перед применением разводили 5,0 мл 0,9%-ного раствора натрия хлорида (0,6 мл/гол.) [6]. Данная дозировка была выбрана на основе ранее проверенных исследований фармакологической активности трипсина.

Артериальное давление и частоту сердечных сокращений измеряли с помощью автоматического ветеринарного тонометра МЛ-430 VET (Микролюкс, РФ). Для этого кролика фиксировали на столе, манжету накладывали на переднюю лапу и производили измерение АД не менее 5 раз подряд.

Измерение показателей проводили в каждой экспериментальной группе до и после инъекции растворов в 5-кратных повторах. Полученные данные обрабатывались методом вариационной статистики. Достоверно значимыми являлись результаты по t-критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Наиболее объективным показателем гемодинамики является артериальное давление. Изменение данного показателя при введении трипсина характеризует гемодинамические процессы в сосудистой сети кроликов (табл.).

Из данных таблицы следует, что при введении физиологического раствора в качестве контроля систолическое и диастолическое давление пропорционально увеличилось на 7% соответственно. Наблюдалось и увеличение среднего артериального давления по сравнению с базисными показателями (до введения).

По отношению к контрольной группе (физиологический раствор) систолическое давление через 30 мин после внутримышечной инъекции трипсина

понижается на 7%, а диастолическое – на 9%. Показатель АДср во второй опытной группе имеет достоверную разницу с контролем на 9%.

При внутривенном введения трипсина по сравнению с контрольными показателями САД понижается на 13%, ДАД – на 12%, АДср – на 12%. Различия артериального давления до и после внутривенной инъекции трипсина показали, что систолическое давление снижалось на 10,9%, диастолическое – на 12,8%, среднее – на 11,6%. Это превышает уровень артериального давления после внутримышечной инъекции препарата.

Регуляция артериального давления напрямую связана с показателями частоты сердечных сокращений. Показатели частоты сердечных сокращений у кролика после парентерального введения раствора кристаллического трипсина представлены на рисунке.

Таблица

Показатели артериального давления у кроликов после парентерального введения раствора трипсина кристаллического

Показатели артериального давления, мм рт.ст.	Группа					
	1 контрольная		2 опытная		3 опытная	
	до введения	через 30 мин	до введения	через 30 мин	до введения	через 30 мин
САД	140±3,2	150±2,2a	141±2,5	140±2,6b	147±5,3	131±2,8ab
ДАД	87±1,9	93±1,6a	86±1,8	85±1,5	94±3,2	82±1,5ab
АДср	106±2,2	113±1,9a	104±2,0	103±2,9b	112±4,2	99±2,0ab

Примечание. САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; АДср – среднее артериальное давление; ^b – $p < 0,05$ уровень достоверности при сравнении с контрольной группой; ^a – $p < 0,05$ уровень достоверности при сравнении с базисным значением (до инъекции).

Table

Blood pressure indices in rabbits after parenteral administration of crystalline trypsin solution

Blood pressure readings, mmHg	Group					
	control group 1		experimental group 2		experimental group 3	
	before administration	after 30 minutes	before administration	after 30 minutes	before administration	after 30 minutes
BPsyst	140±3.2	150±2.2a	141±2.5	140±2.6b	147±5.3	131±2.8ab
BPDias	87±1.9	93±1.6a	86±1.8	85±1.5	94±3.2	82±1.5ab
BPMean	106±2.2	113±1.9a	104±2.0	103±2.9b	112±4.2	99±2.0ab

Note. BPsyst – systolic blood pressure; BPDias – diastolic blood pressure; BPMean – mean arterial pressure; ^b – $p < 0.05$ significance level when compared with the control group; ^a – $p < 0.05$ significance level when compared with the baseline value (before administration).

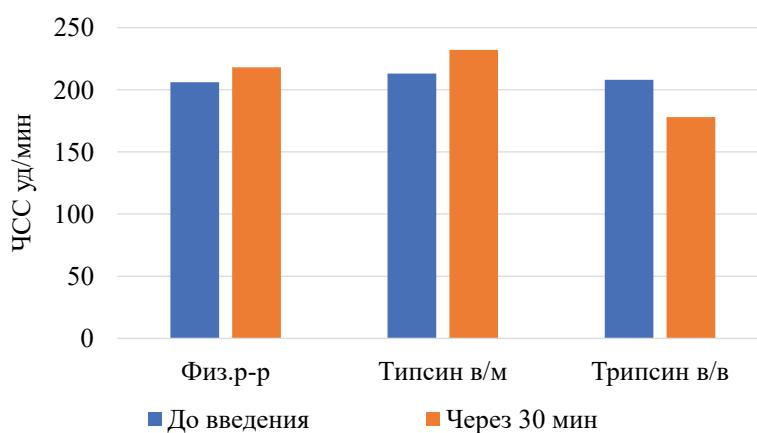


Рис. Показатели частоты сердечных сокращений у кролика после парентерального введения раствора кристаллического трипсина, ЧСС/мин

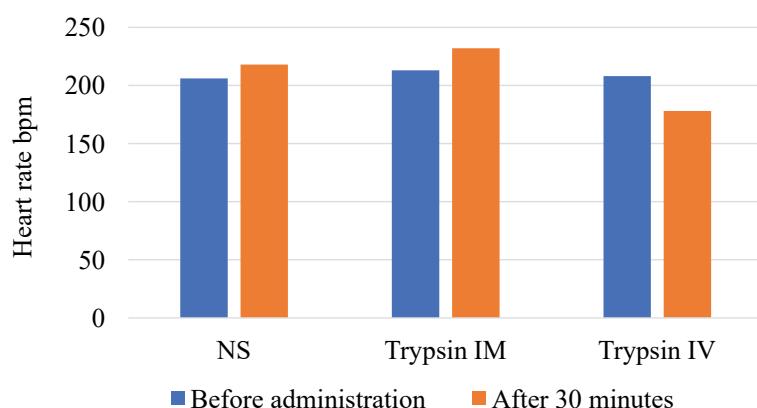


Fig. Heart rate indicators in a rabbit after parenteral administration of crystalline trypsin solution, HR/min

Анализируя данные диаграммы, можно отметить, что частота сердечных сокращений увеличивается после внутримышечной инъекции физиологического раствора на 6%, раствора трипсина кристаллического – на 8%, в то время как через 30 мин после внутривенного введения трипсина ЧСС снижается на 14%.

Для анализа гемодинамики при парентеральном введении трипсина сравним показатели артериального давления и частоты сердечных сокращений до введения растворов и через 30 мин после инъекции. Чтобы исключить влияние самих процедур инъекции, фиксации и измерения показателей (стрессовый фактор) на АД и ЧСС кроликов, в качестве контроля вводим внутримышечно физиологический раствор.

Раствор кристаллического трипсина при внутривенном введении оказывает гипотензивный эффект, который характеризуется понижением как систолического, так и диастолического артериального давления относительно базисных показателей. Данный факт можно объяснить наличием

PAR-рецепторов, которые экспрессируются в эндотелии и гладкомышечных клетках сосудов. Активация PAR-2 трипсином в эндотелиальных клетках стимулирует высвобождение оксида азота (NO) и простагландинов, что приводит к вазодилатации [9, 10].

Частота сердечных сокращений при введении раствора имеет отрицательную корреляцию с АД, и через 30 мин после внутримышечного введения трипсина повышается до $232 \pm 6,9$ уд/мин, что на 6% выше контрольных значений. Это свидетельствует об активации симпатической нервной системы в ответ на снижение артериального давления [11].

Через 30 мин после внутривенной инъекции раствора кристаллического трипсина показатели АД остаются в пределах базисных значений. Можно предположить, что вазодилатационный эффект при прямом введении трипсина в кровь наблюдается намного раньше и уже через 30 мин компенсируется активацией симпатической нервной системы. Данный факт требует дальнейших исследований.

Выводы Conclusions

Раствор кристаллического трипсина при внутримышечном введении кроликам оказывает гипотензивный эффект, выражющийся в достоверном снижении систолического,

диастолического и среднего артериального давления через 30 мин после инъекции относительно базисных показателей и контрольной группы. Введение трипсина внутривенно вызывает более выраженную реакцию, приводящую к снижению артериального давления и уменьшению частоты сердечных сокращений.

Список источников

1. Шайхуллина Л.Ф., Меркульева Г.Ю., Камаева С.С. Ферментные препараты, применяемые для лечения гнойно-некротических процессов // *Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 14 января 2022 г.* Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2022. Ч. 1. С. 203-205. EDN: ZMIEFM
2. Прилепская В.Н., Довлетханова Э.Р., Ледина А.В., Тагиева А.В. Клиническое исследование (II фаза) эффективности и безопасности препарата Лонгидаза (суппозитории) у больных со спаечным процессом, обусловленным воспалительными заболеваниями органов малого таза // *Гинекология*. 2024. Т. 26, № 2. С. 141-149. <https://doi.org/10.26442/20795696.2024.2.202802>
3. Вертипрахов В.Г., Селионова М.И., Малородов В.В. Трипсин – новый маркер метаболизма у животных // *Тимирязевский биологический журнал*. 2023. № 1. С. 53-58. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-53-58>
4. Полина С.И., Вертипрахов В.Г. К вопросу о регуляции трипсином гемодинамики у кроликов // *Материалы Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича: Сборник статей*. Москва, 3-5 июня 2024 г. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. С. 168-171. EDN: PZEJZP
5. 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
6. Карамушкина С.В. Влияние выпаивания раствора натрия гипохлорита на внешнесекреторную функцию поджелудочной железы собак // *Исследования по морфологии и физиологии животных: Сборник научных трудов / Дальневосточный государственный аграрный университет*. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 1999. Вып. 12. С. 118-124. EDN: DDPGJS

References

1. Shaikhullina L.F., Merkuryeva G.Yu., Kamaeva S.S. Enzyme preparations used for the treatment of purulent-necrotic processes. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya v naуke i obrazovanii'*. January 14, 2022. Sterlitamak, Russia: LLC AMI, 2022;1:203-205. (In Russ.)
2. Prilepskaya V.N., Dovletkhanova E.R., Ledina A.V., Tagieva A.V. Clinical study (phase II) of the efficacy and safety of Longidase (suppositories) in patients with adhesions due to pelvic inflammatory disease: A blinded, placebo-controlled, randomized study. *Gynecology*. 2024;26(2):141-149. (In Russ.) <https://doi.org/10.26442/20795696.2024.2.202802>
3. Vertiprakhov V.G., Selionova M.I., Malorodov V.V. Trypsin as a New Marker of Metabolism in Animals. *Timiryazev Biological Journal*. 2023;(1):53-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-1-53-58>
4. Polina S.I., Vertiprakhov V.G. On the regulation of hemodynamics in rabbits by trypsin. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya molodykh uchonykh i spetsialistov, posvyashchennaya 150-letiyu so dnya rozhdeniya A.YA. Milovicha*. June 3-5, 2024. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2024:168-171. (In Russ.)
5. 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, Russia: Stavropolskiy krayevoy institut povysheniya kvalifikatsii rabotnikov obrazovaniya, 2005:12. (In Russ.)
6. Karamushkina S.V. Effect of sodium hypochlorite solution on exocrine pancreatic function in dogs. *Research in animal morphology and physiology: collection of scientific papers*. Blagoveshchensk, Russia: Far Eastern State Agrarian University, 1999;12:118-124. (In Russ.)

7. Вертипрахов В.Г., Сергеенкова Н.А., Седлецкая Е.С. Физиологическая реакция кровообращения и системы крови кроликов на инъекцию лиофилизата *pancreas* свиней // *Ветеринария и кормление*. 2025. № 2. С. 20-23.
<https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-4>
8. McGuire J.J., Van Vliet B.N., Halfyard S.J. Arterial pressure, heart rate, and locomotor activity during salt loading and angiotensin II infusion in protease-activated receptor 2 (PAR2) knockout mice. *BMC Physiology*. 2008;8:20.
<https://doi.org/10.1186/1472-6793-8-20>
9. Hamilton J.R., Moffatt J.D., Frauman A.G., Cocks T.M. Protease-activated receptor (PAR) 1 but not PAR2 or PAR4 mediates endothelium-dependent relaxation to thrombin and trypsin in human pulmonary arteries. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. 2001;38(1):108-119.
<https://doi.org/10.1097/00005344-200107000-00012>
10. Allemann A., Staubli S.M., Nebiker K.A. Trypsin and trypsinogen activation peptide for predicting severity of acute pancreatitis. *Life*. 2024;14(9):1055.
<https://doi.org/10.3390/life14091055>
11. Kagota S., Chia E., McGuire J.J. Preservation of arterial vasodilation via endothelial protease-activated receptor-2 in obese type 2 diabetic mice. *British Journal of Pharmacology*. 2011;164(2):358-371.
<https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01356.x>
7. Vertiprakhov V.G., Sergeenkova N.A., Sedletskaya E.S. Physiological response of blood circulation and blood system of rabbits to injection of pig pancreas lyophilizate. *Veterinaria i Kormlenie*. 2025;(2):20-23. (In Russ.)
<https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2025-2-4>
8. McGuire J.J., Van Vliet B.N., Halfyard S.J. Arterial pressure, heart rate, and locomotor activity during salt loading and angiotensin II infusion in protease-activated receptor 2 (PAR2) knockout mice. *BMC Physiology*. 2008;8:20.
<https://doi.org/10.1186/1472-6793-8-20>
9. Hamilton J.R., Moffatt J.D., Frauman A.G., Cocks T.M. Protease-activated receptor (PAR) 1 but not PAR2 or PAR4 mediates endothelium-dependent relaxation to thrombin and trypsin in human pulmonary arteries. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. 2001;38(1):108-119.
<https://doi.org/10.1097/00005344-200107000-00012>
10. Allemann A., Staubli S.M., Nebiker K.A. Trypsin and trypsinogen activation peptide for predicting severity of acute pancreatitis. *Life*. 2024;14(9):1055.
<https://doi.org/10.3390/life14091055>
11. Kagota S., Chia E., McGuire J.J. Preservation of arterial vasodilation via endothelial protease-activated receptor-2 in obese type 2 diabetic mice. *British Journal of Pharmacology*. 2011;164(2):358-371.
<https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01356.x>

Сведения об авторах

- Семён Дмитриевич Галыга**, аспирант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ya.sokrat@mail.ru;
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0000-6704-5367>
- Светлана Владимировна Карамушкина**, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, кандидат биологических наук, доцент, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Москва, ул. Тимирязевская 49; e-mail: sveta.vetmed@mail; <https://orcid.org/0009-0009-6485-7146>
- Александра Викторовна Кралинина**, лаборант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, бакалавр по специальности «Биология», Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Москва, ул. Тимирязевская 49; e-mail: alyascrawl@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-6287-3971>

Статья поступила в редакцию 25.05.2025
Одобрена после рецензирования 13.06.2025
Принята к публикации 25.06.2025

Information about the authors

- Semyon D. Galiga**, post-graduate student 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: ya.sokrat@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6704-5367>
- Svetlana V. Karamushkina**, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor 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: sveta.vetmed@mail, <https://orcid.org/0009-0009-6485-7146>
- Aleksandra V. Kralinina**, Laboratory Assistant at the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, BSc (Bio), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: alyascrawl@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-6287-3971>

The article was submitted to the editorial office May 25, 2025
Approved after reviewing June 13, 2025
Accepted for publication June 25, 2025

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 59.006: 599.742.75

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-03>



Опыт обогащения среды евразийских рысей, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) в искусственных условиях

Мария Андреевна Добрякова¹, Михаил Александрович Брагин²,
Наталья Александровна Веселова³

¹ Крокус Сити Океанариум, Красногорск, Россия

² Московский зоологический парк, Москва, Россия

³ Государственный биологический музей имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Наталья Александровна Веселова;
veselova_n.a@mail.ru

Аннотация

В статье представлен анализ влияния ольфакторного обогащения среды на поведение евразийских рысей, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) в условиях Московского зоопарка летом и осенью 2022 г. В эксперименте участвовали 4 взрослые рыси (самец и 3 самки). В качестве обогащения среды использовали экскременты потенциальных видов-конкурентов (*Panthera tigris*, *Canis lupus*, *Gulo gulo*) и видов-жертв (*Capra cylindricornis*, *Lepus timidus*, *Cervus nippon*) рысей. Наблюдения проводили с помощью видеосъемки методом временных срезов. Оценивали влияние на поведение рысей таких факторов, как индивидуальные особенности животных (пол, возраст), температура воздуха, время проведения наблюдений и внесение обогащения среды. Было показано, что применение ольфакторного обогащения среды достоверно оказывает влияние на уровень как неактивных, так и активных форм поведения рысей. Рост активности отмечался при внесении всех запахов, кроме экскрементов *G. gulo* и *L. timidus*. Уровень неактивных форм поведения снижался во всех случаях, кроме обогащения среды экскрементами *L. timidus*. Обогащение среды навозом *C. cylindricornis* способствовало максимальному повышению уровня двигательной активности рысей.

Ключевые слова

Благополучие животных, зоокультура, зоопарк, поведение

Для цитирования

Добрякова М.А., Брагин М.А., Веселова Н.А. Опыт обогащения среды евразийских рысей, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) в искусственных условиях // Тимирязевский биологический журнал. Т. 3, № 2. С. 202532403. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-03](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-03)

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-03>



Environmental enrichment strategies for Eurasian Lynxes, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) in captivity environments

Mariya A. Dobryakova¹, Mikhail A. Bragin², Natalya A. Veselova³

¹ Crocus City Oceanarium, Krasnogorsk, Russia

² Moscow Zoo, Moscow, Russia

³ Timiryazev State Biological Museum, Moscow, Russia

Corresponding author: Natalya A. Veselova; veselova_n.a@mail.ru

Abstract

This article presents an analysis of the effect of olfactory environmental enrichment on the behavior of Eurasian lynx, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758), in the Moscow Zoo during the summer and autumn of 2022. The research involved four adult lynxes (one male and three females). Environmental enrichment consisted of introducing the excrement of potential

competitor species (*Panthera tigris*, *Canis lupus*, *Gulo gulo*) and prey species (*Capra cylindricornis*, *Lepus timidus*, *Cervus nippon*) of lynxes. Behavioral observations were conducted using Time Slice video recording. The influence of factors such as individual animal characteristics (sex, age), air temperature, observation time, and the introduction of olfactory environmental enrichment on the behavior of the lynxes was assessed. Results indicated that olfactory environmental enrichment significantly affected the frequency of both inactive and active behavioral patterns in the lynxes. An increase in the active behavior was observed following the introduction of all odors, except for the excrements of *G. gulo* and *L. timidus*. A decrease in the inactive behavior was observed in all cases, except for enrichment of the environment with excrements of *L. timidus*. Enrichment with *C. cylindricornis* manure resulted in the maximum increase in the locomotor activity in the lynxes.

Keywords

Animal welfare, zooculture, zoo, behavior

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Dobryakova M.A., Bragin M.A., Veselova N.A. Environmental enrichment strategies for Eurasian Lynxes, *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) in captivity environments. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532403. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-03>

Введение Introduction

Хищные млекопитающие и, в частности, представители семейства Кошачьи, *Felidae* Fischer-Waldheim, 1817, являются одними из наиболее популярных объектов зоологических коллекций и вызывают неизменный интерес у посетителей зоопарков. Вместе с тем обедненные условия содержания этих животных в искусственно созданной среде обитания часто негативно сказываются на состоянии животных и снижают уровень их благополучия [1-3].

Одним из наиболее эффективных способов решения этой проблемы считается применение различных способов обогащения среды обитания животных. На данный момент обогащение среды решает несколько задач: повышение разнообразия естественных форм поведения, повышение общей двигательной активности, снижение уровня патологического поведения и увеличение площади использования доступного пространства [4]. Все вышеперечисленные задачи направлены на повышение благополучия животных. В свою очередь, методы повышения благополучия животных объединяют в отдельную биологическую дисциплину – науку о благополучии животных (Animal Welfare Science).

Кошачьи, как и другие хищники, во многом полагаются на свою обонятельную систему во время освоения новой территории [5]. Также запахи играют для них важную роль в коммуникации с конспецификами и в процессах межвидовых взаимодействий. В связи с этим применение ольфакторных (запаховых) стимулов признано одним из наиболее эффективных способов обогащения среды кошачьих [4].

Евразийская, или обыкновенная рысь, *Lynx lynx* Linnaeus, 1758, – один из наиболее распространенных представителей семейства кошачьих.

На большей части ареала основу питания евразийской рыси составляют зайцы-беляки, *Lepus timidus* Linnaeus, 1758, причем изменение численности зайца влечет за собой изменение численности рыси [6]. Кроме того, известны случаи нападения рысей и на пятнистого оленя *Cervus nippon* Temminck, 1838. На территории восточного Кавказа в рацион рысей входит дагестанский тур *Capra cylindricornis* (Blyth, 1841) [7]. В литературе есть данные о пересечении ареала амурского тигра *Panthera tigris altaica* Temminck, 1844, и евразийской рыси в Приморском крае. При этом рыси особенного интереса к следам тигра не проявляли [8]. Также исследования предполагают конкуренцию рыси с волком *Canis lupus* Linnaeus, 1758, и росомахой *Gulo gulo* (Linnaeus, 1758), поэтому рыси избегаютходить по следам волков. Но за рысью, как за более успешным хищником, ходит росомаха, иногда отгоняет ее от свежедобытой жертвы и пользуется остатками ее добычи [9].

Цель исследований: оценка влияния ольфакторного обогащения среды на поведение евразийских рысей *Lynx lynx* в условиях Московского зоопарка.

Методика исследований Research method

Исследования проводили в 2022 г. на базе вольерного комплекса «Кошачий ряд» в отделе «Хищные» ГАУ «Московский зоологический парк».

Объектом исследований стали 4 рожденные в искусственных условиях взрослые евразийские рыси *L. lynx*: самец и 3 самки (родительская пара и потомство из их двух выводков) (табл. 1). Поскольку животные не проявляли друг к другу агрессии, их содержали совместно. Индивидуальные отличия животных помогали их надежно идентифицировать [10].

Нами была выбрана последовательная схема ольфакторного (запахового) обогащения среды, которая заключается в чередовании периодов фоновых наблюдений и периодов внесения элементов обогащения среды [4]. Эксперимент состоял из двух этапов: летнего (01.06. – 28.07.2022 г.) и осеннего (01.09. – 28.09.2022 г.) (рис. 1).

В течение первого этапа животных содержали во внутренних помещениях комплекса, не имеющих выхода в экспозиционные вольеры. Помещения были оборудованы консольными полками, декорированы пнями и корягами. В каждом помещении располагался домик для укрытия животных. Во время летнего этапа эксперимента в вольер вносили экскременты потенциальных конкурентов рыси: амурского тигра, волка и росомахи. После окончания первого этапа исследований рыси были переведены в новые вольеры.

Спустя месяц после того, как животные адаптировались к новым условиям, был начат второй этап эксперимента. Новые вольеры были отгорожены от посетителей с трех сторон стеклом, на четвертой стороне вольера были размещены разнообразные конструкции для животных: деревянные полки, укрепления, бревна. Бетонный пол покрывала измельченная кора лиственницы; также в вольере присутствовала живая газонная трава, высажены деревья и кустарники. В центре каждого из трех новых вольеров были установлены полки и бревна. Животные имели свободный доступ во внутренние помещения, которые рыси могли использовать в качестве укрытия. На втором этапе исследований в вольер рысей вносили экскременты их потенциальных жертв: дагестанского тура, зайца-беляка и пятнистого оленя.

Таблица 1 / Table 1

Характеристика объекта исследований

Characteristics of research objects

Кличка <i>Name</i>	Пол / Условное обозначение <i>Sex / Conventional designation</i>	Возраст животных в период наблюдений, полных лет <i>Age of animals during the observation period, full years</i>	Дата рождения <i>Date of birth</i>	Дата появления в Московском зоопарке <i>Date of appearance in Moscow Zoo</i>	Место рождения <i>Place of birth</i>
Чип <i>Chip</i>	самец / <i>M1</i> male / <i>M1</i>	14	23.05.2009	18.12.2009	г. Красноярск, зоопарк «Роев Ручей» <i>Krasnoyarsk, Roev Ruchey Zoo</i>
Гайка <i>Gajka</i>	самка / <i>F1</i> female / <i>F1</i>	14	28.04.2009	04.09.2009	г. Якутск, Якутский зоопарк <i>Yakutsk, Yakut Zoo</i>
Тыква <i>Tykva</i>	самка / <i>F2</i> female / <i>F2</i>	5	18.05.2018	18.05.2018	г. Москва, Московский зоопарк <i>Moscow, Moscow Zoo</i>
Горошина <i>Goroshina</i>	самка / <i>F3</i> female / <i>F3</i>	4	20.05.2019	20.05.2019	г. Москва, Московский зоопарк <i>Moscow, Moscow Zoo</i>

1 этап (01.06. – 28.07.2022 г.)



2 этап (01.09. – 28.09.2022 г.)

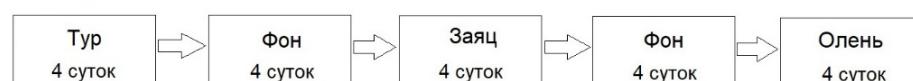


Рис. 1. Схема эксперимента

Fig. 1. Experimental design

Предлагаемые рысям экскременты перед началом исследований были заморожены. Их вносили на заранее очищенное бревно в соответствующий период эксперимента ежедневно в утренние часы до кормления рысей в течение четырех дней, предварительно перегнав животных в соседнее помещение, после чего их выпускали обратно. По окончании периода обогащения среды бревно с остатками запахового агента тщательно мыли водой. Важно отметить, что бревно, выбранное для исследований, являлось привычной частью интерьера вольера.

Поскольку в зоопарках животные не изолированы от окружающей среды, считаем, что невозможно рассматривать изменения в их поведении без учета влияния таких факторов, как температура воздуха и время суток. Поэтому, помимо этологических наблюдений за животными, в течение эксперимента перед началом съемки фиксировали время и температуру воздуха. Кроме того, в анализе учитывали индивидуальные особенности животных (пол и возраст).

Для наблюдения за поведением животных использовали экшн-видеокамеру Aceline S-100, которая была установлена в вольере таким образом, чтобы охватывать максимально широкое поле для съемки. Наблюдения проводили ежедневно методом временных срезов [11] (продолжительность временного среза составила 1 мин), 60-минутными сессиями по две сессии в день (10:00-11:00, 15:00-16:00). Продолжительность, количество и интервалы сессий были выбраны исходя из распорядка рабочего дня зоопарка и особенностей поведения животных в течение дня. Поведенческий репертуар животных в зоопарке ограничен по сравнению с природными условиями, поэтому, как показали результаты предварительных наблюдений, выбранных интервалов наблюдений оказалось достаточно для анализа их активности. Всего было проведено наблюдений в течение 514 ч. Все формы поведения животных, которые учитывали в эксперименте, подразделяли на 3 группы: активное, неактивное и стереотипное. Отдельно отмечали время, когда животные отсутствовали в поле зрения наблюдателя.

Перед началом анализа результатов все данные приведены нами в процентное соотношение каждого типа поведения от общего числа зарегистрированных временных срезов (100%) – бюджет времени. Рассчитывали среднее арифметическое (M), ошибку средней (SE), стандартное отклонение (SD) и размах (min-max) исследуемых показателей. Для биометрической обработки применяли дисперсионный анализ ANOVA (Analysis of Variance) – статистический метод, который используется для сравнения средних значений нескольких групп. Он позволяет определить, есть ли статистически значимые различия между

средними значениями или наблюдаемые различия обусловлены случайностью, а также достоверно оценить воздействие как отдельных факторов, так и их совокупности на поведение животных [12]. Для исследований мы выделили 2 группы факторов: категориальные (качественные) и переменные (количественные). К категориальным факторам отнесли индивидуальные особенности рысей, температуру воздуха, время наблюдений и обогащение среды. К количественным факторам отнесены показатели уровня активного, неактивного и стереотипного поведения, а также времени отсутствия животного в поле зрения наблюдателя. Для биометрической обработки данных использовали пакеты программ MS Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Для оценки изменений в поведении животных нами проанализированы данные, полученные в течение каждого этапа эксперимента, а затем их сравнили между собой.

Этап 1. Обогащение среды рысей экскрементами потенциальных конкурентов

В течение первого этапа исследований мы проводили ольфакторное обогащение среды рысей путем внесения экскрементов их потенциальных конкурентов: тигра, волка и росомахи. Кроме эффекта от обогащения среды, также попытались оценить влияние на поведение животных других факторов.

В таблице 2 представлено распределение бюджетов времени рысей на первом этапе исследований.

Индивидуальные особенности животных достоверно влияли на изменения в уровне активного ($F = 4,41$; $p = 0$), неактивного ($F = 18,38$; $p = 0$) и стереотипного ($F = 10,48$; $p = 0$) поведения (рис. 2), однако не оказывали статистически значимого влияния на время, которое рыси проводили вне поля зрения наблюдателя.

Как следует из данных рисунка 2, самец M1 был наименее активным: почти половина бюджета его времени (49%) приходилась на сон и отдых. У самки F1 доля неактивного поведения была ниже, но тоже достаточно высокой (39%). Вместе с тем у самца M1 наблюдался относительно высокий уровень активного поведения (20%); по данному показателю он уступал только самке F1, которая была наиболее активной из всех рысей: уровень ее активности составил 22%. Такие особенности поведения самца M1 и самки F1 можно объяснить тем, что эти животные были самыми старшими, тогда как самки F2 и F3 были значительно моложе.

Таблица 2 / Table 2

Бюджеты времени рысей на первом этапе исследований, %

Budgets of lynx activities during the first stage of the research, %

Форма поведения <i>Behavioral pattern</i>	M \pm SE	min-max	SD
M1			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	48,70 \pm 3,39	1,67-91,70	25,36
Активное поведение <i>Active behavior</i>	20,2 \pm 1,64	1,67-51,0	12,27
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	0,27 \pm 0,12	0-15,0	2,0
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	30,60 \pm 3,83	0-96,67	28,64
F1			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	39,49 \pm 3,64	0-100,0	27,26
Активное поведение <i>Active behavior</i>	22,36 \pm 1,96	0-65,0	14,68
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	—	—	—
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	35,38 \pm 3,63	0-91,67	27,18
F2			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	18,97 \pm 2,60	0-95,00	19,48
Активное поведение <i>Active behavior</i>	16,41 \pm 1,15	3,33-40,0	8,62
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	3,13 \pm 0,80	0-25,0	5,98
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	61,42 \pm 3,27	0-96,67	24,47
F3			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	24,47 \pm 2,99	0-91,67	22,36
Активное поведение <i>Active behavior</i>	15,31 \pm 1,37	0-56,0	10,28
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	0,42 \pm 0,32	0-16,67	2,38
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	59,54 \pm 3,44	0-95,0	25,76

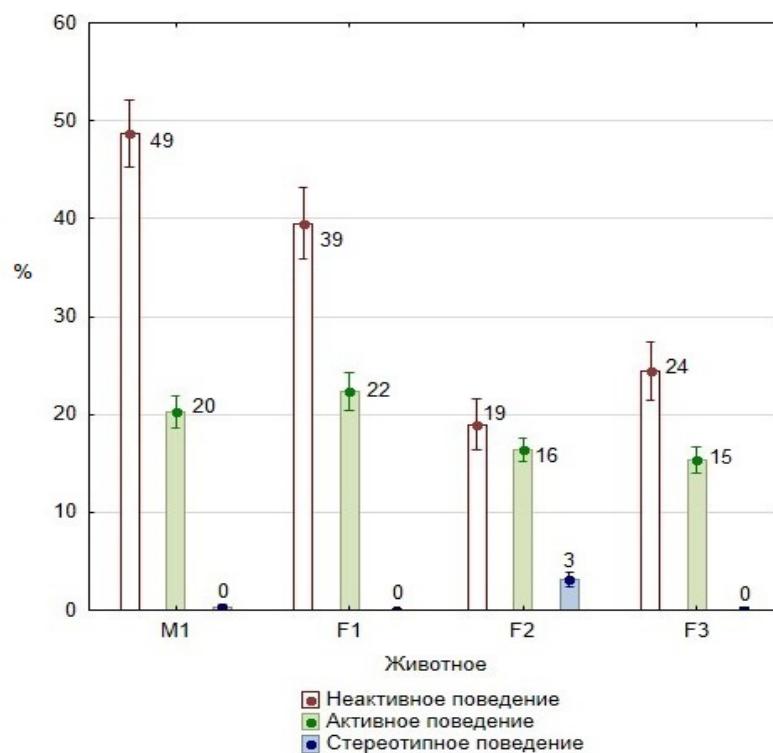


Рис. 2. Активность рысей на первом этапе эксперимента, %

Fig. 2. Lynx activities during the first stage of the research, %

Самки F2 и F3 также больше всего времени отсутствовали в поле зрения наблюдателя. Возможно, это связано с тем, что они избегали встреч с родительской парой и использовали для отдыха внутренние домики. Стереотипное поведение в форме расхаживания (пейсинга) отмечалось только у самки F2, что составило 3% от бюджета времени животного.

В целом полученные данные согласуются с результатами других исследователей: представители семейства кошачьих большую часть своего времени проводят пассивно (отдыхают или спят), а неактивные формы поведения могут занимать до 70% от общего бюджета времени рысей в неволе [13].

Температура воздуха достоверно не влияла на поведение животных. Тем не менее можно выделить некоторые тенденции в изменении уровня активности рысей – вероятно, под воздействием этого фактора. Уровень двигательной активности рысей при температуре воздуха от 21 до 33°C колебался в пределах от 15 до 23%. При температуре выше 31°C рыси отсутствовали в поле зрения наблюдателя в среднем в течение более 60% от времени сессий. Скорее всего животные утром и днем проводили большую часть времени в прохладном темном убежище. Наибольший уровень активного поведения отмечался при температуре воздуха 27°C.

Время проведения наблюдений также статистически значимо не влияло на изменения в поведении животных, однако можно отметить следующую тенденцию: животные больше времени отсутствовали в поле зрения наблюдателя во время дневной

съемки (в среднем 55% времени сессии). Утром ситуация менялась, и рыси чаще попадали в объектив видеокамеры. Также животные с утра были в среднем на 10% более активны, чем в период дневных наблюдений. Значения показателей неактивного поведения утром и днем не отличались и в среднем составляли около 20%.

Применение ольфакторного обогащения среди рысей экскрементами потенциальных видов-конкурентов достоверно оказывало влияние на изменение таких показателей, как долей неактивного ($F = 2,78$; $p = 0,01$) и активного ($F = 2,17$; $p = 0,04$) поведения, а также на долю времени, когда животные отсутствовали в поле зрения наблюдателя ($F = 4,01$; $p = 0$) (рис. 3). Уровень стереотипного поведения менялся незначительно и в целом не превышал 5% от бюджета времени животных.

Наибольшие показатели уровня неактивного поведения животных (более 40%) отмечались во время фоновых периодов эксперимента. Доля активного поведения в первом фоновом периоде составила 15%, что на 4% меньше, чем во время обогащения среди экскрементами тигра. При внесении экскрементов волка уровень активного поведения рысей возрос до 24%, тогда как доля неактивного поведения снизилась до 33%. В период обогащения среды, когда вносили экскременты росомахи, животные большую часть времени отсутствовали в поле зрения наблюдателя, что составило 63%, вследствие чего в этот период отмечались наиболее низкие показатели уровней активного и неактивного поведения.

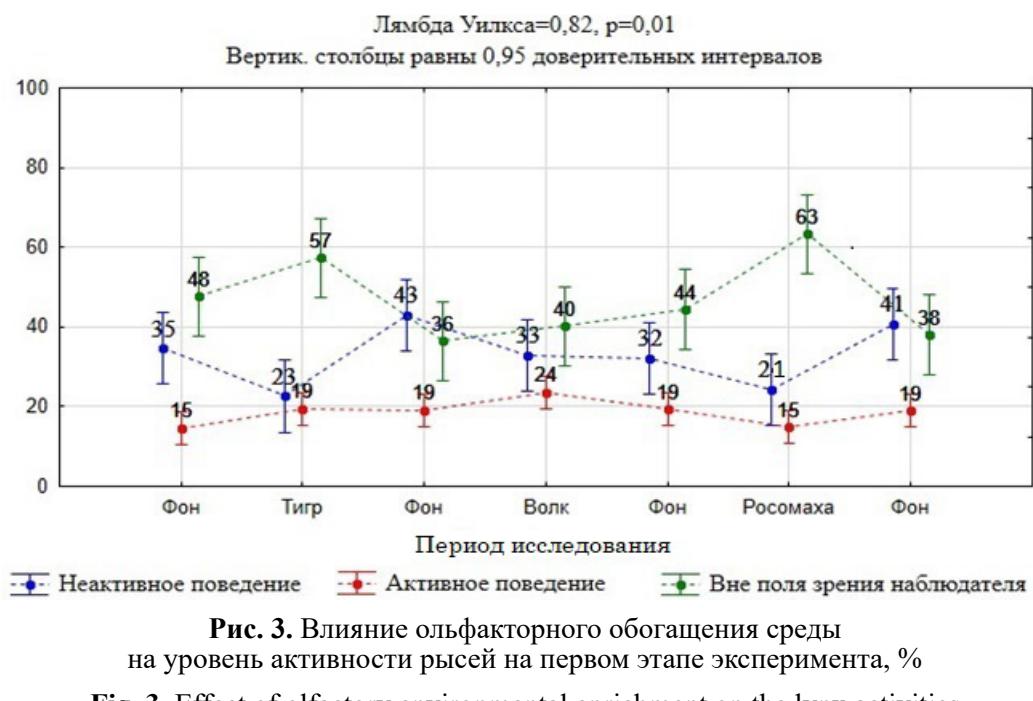


Рис. 3. Влияние ольфакторного обогащения среды на уровень активности рысей на первом этапе эксперимента, %

Fig. 3. Effect of olfactory environmental enrichment on the lynx activities during the first stage of the research, %

Таким образом, на первом этапе эксперимента наиболее эффективным оказалось обогащение среды экскрементами амурского тигра. Тигры активно метят свою территорию экскрементами и мочой, которые обладают резким запахом. Возможно, рыси реагировали на «присутствие» в вольере представителя близкородственного вида, имеющего близкий запаховый след, что стимулировало у них проявление исследовательского поведения. В период обогащения среды экскрементами волка также повышался уровень естественной активности рысей, и животные чаще присутствовали в вольере. Исходя из этого, можно заключить, что внесение экскрементов тигра и волка является наиболее эффективным способом обогащения среды, так как способствует повышению уровня естественной активности и уменьшению доли неактивного поведения рысей.

Из всех возможных сочетаний факторов нами проанализированы только те, которые оказывали статистически значимое совместное влияние: индивидуальные особенности животных и обогащение среды. На первом этапе исследований было выявлено статистически значимое совместное влияние ($F = 1,9$; $p = 0,02$) индивидуальных особенностей животных и периода эксперимента на динамику неактивного поведения рысей (рис. 4). На остальные формы поведения эти факторы достоверного влияния не оказывали.

Самые высокие показатели уровня неактивного поведения отмечали у самца М1 во время третьего и пятого фоновых периодов, когда обогащение среды не вносили, что в среднем составило 65,5%, а также в период обогащения среды экскрементами волка (60%). В период внесения

экскрементов росомахи уровень неактивного поведения самца М1 снизился до 28%.

У самки F1 в периоды обогащения среды экскрементами тигра и волка отмечалось снижение данного показателя по сравнению с фоновыми периодами (на 17 и 5% соответственно). Самый низкий показатель уровня неактивного поведения (18%) был отмечен в период фоновых наблюдений после внесения экскрементов волка.

Самка F2 демонстрировала наименьший уровень неактивного поведения по сравнению с остальными рысями: за все время первого этапа исследований он не превышал 38%. Самые высокие значения этого показателя у самки F2 отмечали в фоновые периоды после обогащения среды экскрементами тигра и волка, что составило 24 и 38% соответственно. Самые низкие значения были получены во время обогащения среды экскрементами тигра (11%) и волка (10%).

У самки F3 уменьшение доли неактивного поведения по сравнению с фоновыми наблюдениями отмечали в течение всех периодов обогащения среды (в среднем на 16,3%). Самый высокий показатель уровня ее неактивного поведения зафиксировали в период фоновых наблюдений после внесения экскрементов тигра, что составило 37%.

Во все периоды обогащения среды уровень неактивного поведения у рысей снижался. Исключением стали самка F1, у которой этот показатель увеличился в период внесения экскрементов росомахи на 21% по сравнению с предыдущим фоновым периодом, и самка F2, у которой уровень неактивного поведения повысился на 2% при внесении экскрементов тигра.

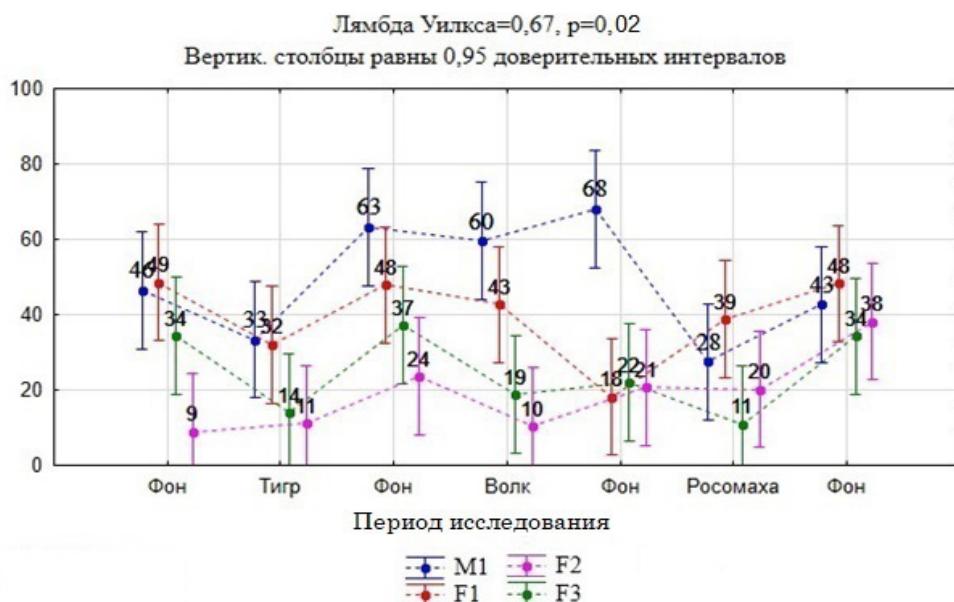


Рис. 4. Влияние индивидуальных особенностей животных и ольфакторного обогащения среды на уровень неактивного поведения, %

Fig. 4. Effect of lynx individual characteristics and olfactory environmental enrichment on the inactive behavior, %

Таким образом, наибольшие значения уровня неактивного поведения рысей отмечались в фоновые периоды эксперимента, когда обогащение среды не вносили. Вероятно, ольфакторное обогащение среды давало кратковременный эффект, который не оказывал продолжительного влияния на поведение животных. Можно предположить, что только регулярное внесение элементов обогащения среды может способствовать длительному стабильному снижению уровня неактивного поведения. Это подтверждается и результатами, полученными другими исследователями [4, 14, 15].

Достоверного совместного влияния времени наблюдений и обогащения среды на поведение животных на первом этапе исследований мы не обнаружили. Остальные факторы совместно также не оказывали статистически значимого влияния на изучаемые показатели.

Этап 2. Обогащение среды рысей экскрементами потенциальных жертв

Обогащение среды хищников экскрементами потенциальных жертв применяется во многих российских зоопарках. Так, в барнаульском зоопарке «Лесная сказка» для обогащения среды рысей применяли навоз пони [14]. В настоящих исследованиях в качестве обогащения среды запахами потенциальных жертв рысей применяли навоз дагестанского тура и пятнистого оленя, а также помет зайца-беляка.

В таблице 3 представлено распределение бюджетов времени рысей на втором этапе исследований.

Индивидуальные особенности рысей достоверно влияли на уровень их стереотипного поведения ($F = 7,34$; $p = 0$) и время, когда животные

отсутствовали в поле зрения наблюдателя ($F = 3,84$; $p = 0,01$) (рис. 5), однако не оказывали статистически значимого влияния на динамику их неактивного и активного поведения.

Полностью стереотипное поведение отсутствовало только у самки F1. Чаще всего такое поведение наблюдалось у самки F2, что в среднем составило 5% от бюджета времени животного, реже всего – у самки F3 (1%). У самца M1 показатель стереотипного поведения в течение второго этапа исследований не превышал 2%.

Время, когда животное было вне поля зрения наблюдателя, преобладало у самки F3 и составляло 25%. Наименьшие значения данного показателя отмечались у самца M1, что в среднем составило 13% от бюджета времени животного.

Температура воздуха оказывала достоверное влияние на динамику неактивного поведения рысей ($F = 3,54$; $p = 0,014$) и время, когда животные отсутствовали в поле зрения наблюдателя ($F = 3,11$; $p = 0$). Наибольшие показатели неактивного поведения мы отмечали при температуре 14 и 15°C (59 и 62% соответственно). Наименьшие показатели были отмечены при температуре 9, 10 и 13°C, в среднем составив 42,3% от бюджета времени животных. При температуре воздуха 13°C рыси большую часть времени отсутствовали в поле зрения наблюдателя, тогда как при температуре 14 и 15°C они, напротив, чаще находились в просматриваемых частях вольера. Рыси демонстрировали высокий уровень активности при относительно низких значениях температуры воздуха. Из литературы также известно, что рыси в Московском зоопарке наиболее активны при температуре ниже 23°C [16].

Таблица 3 / Table 3

Бюджеты времени рысей на втором этапе исследований, %

Budgets of lynx activities during the second stage of the research, %

Форма поведения <i>Type of behavior</i>	M \pm SE	min-max	SD
M1			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	53,38 \pm 3,55	0-96,67	22,44
Активное поведение <i>Active behavior</i>	28,63 \pm 2,51	0-75,0	15,84
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	2,38 \pm 1,22	0-46,67	7,73
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	13,04 \pm 3,0	0-100,0	19,0
F1			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	59,38 \pm 3,03	13,33-100,0	19,18
Активное поведение <i>Active behavior</i>	23,8 \pm 1,93	0-45,0	12,21
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	0,21 \pm 0,17	0-6,67	1,08
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	16,13 \pm 2,85	0-65,0	18,0
F2			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	54,67 \pm 3,54	15,0-98,33	22,36
Активное поведение <i>Active behavior</i>	21,0 \pm 2,14	1,67-58,33	13,56
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	5,46 \pm 1,06	0-25,0	6,73
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	18,79 \pm 2,17	0-58,33	13,74
F3			
Неактивное поведение <i>Inactive behavior</i>	52,04 \pm 3,92	5,0-96,67	24,78
Активное поведение <i>Active behavior</i>	21,63 \pm 2,04	0-55,0	12,89
Стереотипное поведение <i>Stereotypical behavior</i>	0,79 \pm 0,79	0-31,67	5,01
Вне поля зрения <i>Out of sight</i>	25,33 \pm 3,21	0-91,67	20,29

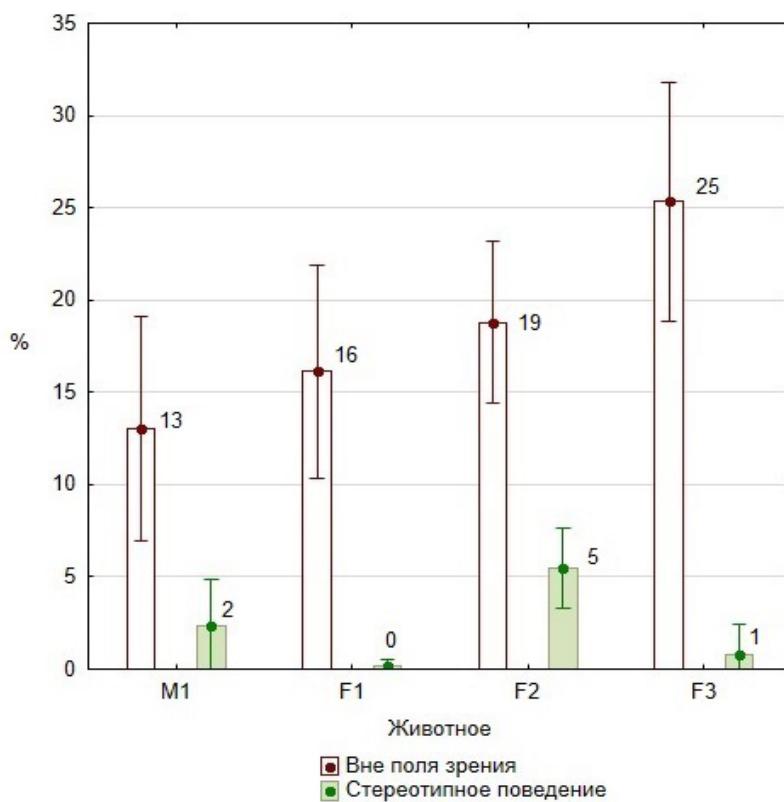


Рис. 5. Активность рысей на втором этапе эксперимента, %
Fig. 5. Lynx activities during the second stage of the research, %

Статистически значимым также было влияние времени наблюдений на отсутствие животных в поле зрения наблюдателя ($F = 5,42$; $p = 0,02$). Животные чаще отсутствовали в поле зрения наблюдателя во время дневных сессий. Также время проведения наблюдений оказывало достоверное влияние на динамику стереотипного поведения ($F = 6,29$; $p = 0,01$). Уровень стереотипного поведения в течение второго этапа исследований не превышал 5%, причем значение этого показателя понижалось до 1% в дневные сессии наблюдений. В период утренней съемки отмечали наибольшее значение уровня стереотипного поведения (4%). Рост уровня стереотипного поведения в утренние сессии, вероятно, связан с внесением обогащения среды в утренние часы, что согласуется с данными литературы. У евразийских рысей на фоне внесения ольфакторного обогащения среды может происходить рост патологической активности [4].

Обогащение среды на втором этапе исследований оказывало достоверное влияние на изменение уровня как неактивного ($F = 2,74$; $p = 0,03$), так и активного ($F = 17,05$; $p = 0$) поведения. Также статистически значимым было влияние обогащения среды на время отсутствия животных в поле зрения наблюдателя ($F = 2,95$; $p = 0,02$) (рис. 6). Для стереотипного поведения статистически значимые результаты нами не получены.

Наибольшее значение уровня активного поведения рысей было получено в период обогащения среды экскрементами дагестанского тура, что составило 34%. В следующий период, когда обогащение среды не вносили, у животных повысился уровень неактивного поведения (до 61%). Также в этот период исследований доля активного поведения сократилась на 12%, составив 22%. Навоз пятнистого оленя стимулировал повышение уровня активных форм поведения (на 16%) и снижение уровня пассивных (на 10%) по сравнению с предыдущим фоновым периодом. Время отсутствия животных в поле зрения наблюдателя увеличивалось в фоновые периоды до 16 и 26% соответственно.

В течение обоих фоновых периодов показатели неактивного поведения возрастали по сравнению с периодами обогащения среды. Таким образом, можно предположить, что внесение экскрементов потенциальных жертв способствовало снижению доли неактивного поведения рысей, и его эффект можно оценить как положительный. Даже кратковременное внесение запахового обогащения среды способствовало снижению уровня неактивного поведения животных.

Время наблюдений и обогащение среды достоверно оказывали влияние на уровень как неактивных ($F = 4,82$; $p = 0$), так и активных ($F = 6,6$; $p = 0$) форм поведения рысей (рис. 7).

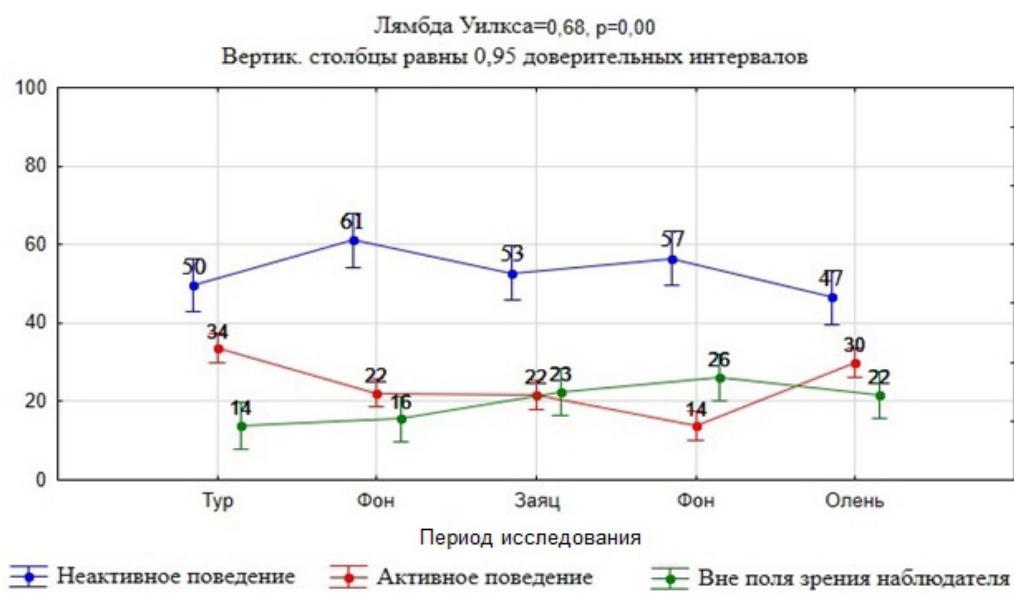


Рис. 6. Влияние ольфакторного обогащения среды на уровень активности рысей на втором этапе эксперимента, %

Fig. 6. Effect of olfactory environmental enrichment on the lynx activities during the second stage of the research, %

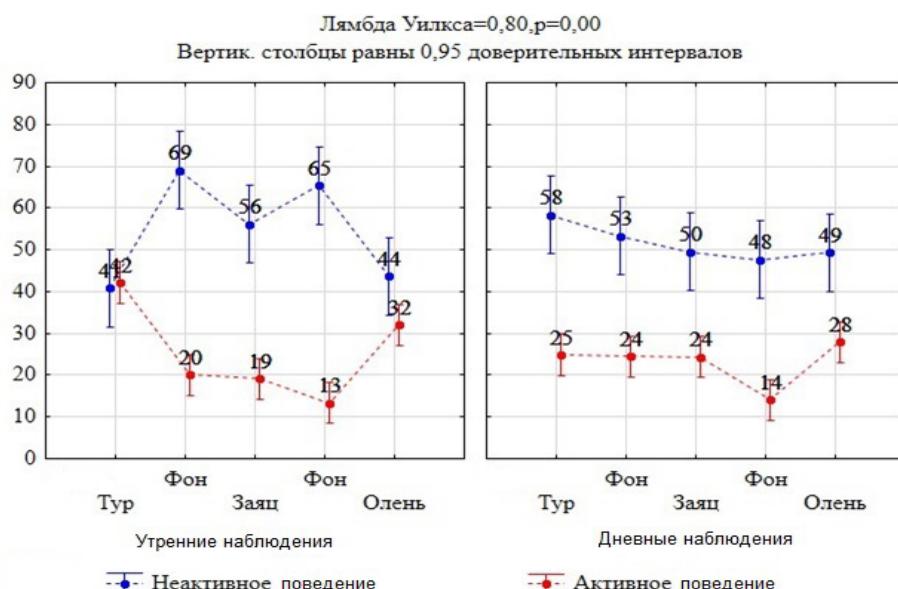


Рис. 7. Влияние времени наблюдений и ольфакторного обогащения среды на динамику активности рысей, %

В период обогащения среды эксперимента-ми тура в утренние часы доли активного и неактивного поведения были приблизительно равны (42 и 41% соответственно). Во время внесения экскрементов зайца-беляка уровень двигательной активности рысей практически не менялся и составил 19%, тогда как во время обогащения среды на вазом пятнистого оленя этот показатель увеличился в утренние часы до 32%. Во время дневных наблюдений в данный период эксперимента доля активности рысей также была максимальной (28%).

В фоновые периоды показатели активности рысей были сходными. Во время утренней

съемки уровень активного поведения в эти периоды был довольно низким (20 и 13% соответственно), тогда как показатели неактивного поведения были достаточно высокими, что составило 69 и 65% соответственно.

На основании полученных результатов можно заключить, что ольфакторное обогащение среды экскрементами потенциальных видов-жертв так же, как и на первом этапе исследований, вызывало у евразийских рысей интерес и кратковременное повышение активности. В утренние часы, когда на бревно наносили запахи, животные были более активны, чем в тот же день, но в дневное

время. Обогащение среды экскрементами потенциальных жертв способствовало снижению доли неактивных форм поведения рысей. Наибольший эффект оказало обогащение среды навозом пятнистого оленя как в утренние, так и в дневные часы, когда уровень двигательной активности рысей возрос на 19 и 14% соответственно по сравнению с предыдущими периодами фоновых наблюдений.

Важной частью проведенной работы стала оценка влияния качественных факторов на поведение животных на протяжении всего эксперимента. Нами проанализировано влияние индивидуальных особенностей животных, температуры воздуха и времени наблюдений, а также обогащения среды на обоих этапах исследований.

Индивидуальные особенности животных достоверно влияли на все формы их активности: неактивное ($F = 8,11$; $p = 0$), активное ($F = 3,23$; $p = 0,02$) и стереотипное ($F = 15,05$; $p = 0$) поведение. Индивидуальные особенности рысей также достоверно влияли на время, когда животные отсутствовали в поле зрения наблюдателя ($F = 15,74$; $p = 0$) (рис. 8).

У самца М1 в течение всего эксперимента отмечался самый высокий уровень неактивных форм поведения, на которые приходилось 49% бюджета времени животного. При этом доля активного поведения самца М1 составила 20%. Стереотипное поведение у самца М1 не наблюдалось.

У самки F1 показатель неактивного поведения достигал 48%. Кроме того, самка F1 несколько чаще, чем самец М1 (на 3%), отсутствовала в поле зрения наблюдения. Также самка F1 чаще всех проявляла двигательную активность, что составило 24%. Стереотипное поведение у самки F1 не отмечалось.

Самки F2 и F3 более 40% от общего бюджета времени животных отсутствовали в поле зрения наблюдателя и имели приблизительно равные уровни как неактивных, так и активных форм поведения (в среднем 35 и 18% соответственно). Самая высокая доля стереотипного поведения была отмечена у самки F2, составив 4% от бюджета времени животного. Такое поведение проявлялось в непрерывном периодическом стереотипном расхаживании (пейсинге) вдоль ограждения вольера.

Температура воздуха достоверно влияла на динамику как неактивного ($F = 6,05$; $p = 0$), так и активного ($F = 1,97$; $p = 0$) поведения, а также на время, когда рыси отсутствовали в поле зрения наблюдателя ($F = 8,29$; $p = 0$). В среднем самое высокое значение уровня активного поведения рысей (32%) нами отмечено при температуре 9°C, тогда как минимальное – при температуре 8, 26 и 28°C. Рыси чаще всего отсутствовали в поле зрения камеры при температуре выше 21°C. Возможно, это связано с тем, что животные от жары прятались во внутренних помещениях, где было более прохладно.

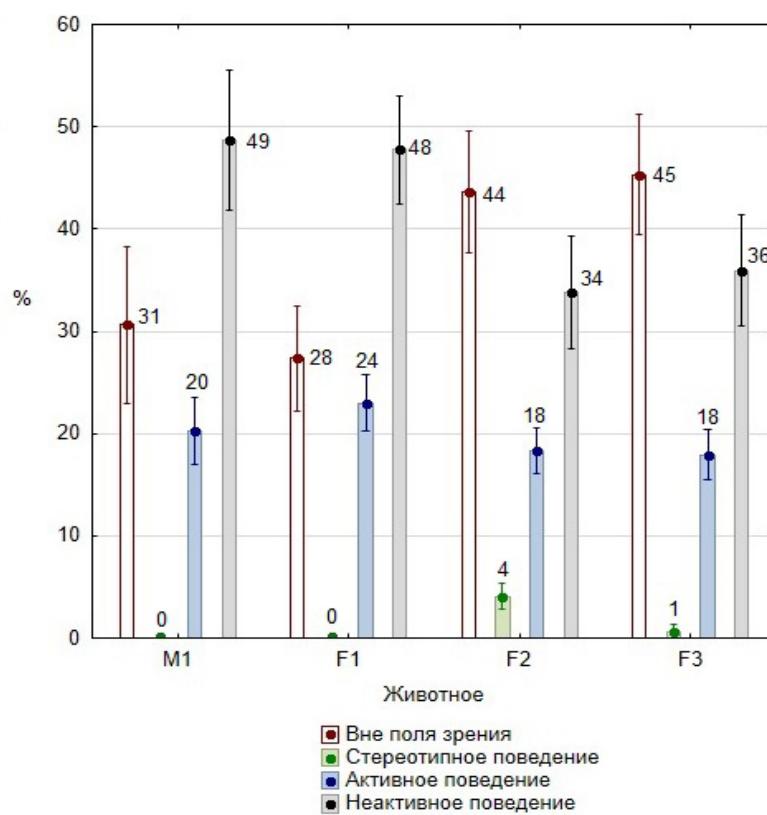


Рис. 8. Активность рысей за все время эксперимента, %

Fig. 8. Lynx activities throughout the research, %

Обогащение среды оказывало статистически значимое влияние на динамику активности животных как в течение каждого этапа, так и на протяжении всего времени исследований. Достоверно менялись уровни неактивного ($F = 9,2$; $p = 0$) и активного ($F = 7,99$; $p = 0$) поведения рысей, а также доля времени отсутствия животных в поле зрения камеры ($F = 14,57$; $p = 0$) (рис. 9). Для динамики стереотипной активности достоверное влияние этих факторов выявлено не было.

Самые высокие показатели уровня естественной двигательной активности рысей при обогащении среды были отмечены при внесении навоза дагестанского тура (32%) и пятнистого оленя (30%), а также экскрементов волка (24%), минимальные – при внесении экскрементов росомахи (13%). Можно предположить, что запах потенциальных жертв является для рысей более привлекательным и значимым и стимулирует более частое проявление у них естественных форм активности [17].

Доля неактивных форм поведения в среднем увеличивалась на втором этапе исследований. В это время неактивные формы преобладали, и на них в среднем приходилось более 50% бюджета времени животных. Эти результаты соотносятся с данными, известными из литературы. Для кошачьих считается вариантом нормы более половины суточного бюджета времени проводить пассивно [13]. Кроме того, в литературе есть сведения о снижении активности кошачьих в присутствии посетителей зоопарка [18]. Также можно предположить, что такое изменение распределения активности связано и с сокращением времени, когда животные находились в укрытии. На втором этапе эксперимента в среднем этот показатель

был на 3,9% ниже, чем на первом. Уровень стереотипных форм поведения животных за все время исследований менялся незначительно и не превышал 5%.

Индивидуальные особенности животных в сочетании с обогащением среды статистически значимо ($F = 2,07$; $p = 0$) оказывали влияние только на динамику неактивного поведения рысей. Самый высокий уровень неактивного поведения у самца М1 был отмечен во время фоновых наблюдений после обогащения среды навозом дагестанского тура. У всех самок доля неактивного поведения возрастает в период обогащения навозом тура. Этот период открыл второй этап исследований, когда животные перешли в новые вольеры. В это время доля неактивного поведения трех самок возросла до 60-70%.

Также влияние на поведение животных достоверно оказалось время наблюдений в сочетании с обогащением среды. Под влиянием этих факторов в бюджете времени рысей менялись доли как неактивного ($F = 1,98$; $p = 0$), так и активного ($F = 2,54$; $p = 0$) поведения (рис. 10).

Во время утренних наблюдений на протяжении всего эксперимента динамика активного поведения рысей была более выражена по сравнению с дневными показателями. В среднем разница между уровнем активного поведения в разные периоды исследований утром составила 11,3%, тогда как во время дневных наблюдений – 5,3%. В утренние сессии наблюдений были отмечены как наименьший (во время фоновых наблюдений), так и наибольший (в период обогащения среды экскрементами тура) показатели активного поведения, что составило 11 и 43% соответственно.

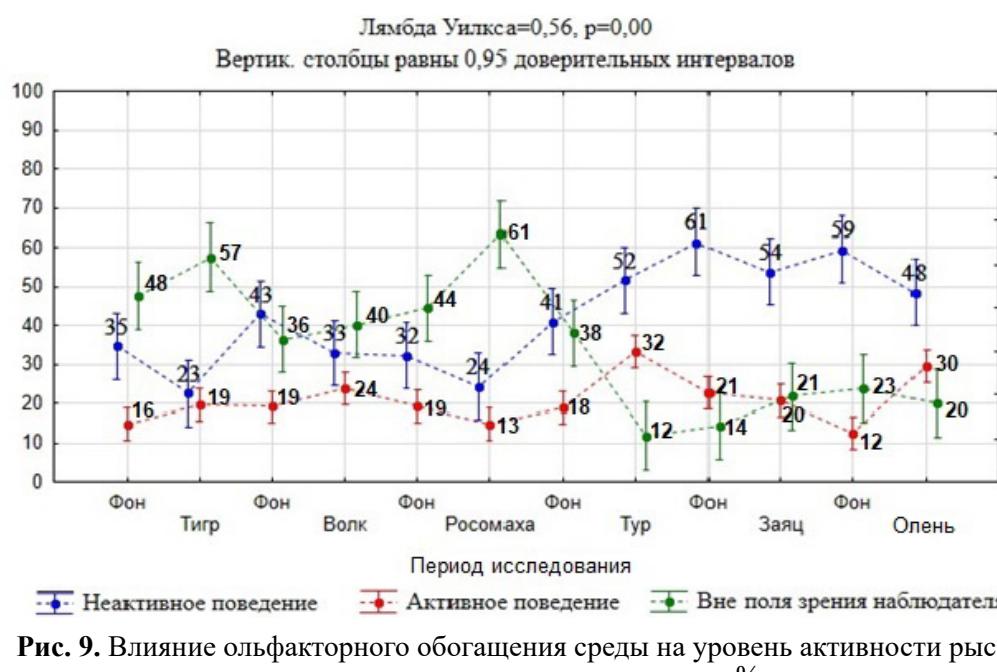


Рис. 9. Влияние ольфакторного обогащения среды на уровень активности рысей на протяжении всего эксперимента, %

Fig. 9. Effect of olfactory environmental enrichment on the lynx activities throughout the research, %

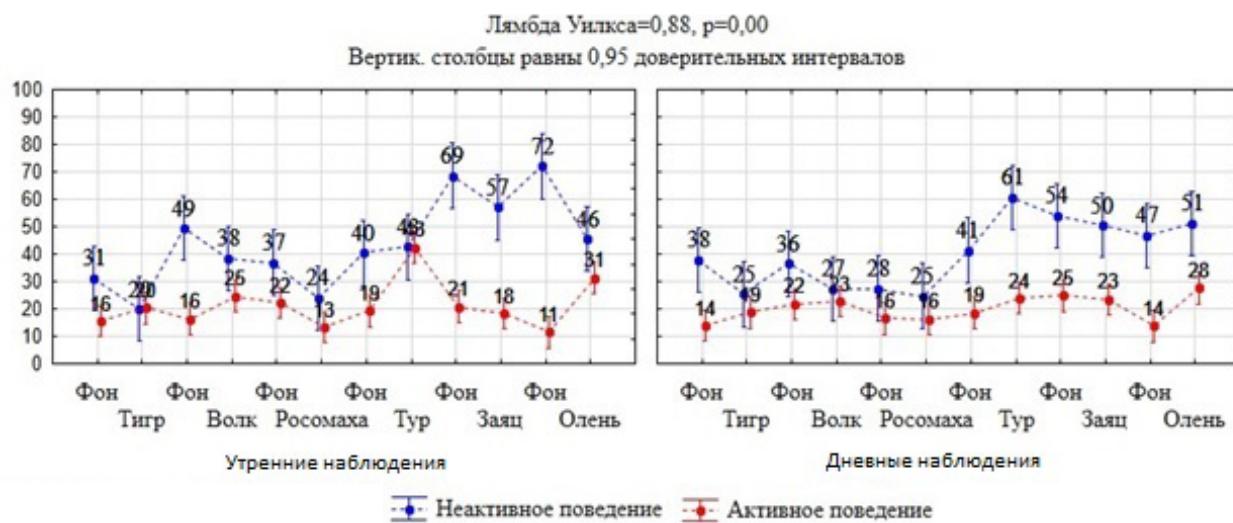


Рис. 10. Влияние времени наблюдений и ольфакторного обогащения среды на динамику активности рысей на протяжении всего эксперимента, %

Fig. 10. Effect of observation time and olfactory environmental enrichment on the lynx activity dynamics throughout the research, %

Самые низкие значения уровня неактивного поведения за утренние сессии наблюдений отмечены нами на первом этапе эксперимента, когда вносили экскременты потенциальных конкурентов рысей. На данном этапе этот показатель снижался до 24% в период обогащения среды экскрементами росомахи. Самые высокие значения уровня неактивного поведения в утренние сессии отмечались во время фоновых наблюдений после внесения навоза дагестанского тура и экскрементов зайца-беляка (69 и 72% соответственно). В дневные сессии наблюдений распределение форм активности в бюджете времени рысей в среднем было более равномерным. Заметный скачок уровня активности (на 14%) отмечался только при внесении навоза пятнистого оленя. Наибольшие значения уровня неактивного поведения днем были отмечены при обогащении навозом дагестанского тура и в последующий период фоновых наблюдений (61 и 54%).

Таким образом, уровень двигательной активности рысей как в утренние, так и в дневные часы повышался при внесении экскрементов тигра и волка, а также навоза дагестанского тура и пятнистого оленя. При обогащении среды экскрементами росомахи в утренние часы данный показатель снижался на 9%, а в дневные часы не менялся. При обогащении экскрементами зайца-беляка в утреннее время уровень двигательной активности снижался на 3%, тогда как в дневное время – на 2%. Также в утренние часы наблюдалась более выраженная реакция рысей на элементы обогащения среды. Так, после нанесения нового запаха потенциальных жертв на бревно рыси активно терлись о него головой, нюхали его и облизывали. Такая реакция могла продолжаться до 15 мин, поэтому в периоды обогащения среды навозом тура и оленя в утреннее время наблюдался значительный скачок активности. Запах экскрементов видов-конкурентов такой заметной реакции у рысей не вызывал.

Выводы

Conclusions

Подводя итоги, можно заключить, что факторами, которые достоверно влияли на поведение евразийских рысей, были индивидуальные особенности животных, время проведения наблюдений и обогащение среды.

На обоих этапах исследований индивидуальные особенности рысей статистически значимо влияли на изменение уровня различных форм их поведения. Показатель неактивного поведения самца М1 был наиболее высоким (в среднем 49%). Самка F2 была наиболее подвержена стереотипному поведению, и доля такой активности в ее бюджете времени составила в среднем 4%.

Внесение обогащения среды достоверно влияло на уровень как неактивного ($F = 9,2$; $p = 0$), так и активного поведения ($F = 7,99$; $p = 0$) рысей на протяжении всего эксперимента. Доля неактивных форм поведения уменьшалась при обогащении среды экскрементами всех видов-конкурентов (на 12% – тигра, на 10% – волка, на 8% – росомахи), а также зайца и пятнистого оленя (на 7 и 11% соответственно). Рост уровня неактивных форм поведения рысей на 11% отмечался при обогащении среды навозом тура. Доля активных форм поведения увеличивалась при внесении экскрементов тигра (на 3%), волка (на 5%), тура (на 14%) и пятнистого оленя (на 18%) и снижалась при обогащении среды экскрементами росомахи (на 6%) и зайца (на 1%).

Обогащение среды навозом дагестанского тура показало наибольшую эффективность, поскольку в этот период исследований уровень активного поведения животных повышался как в утренние, так и в дневные часы наблюдений (на 24 и 5% соответственно).

Список источников

1. Веселова Н.А., Палкина П.О. Анализ влияния эффекта посетителя на поведение евразийских рысей *Lynx lynx* (Carnivora: Felidae) в зоопарке // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». 2023. Т. 16, № 3. С. 301-311. EDN: YFWGEE
2. Веселова Н.А., Блохин Г.И. Оценка благополучия евразийских рысей *Lynx lynx* в зоопарке // Иппология и ветеринария. 2023. № 4 (50). С. 90-103. <https://doi.org/10.52419/2225-1537.2023.4.90-103>
3. Веселова Н.А., Вегеле В.Д. Влияние посетителей зоопарка на поведение евразийской рыси *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758) // Иппология и ветеринария. 2022. № 2 (44). С. 138-146. EDN: URHFXB
4. Блохин Г.И., Веселова Н.А., Соловьёв А.А. Этолого-физиологические изменения при обогащении среды кошачьих // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 5. С. 74-88. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-5-74-88>
5. Лысов В.Ф., Ипполитова Т.В., Максимов В.И., Шевелёв Н.С. Физиология и этология животных. М.: КолосС, 2012. 605 с. EDN: QKUGKR
6. Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб.: Зоологический институт РАН, 2001. 560 с. EDN: UAGICX
7. Соколов В.Е. Пятиязычный словарь названий животных. Латинский, русский, английский, немецкий, французский. М.: Русский язык, 1984. 352 с.
8. Колчин С.А., Сутырина С.В. Сигнальные деревья и опосредованная коммуникация медведей (*Ursus arctos*, *Ursus thibetanus*) и тигра (*Panthera tigris*) на Сихотэ-Алине // Вестник охотоведения. 2012. Т. 9, № 1. С. 5-16. EDN: QYLLBL
9. Кассал Б.Ю., Сидоров Г.Н. Трофические связи росомахи (*Gulo gulo* L., 1758) и рыси (*Lynx lynx* L., 1758) в Омской области // Вестник ИрГСХА. 2016. № 74. С. 43-55. EDN: WWXNBX
10. Добрякова М.А., Брагин М.А., Веселова Н.А. Фото-идентификация евразийской рыси *Lynx lynx* в Московском зоопарке // Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов: Материалы Международной научно-практической конференции, приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В.Н. Скалона, в рамках XII Международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии». Ч. II. Молодежный: ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ, 2023. С. 62-68. EDN: DZMHQS
11. Попов С.В., Ильченко О.Г. Руководство по исследованиям в зоопарках. М.: Московский зоопарк, 2008. 165 с. EDN: QKSFEL
12. Союнов А.С., Прокопов С.П. Построение модели множественной регрессии в агроинженерии // Электронный

References

1. Veselova N.A., Palkina P.O. Analysis of the visitor effect on the behavior of the Eurasian lynx *Lynx lynx* (Carnivora: Felidae) in the zoo. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2023;16(3):301-311. (In Russ.)
2. Veselova N.A., Blokhin G.I. Impact assessment on the welfare of Eurasian lynxes *Lynx lynx* in the zoo. *Ippologiya i veterinariya*. 2023;4(50):90-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.52419/2225-1537.2023.4.90-103>
3. Veselova N.A., Vegele V.D. Influence of zoo visitors on the behavior of the Eurasian lynxes *Lynx lynx* (Linnaeus, 1758). *Ippologiya i veterinariya*. 2022;2(44):138-146. (In Russ.)
4. Blokhin G.I., Veselova N.A., Soloviev A.A. Ethological and physiological changes under the enrichment of the Feline's environment. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017;(5):74-88. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-5-74-88>
5. Lysov V.F., Ippolitova T.V., Maksimov V.I., Shevelov N.S. *Physiology and ethology of animals*: a textbook. Moscow, Russia: KolosS, 2012:605. (In Russ.)
6. Aristov A.A., Baryshnikov G.F. *The mammals of Russia and adjacent territories. Carnivores and pinnipeds*. St. Petersburg, Russia: Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, 2001:560. (In Russ.)
7. Sokolov V.E. *Five-language dictionary of animal names. Latin, Russian, English, German, French*. Moscow, Russia: Russkiy yazyk, 1984:352. (In Russ.)
8. Kolchin S.A., Soutyrina S.V. Mark trees and indirect communication between bears (*Ursus arctos*, *Ursus thibetanus*) and tiger (*Panthera tigris*) on the Sikhote-Alin. *Bulletin of Hunting*. 2012;9(1):5-16. (In Russ.)
9. Kassal B.Yu., Sidorov G.N. Trophic relations of wolverine (*Gulo gulo* L., 1758) and lynx (*Lynx lynx* L., 1758) in Omsk Region. *Vestnik IrGSHA*. 2016;(74):43-55. (In Russ.)
10. Dobryakova M.A., Bragin M.A., Veselova N.A. Photo-identification of the Eurasian lynx, *Lynx lynx* in the Moscow zoo.: *Mezhdunarodnyay nauchno-prakticheskaya konferentsiya, priurochennaya k 120-letiyu so dnya rozhdeniya professora V.N. Skalona, v ramkakh KIII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Klimat, ekologiya, selskoe khozyaistvo Evrazii" 'Okhrana i ratsionalnoe ispolzovanie zhivotnykh i rastitelnykh resursov'*. Molodezhnyi, Russia: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, 2023;2:62-68. (In Russ.)
11. Popov S.V., Ilchenko O.G. *Guide to zoo research*. Moscow, Russia: Moskovskiy zoopark, 2008:16-34. (In Russ.)
12. Soyunov A.S., Prokopov S.P. Building a multiple regression model in agricultural engineering. *Elektronnyi nauchno-metodicheskiy zhurnal*

- научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. № 4 (7). URL: <https://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/7/32-statya-2016-4/492-00237> (дата обращения: 06.05.2025). EDN: XHJWDF
13. Антоненко Т.В., Улитина О.М., Писарев С.В., Пяткова Я.С. и др. Из опыта использования кластеризации в анализе бюджета времени кошек подсемейства Pantherinae в условиях барнаульского зоопарка // Алтайский зоологический журнал. 2014. № . 8. С. 36-43. EDN: TBSGNR
14. Радовская Я.С., Антоненко Т.В., Писарев С.В., Улитина О.М. Опыт успешного содержания евразийской рыси *Lynx lynx* в барнаульском зоопарке «Лесная сказка» // Известия Алтайского государственного университета. 2014. Т. 3, № 2 (83). С. 60-64. [https://doi.org/10.14258/izvasu\(2014\)3.2-11](https://doi.org/10.14258/izvasu(2014)3.2-11)
15. Wells D.L, Egli J.M. The influence of olfactory enrichment on the behaviour of captive black-footed cats, *Felis nigripes*. *Applied Animal Behaviour Science*. 2004;85:107-119. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.013>
16. Веселова Н.А., Хуба А.В. Анализ влияния некоторых факторов среды на поведение рысей (*Lynx* Kerr, 1792) в искусственных условиях // Вестник ИрГСХА. 2017. № 82. С. 53-58. EDN: ZSMEA
17. Szokalski M.S., Litchfield C.A., Foster W.K.: Enrichment for captive tigers (*Panthera tigris*): Current knowledge and future directions. *Applied Animal Behaviour Science*. 2012;139(1-2):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.021>
18. Suarez P., Recuerda P., Arias-de-Reyna L. Behaviour and welfare: the visitor effect in captive felids. *Animal Welfare*. 2017;26(1):25-34. <http://doi.org/10.7120/09627286.26.1.025>
19. Omskogo GAU. 2016;(4(7)). (In Russ.) URL: <https://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/7/32-statya-2016-4/492-00237> (accessed: May 06, 2025).
13. Antonenko T.V., Ulitina O.M., Pisarev S.V., Pyatkov Ya.S. et al. From experience of using clustering for analysis of time budget of some felids from subfamily Pantherinae in the Barnaul Zoo. *Altayskiy zoologicheskiy zhurnal*. 2014;(8):36-43. (In Russ.)
14. Radovskaya Ya.S., Antonenko T.V., Pisarev S.V., Ulitina O.M. Successful keeping experience of the Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) in Barnaul Zoo “Forest Tale”. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014;(3-2(83)):60-64. (In Russ.) [https://doi.org/10.14258/izvasu\(2014\)3.2-11](https://doi.org/10.14258/izvasu(2014)3.2-11)
15. Wells D.L, Egli J.M. The influence of olfactory enrichment on the behaviour of captive black-footed cats, *Felis nigripes*. *Applied Animal Behaviour Science*. 2004;85:107-119. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.08.013>
16. Veselova N.A., Hubua A.V. Analysis of the influence of some factors of environment on the behavior of lynx (*Lynx* Kerr, 1792) in artificial conditions. *Vestnik IrGSHA*. 2017;(82):53-58. (In Russ.)
17. Szokalski M.S., Litchfield C.A., Foster W.K.: Enrichment for captive tigers (*Panthera tigris*): Current knowledge and future directions. *Applied Animal Behaviour Science*. 2012;139(1-2):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.02.021>
18. Suarez P., Recuerda P., Arias-de-Reyna L. Behaviour and welfare: the visitor effect in captive felids. *Animal Welfare*. 2017;26(1):25-34. <http://doi.org/10.7120/09627286.26.1.025>

Сведения об авторах

- Добрякова Мария Андреевна**, гид-экскурсовод, Крокус Сити Океанариум; 143401, Российская Федерация, г. Красногорск, ул. Международная, 10; e-mail: mdobryakovp@mail.ru
- Брагин Михаил Александрович**, заведующий отделом «Млекопитающие», ГАУ «Московский зоологический парк»; 123242, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Грузинская, 1; e-mail: mabragin1981@yandex.ru
- Веселова Наталья Александровна**, старший научный сотрудник, канд. биол. наук, доцент, ГБУК г. Москвы «Государственный биологический музей имени К.А. Тимирязева»; 123242, Российская Федерация, г. Москва, ул. Малая Грузинская, 15; e-mail: veselova_n.a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9679-2329>

Статья поступила в редакцию 08.05.2025
Одобрена после рецензирования 15.06.2025
Принята к публикации 26.06.2025

Information about the authors

- Mariya A. Dobryakova**, Tour Guide, Crocus City Oceanarium; 10 Mezhdunarodnaya St., Krasnogorsk, 143401, Russian Federation; e-mail: mdobryakovp@mail.ru
- Mikhail A. Bragin**, Head of the Department “Mammals”, Moscow Zoo; 123242, 1 Bolshaya Gruzinskaya St., Moscow, 123242, Russian Federation; e-mail: mabragin1981@yandex.ru
- Natalya Veselova**, CSc (Bio), Associate Professor, Senior Research Associate, Timiryazev State Biological Museum; 15 Malaya Gruzinskaya St., Moscow, 123242, Russian Federation; e-mail: veselova_n.a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9679-2329>

The article was submitted to the editorial office May 08, 2025
Approved after reviewing June 15, 2025
Accepted for publication June 26, 2025

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.92: 577.12: 616.15

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>



Влияние препарата Нитокс в комплексе с трипсином на гемодинамику и морфобиохимию крови кроликов

Александра Викторовна Кралинина, Семён Дмитриевич Галыга,
Анна Алексеевна Подъяпольская, Владимир Георгиевич Вертипрахов

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

Автор, ответственный за переписку: Александра Викторовна Кралинина;
alyascrawl@gmail.com

Аннотация

Кристаллический трипсин обладает противовоспалительным, противоотечным действием, что позволяет использовать его в качестве альтернативы применению антибиотиков. Данные по использованию парентерально ферментного препарата, приготовленного из поджелудочных желез свиней, позволили установить, что он снижает артериальное давление у кроликов по принципу обратной связи через парасимпатические нервы, следовательно, оказывает благоприятное влияние на метаболизм. В связи с тем, что поставлена задача снижения использования антибиотиков в животноводстве, необходимо искать пути создания новых антимикробных средств или снижения дозы препаратов. Поэтому предполагая, что Нитокс в комплексе с трипсином будет обладать синергизмом, решили испытать действие ферментного препарата совместно с антибиотиком на показатели гемодинамики и морфо-биохимический статус кроликов. Эксперименты проводились на 12 кроликах породы советская шиншилла в возрасте 4,0-6,0 мес., живой массой не менее 3,8 кг. Кроликам 1 контрольной группы вводили внутримышечно 0,9%-ный раствор NaCl; 2 опытной группы – препарат Нитокс в рекомендуемой для кроликов дозе; кроликам 3 опытной группы вводили трипсин в комплексе с препаратом Нитокс. В 1 контрольной и 2 опытной группах изменений в гемодинамике не наблюдали. При использовании комплексного препарата давление крови снижалось (sistолическое – на 16,7%, диастолическое – на 16,3%, среднее – на 16,5%) по сравнению с фоновым периодом. Результаты биохимических исследований крови показали, что изменения происходили в белковом и липидном обмене у кроликов, поскольку в опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты на 51,6%, триглицеридов – на 38,5%, фосфора – на 18,7% по сравнению с контрольной группой. Результаты гематологических исследований показали, что количество лейкоцитов в опытной группе снижалось на 30,8%. Следовательно, комплексный препарат (Нитокс+трипсин) характеризуется рядом особенностей по сравнению с применяемым в чистом виде Нитоксом, что дает основание провести испытания препарата на животных при лечении воспалительных процессов.

Ключевые слова

трипсин, Нитокс, кролики, гемодинамика, биохимия крови, морфология крови, влияние препаратов на гемодинамику, влияние препаратов на морфобиохимию, кровь кроликов

Для цитирования

Кралинина А.В., Галыга С.Д., Подъяпольская А.А., Вертипрахов В.Г. Влияние препарата Нитокс в комплексе с трипсином на гемодинамику и морфобиохимию крови кроликов // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532402. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02)

HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02>



Effect of Nitox-trypsin complex hemodynamics and morphobiochemistry in rabbits

Aleksandra V. Kralinina, Semyon D. Galyga, Anna A. Podyapolskaya,
Vladimir G. Vertiprakhov

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

Corresponding author: Aleksandra V. Kralinina; alyascrawl@gmail.com

Abstract

Crystalline trypsin possesses anti-inflammatory and anti-edematous properties, allowing it to be used as an alternative to antibiotics. Data on the parenteral use of an enzyme preparation derived from porcine pancreatic glands have shown that it lowers blood pressure in rabbits via a parasympathetic feedback mechanism, consequently exerting a beneficial effect on metabolism. Given the objective of reducing antibiotic usage in animal husbandry, it is necessary to seek ways to create new antimicrobial agents or to lower the dosage of existing preparations. Therefore, hypothesizing that Nitox in complex with trypsin would exhibit synergism, we decided to test the effect of the enzyme preparation in combination with an antibiotic on hemodynamic parameters and the morphobiochemical status of rabbits. Experiments were conducted on 12 Soviet Chinchilla rabbits aged 4.0-6.0 months, with a live weight of at least 3.8 kg. The rabbits in the 1st control group received an intramuscular injection of 0.9% NaCl solution; the 2nd experimental group received Nitox at the recommended dose for rabbits; and the rabbits in the 3rd experimental group received trypsin in complex with Nitox. No changes in hemodynamics were observed in the 1st control and 2nd experimental groups. When using the complex preparation, blood pressure decreased (systolic – by 16.7%, diastolic – by 16.3%, mean – by 16.5%) compared to the background period. The results of biochemical blood tests showed that changes occurred in protein and lipid metabolism in the rabbits, as the experimental group exhibited a decrease in uric acid content by 51.6%, triglycerides by 38.5%, and phosphorus by 18.7% compared to the control group. Hematological results showed that the leukocyte count in the experimental group decreased by 30.8%. Therefore, the complex preparation (Nitox + trypsin) is characterized by a number of unique features compared to Nitox used in its pure form, which provides a basis for testing the preparation in animals for the treatment of inflammatory processes.

Keywords

Trypsin, Nitox, rabbits, hemodynamics, blood biochemistry, blood morphology, effect of preparations on hemodynamics, effect of preparations on morphobiochemistry, rabbit blood

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Kralinina A.V., Galyga S.D., Podyapolskaya A.A., Vertiprakhov V.G. Effect of Nitox-trypsin complex hemodynamics and morphobiochemistry in rabbits. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532402. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-02)

Введение

Introduction

Проблема обеспечения животноводства лекарственными препаратами отечественного производства является достаточно острой и требует разработки новых эффективных ветеринарных препаратов. Неслучайно Минсельхоз РФ поставил задачу довести обеспеченность отрасли животноводства химико-фармацевтическими ветеринарными препаратами отечественного производства к 2031 г. до 70% (подпункт дополнительно включен с 8 апреля 2025 г. постановлением Правительства

Российской Федерации от 27 марта 2025 г. № 395). Препарат Нитокс обладает широким средством противомикробного действия, и одним из показаний является лечение заболеваний, протекающих с воспалительной реакцией (маститы, эндометриты, гастриты и т.д.). Механизм действия данного препарата основывается на способности окситетрациклина ингибировать процесс синтеза белка в бактериальных клетках, антибиотик связывается с 30S-субъединицей бактериальных рибосом, блокируя присоединение аминоацил-тРНК к акцепторному участку. Этапа трансляции не происходит, что и приводит к остановке роста и размножения грамположительных и грамотрицательных

патогенов, именно поэтому он находит широкое применение при лечении широкого круга инфекций [1]. Однако являясь антибиотиком, препарат выводится из организма в течение довольно продолжительного времени при введении один раз в трое суток [2].

Чтобы снизить содержание антибиотика в организме животного, можно использовать кристаллический трипсин, являющийся не только пищеварительным ферментом, но и веществом с противовоспалительным действием, что позволит уменьшить количество вводимого за одну инъекцию действующего вещества антибиотика. Кроме того, трипсин, поступая в кровь, обладает гормоноподобными свойствами и участвует в регуляции физиологических процессов у животных и человека, нормализуя артериальное давление посредством механизма обратной связи через парасимпатический отдел нервной системы [3]. Это действие является аналогичным влиянию оксида азота [4, 5], который, регулируя метаболизм в клетке, усиливает процессы ассимиляции в организме животных и человека.

Цель исследований: определение действия трипсина в комплексе с антибактериальным препаратом (Нитокс) на показатели гемодинамики и морфо-биохимический статус кроликов.

Методика исследований

Research method

Эксперименты проводились на 12 самках кроликов породы советская шиншилла в возрасте 4,0-6,0 мес., живой массой не менее 3,8 кг. Содержали кроликов в специальных клетках КР-ВПО-3.6. Кормили полнорационным гранулированным комбикормом для кроликов (ГОСТ 32897-2014) в количестве 100-110 г/гол. ежедневно при даче 2 раза сутки. Все применимые международные, национальные и институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации и рекомендациям комиссии по биоэтике Института зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (протокол № 7 от 7 апреля 2023 г.).

Для проведения эксперимента были сформированы 3 группы кроликов по принципу аналогов:

1 контрольная группа (6 гол.) получала внутримышечную инъекцию физиологического раствора в дозе 0,5 мл на 1 гол.;

2 опытная группа (6 гол.) получала инъекцию препарата Нитокс 200 в дозе 0,5 мл на 1 гол. один раз в сутки;

3 опытная группа (6 гол.) получала комплексный препарат, состоящий из Нитокс 0,5 мл,

на 1 гол. и кристаллический трипсин (0,25 мг/кг живой массы), который перед инъекцией разбавляли антибиотиком, на 1 гол. один раз в сутки.

Нитокс 200 – антимикробный препарат, содержащий в качестве активного начала окситетрапиклина дигидрат, по внешнему виду представляет собой прозрачную, слегка вязкую жидкость. Опыты выполняли утром в состоянии кроликов натощак. Определяли давление крови и частоту сердечных сокращений (ЧСС) в фоновый период, затем вводили в мышцу тазовой конечности препарат в объеме 0,5 мл, через 60 мин повторно определяли показатели давления крови и ЧСС. Серия опыта длилась в течение 7 суток, препараты вводились ежедневно. Артериальное давление и частоту сердечных сокращений измеряли с помощью тонометра автоматического ветеринарного МЛ-430 VET (Микролюкс, РФ). Для этого кролика фиксировали на столе, манжету накладывали на переднюю лапу и производили измерение АД не менее 5 раз подряд.

Кровь для биохимических исследований у кроликов получали из ушной вены в пробирки с активатором свертывания, содержащие наполнитель – оксид кремния (SiO₂). Показатели крови определяли в конце каждого периода. Активность трипсина устанавливали биохимическим методом на анализаторе BS-3000M (Sinnowa, КНР) с использованием субстрата N-бензоил-DL-аргинин-п-нитроанилид (БАПНА) [6]. Биохимический анализ крови (активность амилазы, общий белок, глюкоза, триглицериды, холестерин, щелочная фосфатаза, мочевая кислота, кальций и фосфор) выполняли с использованием автоматического биохимического анализатора BioChem FC-120 (High Technology, Inc, США), с наборами реактивов данной компании. Морфологические показатели крови определяли с помощью автоматического гематологического анализатора MicroCC (вариант исполнения – MicroCC20Plus, MCC-2002-VO-RU, «High Technology, Inc.», США).

Статистическую обработку результатов исследований выполняли с использованием программного обеспечения Microsoft Excel для выведения среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего арифметического (m), достоверную значимость изменений определяли с помощью таблиц Стьюдента при $p < 0.05$. Корреляционный анализ выполняли в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Анализ полученных данных показал, что инъекция кроликам антибиотика в рекомендуемой дозе не вызывала существенных изменений в гемодинамике (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Показатели гемодинамики у кроликов при парентеральном применении трипсина в комплексе с антимикробным препаратом

Hemodynamic effects of parenteral trypsin and antimicrobial co-administration in rabbits

Показатель <i>Readings</i>	Группа <i>Group</i>					
	1 контрольная <i>control group 1</i>		2 опытная <i>experimental group 2</i>		3 опытная <i>experimental group 3</i>	
	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>	до инъекции <i>before injection</i>	после инъекции <i>after injection</i>
Систолическое давление, мм рт.ст. <i>Systolic blood pressure, mmHg</i>	162± 3,3	167± 4,2	156±6,2	154±5,8	162±6,0	135±3,7 ^{a,b}
Диастолическое давление, мм рт.ст. <i>Diastolic blood pressure, mmHg</i>	96 ± 2,4	94 ± 3,6	97±3,9	95±3,8	98±3,7	82±2,5 ^{a,b}
Среднее давление, мм рт.ст. <i>Mean arterial pressure, mmHg</i>	118±4,5	118±4,5	118±4,5	116±4,5	121±4,5	101±2,9 ^{a,b}
ЧСС, уд/мин <i>Heart rate, bpm</i>	208± 5,1	207± 4,6	222±4,0	225±6,2	206±8,5	206±8,3

Примечание. ^a – различие с контрольной группой статистически значимо при $p<0.05$; ^b – различие опытного и фонового периодов статистически значимо при $p<0.05$.

Note. ^a – the difference with the control group is statistically significant at $p<0.05$; ^b – the difference with the control group and the background period is significant at $p<0.05$.

Данные таблицы показали, что в 3 опытной группе при использовании комплексного препарата давление крови снижалось (систолическое – на 16,7%, диастолическое – на 16,3%, среднее – на 16,5%) по сравнению с фоновым периодом. Это еще раз подтверждает результаты исследований, заключающиеся в том, что трипсин при внутримышечном введении кроликам оказывает действие на артериальное давление крови независимо от растворителя (0,5%-ный раствор новокаина, физиологический раствор) [3]. В остальных группах существенных изменений в давлении крови не наблюдалось, то есть 0,9%-ный раствор NaCl и препарат Нитокс не оказывают выраженного сосудорасширяющего действия после парентерального применения.

Чтобы понять механизм действия препарата, необходимо было определить биохимические

показатели крови у кроликов после инъекции трипсина в комплексе с Нитоксом. Данные представлены в таблице 2.

Результаты исследований показали, что после внутримышечной инъекции Нитокса у кроликов отмечалось снижение в крови количества глюкозы на 15,9%, холестерина – на 63,0%, фосфора – на 44,8%. При этом количество триглицеридов повышалось на 116,7% по сравнению с 1 контрольной группой. При использовании для инъекций комплексного препарата (Нитокс+трипсин) в 3 опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты на 51,5%, холестерина – на 51,8%, фосфора – на 55,2% по сравнению с 1 контрольной группой. Отмечались различия в биохимических показателях крови между опытными группами: ниже уровень мочевой кислоты на 52,2%, фосфора – на 18,7% по сравнению со 2 опытной группой.

Таблица 2 / Table 2

Биохимические показатели крови у кроликов после инъекции трипсина в комплексе с Нитоксом

Biochemical blood parameters in rabbits following trypsin and Nitox co-administration

Показатель <i>Parameter</i>	Группа <i>Group</i>		
	1 контрольная <i>control group 1</i>	2 опытная <i>experimental group 2</i>	3 опытная <i>experimental group 3</i>
Трипсин, ед/л <i>Trypsin, U/L</i>	79±6,9	69±5,6	67±6,0
Амилаза, ед/л <i>Amylase, U/L</i>	154±2,1	161±5,4	169±4,9
Щелочная фосфатаза, ед/л <i>Alkaline phosphatase, U/L</i>	344±24,3	343±46,9	347±47,5
Глюкоза, ммоль/л <i>Glucose, mmol/L</i>	6,3±0,19	5,3±0,40*	6,5±1,60
Общий белок, г/л <i>Total protein, g/L</i>	69±6,4	71±2,6	68±0,5
Мочевая кислота, мкмоль/л <i>Uric acid, μmol/L</i>	66±0,9	67±3,7	32±4,4*
Триглицериды, ммоль/л <i>Triglycerides, mmol/L</i>	0,6±0,10	1,3±0,24*	0,8±0,11
Холестерин, ммоль/л <i>Cholesterol, mmol/L</i>	2,7±0,65	1,0±0,10*	1,3±0,23*
Кальций, ммоль/л <i>Calcium, mmol/L</i>	3,3±0,04	3,4±0,04	3,4±0,30
Фосфор, ммоль/л <i>Phosphorus, mmol/L</i>	2,9±0,06	1,6±0,09*	1,3±0,03*

Примечание. *Различие с контрольной группой и фоновым периодом достоверно при $p<0.05$.

Note. *The difference with the control group and the background period is significant at $p<0.05$.

Мочевая кислота является конечным продуктом метаболизма пуринов. Ее повышение может быть обусловлено нарушением белкового обмена и связано с артериальным давлением [7]. После инъекции комплексным препаратом в опытной группе наблюдалось снижение мочевой кислоты у кроликов до физиологической нормы при одновременном уменьшении артериального давления, что можно объяснить положительным влиянием препарата. Триглицериды являются основным источником энергии для клеток, с возрастом у кроликов их количество увеличивается и в 180-суточном возрасте в среднем достигает 1,13 ммоль/л [8]. В нашем опыте наблюдалось тенденция снижения содержания триглицеридов в крови в 3 опытной

группе по сравнению со 2 опытной группой, что указывало на оптимизацию липидного обмена. У кроликов отмечалось увеличение в крови кальция на 23,1% и фосфора на 156,6% по сравнению с нормой; при применении трипсина в комплексе с антимикробным препаратом уровень неорганического фосфора снижался до нормы.

Таким образом, применение трипсина в комплексе с антимикробным препаратом оказывало положительное влияние на биохимические показатели крови, улучшало метаболизм благодаря возбуждению парасимпатического отдела нервной системы.

Данные о морфологических показателях представлены в таблице 3.

Таблица 3 / Table 3

Морфологические показатели крови у кроликов после инъекции трипсина в комплексе с Нитоксом

Morphological blood parameters in rabbits following trypsin and Nitox co-administration

Показатель <i>Parameter</i>	Группа <i>Group</i>		
	1 контрольная <i>control group 1</i>	1 контрольная <i>control group 1</i>	1 контрольная <i>control group 1</i>
Лейкоциты, $\times 10^9/L$ <i>Leukocytes, x10^9/L</i>	6,8±0,26	3,4±0,20*	2,6±0,19*
Лимфоциты, % <i>Lymphocytes, %</i>	59±5,6	68±12,8	44±17,0
Гранулоциты, % <i>Granulocytes, %</i>	35±6,7	23±10,8	50±17,0
Соотношение гранулоцитов к лимфоцитам <i>Ratio of granulocytes to lymphocytes</i>	0,59	0,34	1,14
Эритроциты, $\times 10^{12}/L$ <i>Erythrocytes, x 10^12/L</i>	5,9±0,62	5,2±0,20	5,2±0,21
Гемоглобин, g/L <i>Hemoglobin, g/L</i>	135±6,5	115±2,8*	113±5,2*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, g/L <i>Average concentration of hemoglobin in erythrocytes, g/L</i>	350±0,9	332±1,8	335±1,4
Гематокрит, % <i>Hematocrit, %</i>	38,5±0,86	34,6±0,78	33,9±1,39
Тромбоциты, $\times 10^9/L$ <i>Thrombocytes, x10^9/L</i>	491±18,7	593±13,9	514±38,8
Соотношение крупных тромбоцитов к общему количеству в образце крови, % <i>Ratio of large platelets to the total number in a blood sample, %</i>	8,4±0,79	8,3±0,46	8,6±0,41

Примечание. *Различие с контрольной группой статистически значимо при $p<0,05$.

Note. *The difference with the control group is statistically significant at $p<0,05$.

Данные таблицы показали, что количество лейкоцитов в опытных группах ниже, чем в 1 контрольной, во 2 опытной группе – на 50,0% ($p<0,05$), в 3 опытной группе – на 61,8% ($p<0,05$). Это указывает на действие антибиотика на иммунную систему, реакция которой приводит к лейкопении. В опытных группах наблюдали снижение гемоглобина на 14% и 16,3% соответственно, что может влиять на окислительные процессы в клетке. Все остальные показатели крови оставались без существенных изменений и соответствовали норме.

Исследования по изучению роли панкреатических ферментов в крови животных являются малочисленными. Имеются данные о влиянии амилазы на гормон инсулин [9]. Авторами установлено, что уровень амилазы в крови – динамический физиологический параметр, который является не просто следствием выработки экзокринных пищеварительных ферментов поджелудочной железы, а скорее регулируемым фактором, участвующим в ассимиляции глюкозы и регуляции инсулина в постпрандиальный период.

Получены данные о том, что внутрипанкреатическая артериальная инфузия амилазы прерывает интегрированные глюкозо-инсулиновые взаимодействия. Это подтверждает рефлекс ацини-островок-ацинар (АИА) и обосновывает размещение экзокринных и эндокринных компонентов поджелудочной железы в пределах одного органа [10]. Наши экспериментальные данные дополняют эти исследования, показывая роль трипсина в регуляции гемодинамики у кроликов, что является критерием регуляторной деятельности фермента. При этом применение трипсина в комплексе с антимикробным препаратом не изменяет его регуляторного влияния, что, безусловно, отразится на эффективности действия антибиотика, но требует экспериментальной проверки.

Выводы

Conclusions

Результаты экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Применение Нитокса в комплексе с трипсином снижает систолическое давление на 16,7%, диастолическое – на 16,3%,

среднее – на 16,5% по сравнению с фоновым периодом, что указывает на влияние комплексного препарата на метаболизм кроликов. Инъекция Нитокса не вызывает существенных изменений в гемодинамических показателях крови кроликов.

2. При использовании для инъекций комплексного препарата (Нитокс+трипсин) в 3 опытной группе уменьшалось содержание мочевой кислоты в плазме крови на 51,5%, холестерина – на 51,8%, фосфора – на 55,2% по сравнению с 1 контрольной группой. Отмечались различия в биохимических показателях крови между опытными группами: ниже уровень мочевой кислоты на 52,2%, фосфора – на 18,7% по сравнению со 2 опытной группой. Это свидетельствует о положительном действии комплексного препарата, поскольку в состоянии натощак у кроликов приходят в норму показатели пуринового, углеводного и фосфорного обмена.

3. Действие антибиотика оказывало влияние на уровень иммунитета у кроликов. Применение в течение 7 суток препарата Нитокс в чистом виде и в комплексе с трипсином вызывало лейкопению у кроликов, но усиливало окислительные процессы в клетке, поскольку показатель гемоглобина увеличивался на 14,8-16,3% по сравнению с контролем.

Список источников

1. Nelson D.L. *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York: Macmillan Learning, 2021:1248.
2. Ramos E., Castellano V.J., Martínez M.-A., Ares I. Pharmacokinetics of oxytetracycline after multiple doses to pigs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2009;32:146-147.
3. Вертипрахов В.Г., Седлецкая Е.С., Латынина Е.С., Полина С.И. и др. Реакция организма кроликов на внутримышечное введение трипсина // Ветеринария. 2023. № 8. С. 42-45. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.8.42-45>
4. Zanzinger J. The role of nitric oxide in the neural control of cardiovascular function. *Cardiovascular Research*. 1999;43(3):639-649. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00085-1)
5. Erusalimsky J.D., Moncada S. Nitric oxide and mitochondrial signaling: from physiology to pathophysiology. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2007;27(12):2524-31. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.107.15116>
6. Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. № 12. С. 51-54. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>
7. Дроздова Г.А., Румянцева Е.Г., Михеев М.С., Мустяца В.Ф. Клинические показатели белкового спектра крови при артериальной вазоренальной гипертензии в эксперименте // Вестник Российской Университета Дружбы Народов. Серия: Медицина. 2003. № 2. С. 12-18. EDN: ILAEAB

References

1. Nelson D.L. *Lehninger Principles of Biochemistry*. New York: Macmillan Learning, 2021:1248.
2. Ramos E., Castellano V.J., Martínez M.-A., Ares I. Pharmacokinetics of oxytetracycline after multiple doses to pigs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2009;32:146-147.
3. Vertiprakhov V.G., Sedletskaya E.S., Latynina E.S., Polina S.I. et al. Rabbit body response to intramuscular injection of trypsin. *Veterinary Medicine*. 2023;(8):42-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.8.42-45>
4. Zanzinger J. The role of nitric oxide in the neural control of cardiovascular function. *Cardiovascular Research*. 1999;43(3):639-649. [https://doi.org/10.1016/S0008-6363\(99\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6363(99)00085-1)
5. Erusalimsky J.D., Moncada S. Nitric oxide and mitochondrial signaling: from physiology to pathophysiology. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 2007;27(12):2524-31. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.107.15116>
6. Vertiprakhov V.G., Grozina A.A. The estimation of pancreatic functionality in chicken using trypsin activity in blood serum. *Veterinary Medicine*. 2018;(12):51-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2018.21.12.51-54>
7. Drozdova G.A., Rumyantseva E.G., Miheev M.S., Mustyaza V.F. The clinical analysis of blood and protein's metabolism at arterial vasorenal hypertension. *RUDN Journal of Medicine*. 2003;(2):12-18. (In Russ.)

8. Аджиев Д.Д., Румянцев С.А., Пронина Г.И., Сапожникова Н.А. Возрастные и половые особенности антиоксидантной системы крови кроликов // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020. № 3. С. 94-106.
<https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-94-106>
9. Pierzynowska K.G., Lozinska L., Pierzynowski S., Woliński J. The inverse relationship between blood amylase and insulin levels in pigs during development, bariatric surgery, and intravenous infusion of amylase. *PLoS ONE*. 2018;13(6): e0198672.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198672>
10. Pierzynowska K., Wychowański P., Zaworski K., Woliński Ja. et al. Amylase intrapancreatic infusion delays insulin release during an intravenous glucose tolerance test, proof of acini–islet–acinar interactions. *World Journal of Experimental Medicine*. 2024;14(3):92589.
<https://doi.org/10.5493/wjem.v14.i3.92589>
8. Adzhiyev Ja.J., Rumyantsev S.A., Pronina G.I., Sapozhnikova N.A. Age and sex characteristics of the antioxidant system of rabbit blood. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2020;(3):94-106. (In Russ.)
<https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-3-94-106>
9. Pierzynowska K.G., Lozinska L., Pierzynowski S., Woliński J. The inverse relationship between blood amylase and insulin levels in pigs during development, bariatric surgery, and intravenous infusion of amylase. *PLoS ONE*. 2018;13(6): e0198672.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198672>
10. Pierzynowska K., Wychowański P., Zaworski K., Woliński Ja. et. al. Amylase intrapancreatic infusion delays insulin release during an intravenous glucose tolerance test, proof of acini–islet–acinar interactions. *World Journal of Experimental Medicine*. 2024;14(3):92589.
<https://doi.org/10.5493/wjem.v14.i3.92589>

Сведения об авторах

Кралинина Александра Викторовна, лаборант кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, студент 4 курса, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; alyascrawl@gmail.com; 0009-0004-6287-3971

Галыга Семён Дмитриевич, аспирант первого года обучения, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Ya.sokrat@mail.ru; 0009-0000-6704-5367

Подъяпольская Анна Алексеевна, студент 2 курса, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; anutafilina@gmail.com; 0009-0007-1375-162X

Вертипрахов Владимир Георгиевич, заведующий кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных, д-р биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; Vertiprakhov63@mail.ru; 0000-0002-3240-7636

Статья поступила в редакцию 14.05.2025
Одобрена после рецензирования 19.06.2025
Принята к публикации 25.06.2025

Information about the authors

Aleksandra V. Kralinina, 4th year student, Laboratory Assistant at the Department of Physiology, Ecology and Biochemistry of Animals, BSc (Bio), Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: e-mail: alyascrawl@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-6287-3971>

Semyon D. Galiga, post-graduate student 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: ya.sokrat@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6704-5367>

Anna A. Podyapolskaya, 2nd year student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: anutafilina@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-1375-162X>

Vladimir G. Vertiprakhov, Dsc (Bio), 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: vertiprakhov63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3240-7636>

The article was submitted to the editorial office
May 14, 2025
Approved after reviewing June 19, 2025
Accepted for publication June 25, 2025

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 597.6: 598.1 (470-25)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-05>



Возрастная структура и плодовитость остромордой лягушки (*Rana arvalis*, Amphibia, Anura, Ranidae) в популяциях города Москвы

Ирина Владимировна Африна, Кирилл Александрович Африн,
Артем Александрович Кидов

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

Автор, ответственный за переписку: Ирина Владимировна Африна; stepankova@rgau-msha.ru

Аннотация

Остремордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842) представляет интерес как вид, демонстрирующий высокую пластичность в условиях антропогенной трансформации среды. Проведено сравнительное исследование возрастной структуры, размеров тела и плодовитости остромордой лягушки в четырех популяциях Москвы, представляющих разные типы местообитаний: Тимирязевский и Ульяновский лесопарки, а также территории малоэтажной застройки (х. Брёхово и д. Кузнецово). Полевые исследования проводились в апреле-мае 2021-2024 гг. Для особей, отловленных в амплексусе, определяли длину тела, методом скелетохронологии устанавливали возраст и производили подсчет яиц для оценки плодовитости. Статистический анализ выполнялся с использованием непараметрических критериев (Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни). Выявлены различия между популяциями. У самцов обнаружены различия по длине тела ($H = 10,32$; $p = 0,016$) и возрасту ($H = 12,53$; $p = 0,006$), у самок – по плодовитости ($H = 16,04$; $p = 0,001$). Наибольшие размеры и возраст самцов, а также максимальная плодовитость самок зарегистрированы в Тимирязевском лесопарке, что достоверно превышало показатели в зонах малоэтажной застройки. Крупные лесопарки создают наиболее благоприятные условия для долговременного существования популяций, обеспечивая высокую выживаемость и репродуктивный успех. Снижение изученных показателей в зонах малоэтажной застройки указывает на негативное влияние антропогенного пресса.

Ключевые слова

Остремордая лягушка, *Rana arvalis*, возрастная структура, плодовитость, Москва

Для цитирования

Африна И.В., Африн К.А., Кидов А.А. Возрастная структура и плодовитость остромордой лягушки (*Rana arvalis*, Amphibia, Anura, Ranidae) в популяциях города Москвы // Тимирязевский биологический журнал. Т. 3, № 2. С. 202532405. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-05](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-05)

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-05>



Age structure and fecundity of the moor frog (*Rana arvalis*, Amphibia, Anura, Ranidae) in urban ecosystems of Moscow, Russia

Irina V. Afrina, Kirill A. Afrin, Artem A. Kidov

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

Corresponding author: Irina V. Afrina; stepankova@rgau-msha.ru

Abstract

The Moor Frog (*Rana arvalis* Nilsson, 1842) is of interest as a species exhibiting high plasticity in anthropogenically transformed environments. A comparative study was conducted on the age structure, body size, and fecundity of the Moor

Frog in four Moscow populations representing different habitat types: Timiryazevsky Park and Ulyanovsky Lesopark, as well as low-rise residential areas (Brekovo hamlet and Kuznetsovo village). Field research was carried out in April-May from 2021 to 2024. For individuals captured in amplexus, body length was measured, age was determined using skeletochronology, and eggs were counted to estimate fecundity. Statistical analysis was performed using non-parametric tests (Kruskal-Wallis and Mann-Whitney). Significant differences were found between populations. Among males, differences were observed in body length ($H = 10.32$; $p = 0.016$) and age ($H = 12.53$; $p = 0.006$), while females differed in fecundity ($H = 16.04$; $p = 0.001$). The largest size and age of males, as well as the highest fecundity of females, were recorded in Timiryazevsky Park, which significantly exceeded values in low-rise residential areas. Large forest parks provide the most favorable conditions for the long-term persistence of moor frog populations, ensuring high survival rates and reproductive success. The decline in the studied parameters in low-rise residential areas indicates a negative impact from anthropogenic pressure.

Keywords

Moor frog, *Rana arvalis*, age structure, fecundity, Moscow

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflicts of interest.

For citation

Afrina I.V., Afrin K.A., Kidov A.A. Age structure and fecundity of the moor frog (*Rana arvalis*, Amphibia, Anura, Ranidae) in urban ecosystems of Moscow, Russia. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532405. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-05>

Введение

Introduction

Урбанизированная среда представляет собой серьезный вызов для земноводных. Фрагментация местообитаний [1], смертность на дорогах [2, 3], химическое загрязнение водоемов [4], вселение хищников-интродуцентов [5] и повышенный уровень шума [6] коренным образом нарушают их жизненные циклы и снижают численность популяций. Некоторыми исследованиями отмечается важность крупных зеленых зон внутри городских ландшафтов для сохранения биоразнообразия амфибий [7].

Остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842) является одним из наиболее адаптивных видов амфибий в условиях урбанизированной среды. В отличие от других представителей семейства настоящих лягушек этот вид демонстрирует высокую пластичность в выборе местообитаний и способность успешно существовать в условиях антропогенного воздействия [8, 9].

В городских экосистемах остромордая лягушка часто выступает доминирующим видом амфибий, особенно в районах с умеренной степенью урбанизации [10]. Это обусловлено ее способностью использовать для размножения разнообразные водоемы включая временные и мелководные.

В Москве, как в крупнейшем мегаполисе России, остромордая лягушка демонстрирует слабую устойчивость к антропогенным факторам в отличие от травяной лягушки, хотя этот вид все еще сохраняется в зеленых зонах Москвы, где формирует устойчивые популяции [9]. При этом особенности биологии и экологии московских популяций остромордой лягушки требуют детального изучения.

Изучение возрастной структуры и репродуктивных характеристик позволяет оценить жизнеспособность популяций и их потенциал к самовосстановлению. Полученные данные позволяют оценить состояние популяций остромордой лягушки в Москве.

Методика исследований

Research method

Исследования проводили в апреле-мае 2021-2024 гг. в четырех локалитетах на территории города Москвы (табл. 1). Размножение остромордых лягушек на этих участках происходит в пересыхающих лесных водоемах.

Отлов лягушек в амплексусе осуществлялся непосредственно в местах нереста до начала периода икрометания. После этого животных транспортировали в лабораторию, где содержали в соответствии со стандартной методикой [11] до момента откладки икры.

После завершения икрометания производился полный поштучный подсчет яиц в каждой кладке. У взрослых особей после окончания размножения регистрировалась длина тела (L), а также выполнялась ампутация третьей фаланги четвертого пальца задней конечности. Все использованные в работе животные, а также их потомство были возвращены в водоемы в местах первоначального отлова.

Оценка возраста проводилась скелетохронологическим методом на основе гистологических срезов взятых фаланг [12]. Срезы подвергались декальцинации и окрашивались гематоксилином Эрлиха с последующим подсчетом линий задержки роста (LAGs) под микроскопом.

Объем исследованного материала

Description of the sample

Локалитет <i>Locality</i>	Координаты <i>Coordinates</i>	Количество исследований <i>Research volume</i>	
		определение возраста <i>age determination</i>	оценка плодовитости <i>fecundity estimation</i>
Тимирязевский лесопарк <i>Timiryazevsky Park</i>	55.820644, 37.548364	35	9
Ульяновский лесопарк <i>Ulyanovskiy Lesopark</i>	55.626948, 37.357074	23	11
х. Брёхово <i>Brokhovo</i>	55.598754, 37.125150	25	7
д. Кузнецово <i>Kuznetsovo</i>	55.456046, 36.965713	23	6

Статистический анализ данных проводился в STATISTICA 10 (StatSoft, США). Для описания выборок вычислялись описательные статистики: среднее арифметическое значение (M), стандартное отклонение (SD), которые представлены в формате $M \pm SD$, а также минимальное и максимальное значения признака (min-max). Для сравнения выборок применялся непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса (H), а также использовался U-критерий Манна-Уитни (U), так как распределение данных в группах отличалось от нормального.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

При попарном сравнении возраст самок и самцов в разных популяциях не имел достоверных различий (Тимирязевский лесопарк: $p = 0,812$; Ульяновский лесопарк: $p = 0,124$; х. Брёхово: $p = 0,322$; д. Кузнецово: $p = 0,074$) (табл. 2). Не различались животные внутри выборок и по длине тела (Тимирязевский лесопарк: $p = 0,812$; Ульяновский лесопарк: $p = 0,580$; х. Брёхово: $p = 0,190$; д. Кузнецово: $p = 0,529$).

Максимальный средний возраст как самок ($4,4 \pm 1,33$ года), так и самцов ($4,2 \pm 1,33$ года) отмечен в Тимирязевском лесопарке, что может указывать на более стабильные условия среды в данном локалитете (табл. 2).

Самки остромордой лягушки в четырех локалитетах Москвы не имели статистически значимых различий по длине тела ($H (3, N = 35) = 3,80$, $p = 0,283$) и возрасту ($H (3, N = 35) = 4,55$, $p = 0,208$). Наибольшая средняя длина тела самок зарегистрирована в условиях малоэтажной застройки (д. Кузнецово: $57,8 \pm 5,06$ мм), тогда как наименьшая – в лесопарковой зоне (Ульяновский лесопарк: $53,6 \pm 3,78$ мм). Подобная пространственная вариабельность морфометрических показателей может косвенно свидетельствовать о лучшей кормовой базе или об иных благоприятных условиях в антропогенных биотопах, способствующих реализации ростового потенциала.

Сравнение возрастной структуры самок также демонстрирует вариацию между типами местообитаний. Наибольшее значение среднего возраста отмечено в крупном лесном массиве (Тимирязевский лесопарк: $4,4 \pm 1,33$ года), что может указывать на более стабильные условия и низкий уровень смертности. В то же время в Ульяновском лесопарке зафиксирована наиболее молодая и однородная по возрасту группировка ($3,5 \pm 0,52$ года), что, вероятно, отражает более высокий антропогенный пресс. В популяциях малоэтажной застройки (х. Брёхово, д. Кузнецово) возрастная структура оказалась сходной, демонстрируя умеренный уровень антропогенного воздействия.

Таблица 2 / Table 2

Размеры, возраст и плодовитость *Rana arvalis* в популяциях Москвы

Size, age, and fertility of *Rana arvalis* in Moscow populations

Локалитет <i>Locality</i>	$M \pm SD$ min-max(n)				Плодовитость, яиц <i>Fecundity, eggs</i>	
	длина тела, мм <i>body length, mm</i>		возраст, лет <i>age, year</i>			
	самки <i>female</i>	самцы <i>male</i>	самки <i>female</i>	самцы <i>male</i>		
Тимирязевский лесопарк <i>Timiryazevsky Park</i>	$56,6 \pm 3,84$ 49,3-61,2(10)	$57,5 \pm 4,36$ 50,4-69,9(25)	$4,4 \pm 1,33$ 3-6(10)	$4,2 \pm 1,33$ 2-6(25)	$1460,0 \pm 120,02$ 1324-1644(9)	
Ульяновский лесопарк <i>Ulyanovskiy Lesopark</i>	$53,6 \pm 3,78$ 47,6-57,9(11)	$52,8 \pm 5,44$ 44,4-64,3(12)	$3,5 \pm 0,52$ 3-4(11)	$2,9 \pm 0,79$ 1-4(12)	$1269,2 \pm 173,84$ 1024-1613(11)	
х. Брёхово <i>Brokhovo</i>	$55,6 \pm 3,70$ 51,8-60,3(8)	$53,7 \pm 2,89$ 47,9-60,3(17)	$4,0 \pm 1,13$ 3-6(8)	$3,5 \pm 0,94$ 2-5(17)	$1164,0 \pm 90,87$ 1081-1341(7)	
д. Кузнецово <i>Kuznetsovo</i>	$57,8 \pm 5,06$ 53,4-67,8(6)	$55,3 \pm 3,67$ 49,9-60,8(17)	$4,2 \pm 1,40$ 3-6(6)	$3,1 \pm 0,99$ 2-5(17)	$1187,0 \pm 72,72$ 1109-1311(6)	

Примечание. М – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение; min – минимальное значение признака; max – максимальное значение признака; n – объем выборки.

Note. M – arithmetic mean, SD – standard deviation, min – minimum value of the feature, max – maximum value of the feature, n – sample size.

В целом для остромордой лягушки отмечается тенденция полового созревания при небольших размерах самок, что повышает продолжительность жизни и количество репродуктивных периодов [13].

Были выявлены статистически значимые различия в длине тела и возрасте самцов остромордой лягушки между четырьмя изученными популяциями Москвы. Критерий Краскела-Уоллеса показал достоверные различия как по длине тела (H (3, N = 71) = 10,32; p = 0,016), так и по возрасту (H (3, N = 71) = 12,53; p = 0,006). Наибольшие средние значения длины тела самцов зарегистрированы в Тимирязевском лесопарке (57,5±4,36 мм), что достоверно превышает показатели в Ульяновском лесопарке (52,8±5,44 мм) (p = 0,033). Эта закономерность может отражать лучшие трофические условия

в более крупном и старом лесном массиве Тимирязевского лесопарка по сравнению с Ульяновским лесопарком, где в последние годы проводится активное благоустройство (рис. 1А).

Возрастная структура самцов также демонстрировала значимые различия между локалитетами. Популяция Тимирязевского лесопарка характеризовалась наибольшим средним возрастом самцов (4,2±1,33 года), который достоверно отличался от показателя в деревне Кузнецово (3,1±0,99 года; p = 0,037). Кроме того, выявлены статистически значимые различия между лесопарковыми зонами (p = 0,022) (рис. 1Б). Более высокий средний возраст самцов в лесопарках, особенно в Тимирязевском, может указывать на более благоприятные условия для выживания и долговременного существования популяций в этих местообитаниях по сравнению с зонами малоэтажной застройки.

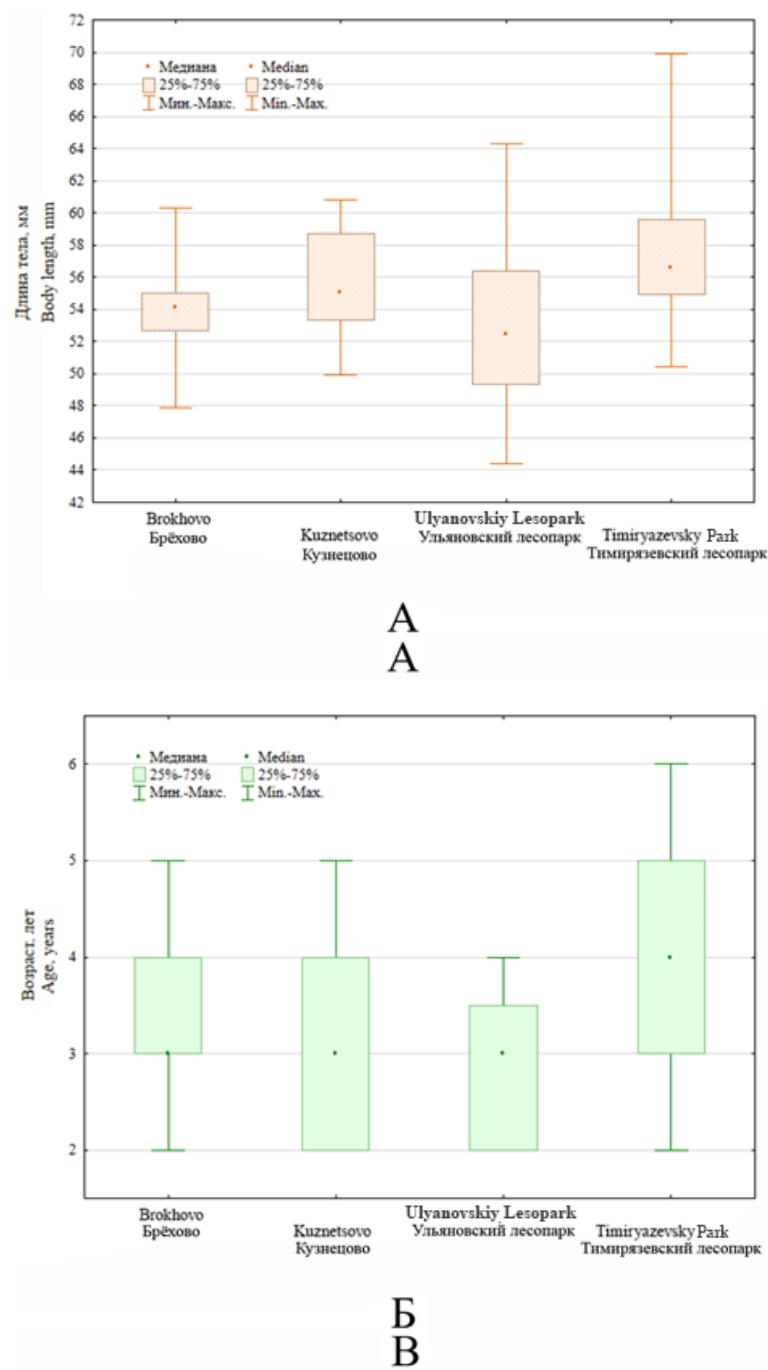


Рис. 1. Длина тела (А) и возраст (Б) самцов остромордых лягушек из четырех локалитетов Москвы

Fig. 1. Body length (A) and age (B) of male moor frogs from four localities in Moscow

В некоторых исследованиях отмечается, что в местообитаниях, не затронутых антропогенным воздействием, остромордые лягушки имеют большие размеры и более высокий показатель продолжительности жизни [14].

Для московских популяций остромордых лягушек отмечается в целом более высокая плодовитость в сравнении с загородными популяциями [15], однако наблюдается и тенденция различий внутри городских популяций.

Плодовитость самок остромордой лягушки изученных популяций Москвы статистически значимо различалась ($H (3, N = 33) = 16,04$;

$p = 0,001$). Наибольшие средние значения плодовитости зарегистрированы в популяции Тимирязевского лесопарка ($1460,0 \pm 120,02$ яиц), которые достоверно превышали показатели в зонах малоэтажной застройки: по сравнению с.х. Брёхово ($1164,0 \pm 90,87$ яиц; $p = 0,002$) и д. Кузнецово ($1187,0 \pm 72,72$ яиц; $p = 0,013$). Данный результат свидетельствует о более благоприятных условиях для репродукции в крупном лесном массиве, что может быть связано с лучшей коровой базой, меньшим уровнем антропогенного стресса и наличием подходящих мест для размножения (рис. 2).

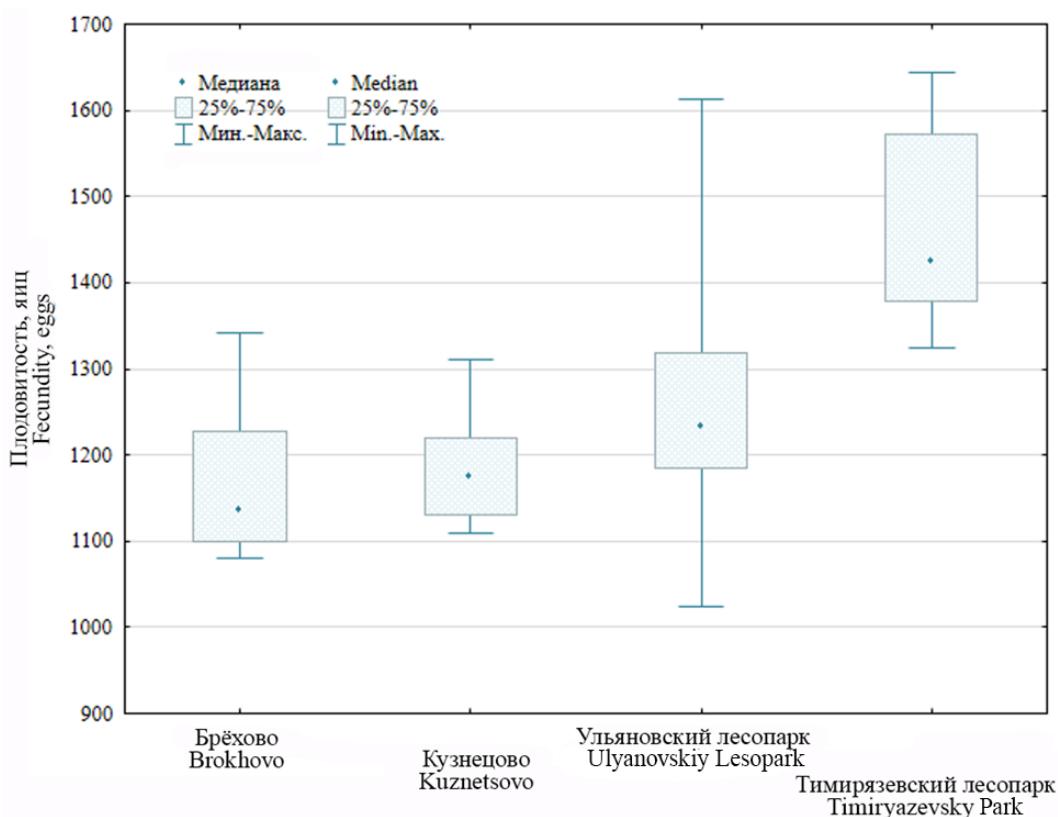


Рис. 2. Сравнение значений плодовитости остромордых лягушек из четырех локалитетов Москвы

Fig. 2. Comparison of fecundity in the moor frog from four localities of Moscow

Популяция Ульяновского лесопарка демонстрировала промежуточное значение плодовитости ($1269,2 \pm 173,84$ яиц), которое не имело статистически значимых отличий от других местообитаний, но отличалось наибольшим разбросом данных (1024-1613 яиц). Высокая вариабельность может отражать наличие дополнительных факторов, влияющих на репродуктивный успех отдельных особей. Важно отметить, что наименьшие показатели плодовитости были характерны для популяций в зонах антропогенной нагрузки (х. Брёхово и д. Кузнецово), где средние значения были статистически ниже, чем в Тимирязевском лесопарке.

Тип городского местообитания значимо влияет на репродуктивные показатели самок остромордой лягушки. Наибольшая ее плодовитость в Тимирязевском лесопарке позволяет предположить, что сохранившиеся природные экосистемы в черте города обеспечивают оптимальные условия для размножения благодаря, вероятно, меньшему фактору беспокойства и стабильной кормовой базе. В противоположность этому снижение плодовитости в зонах малоэтажной застройки указывает на негативное влияние антропогенного пресса на воспроизводство амфибий. Выявленные закономерности подчеркивают важность сохранения крупных лесопарков в качестве рефугиумов для поддержания устойчивых популяций

амфибий в урбанизированной среде, что крайне важно для их сохранения в условиях усиливающейся урбанизации.

Выводы

Conclusions

Условия крупных лесопарков являются наиболее благоприятными для долговременного существования популяций остромордой лягушки. Популяция Тимирязевского лесопарка характеризовалась наибольшими средними значениями возраста как у самок ($4,4 \pm 1,33$ года), так и у самцов ($4,2 \pm 1,33$ года), а также максимальной плодовитостью ($1460,0 \pm 120,02$ яиц), что достоверно превышало показатели в зонах малоэтажной застройки. Это свидетельствует о более стабильных условиях, низком уровне антропогенного стресса и хорошей кормовой базе в крупных природных массивах, обеспечивающих высокую выживаемость и репродуктивный успех.

Антропогенная трансформация местообитаний негативно влияет на демографические показатели популяций остромордой лягушки. В зонах малоэтажной застройки (х. Брёхово, д. Кузнецово) зарегистрированы достоверно более низкие показатели плодовитости самок и возраста самцов по сравнению с лесопарками. Также самки популяции Брёхово могут быть менее плодовиты ввиду, вероятно, более мелких размеров или низкого среднего возраста.

Это указывает на то, что даже умеренный уровень урбанизации создает давление, приводящее к сокращению продолжительности жизни и снижению репродуктивного успеха, что может угрожать долгосрочной устойчивости популяций.

Нами была выявлена половая специфичность реакции на условия среды. Самцы демонстрировали более выраженную чувствительность к типу местообитания, проявляющуюся в достоверных

различиях по размеру тела и возрасту между популяциями, в то время как у самок статистически значимые различия по этим параметрам не обнаружены, но выявлены различия в плодовитости.

Таким образом, сохранение крупных лесопарковых массивов в городской черте является ключевым фактором поддержания жизнеспособных популяций остромордой лягушки и, вероятно, других видов амфибий в условиях урбанизации.

Список источников

1. Cushman S.A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological Conservation*. 2006;128(2):231-240. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031>
2. Pinto F.A.S., Clevenger A.P., Grilo C. Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review*. 2020;81:106337. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>
3. Andđelković M., Bogdanović N. Amphibian and reptile road mortality in special nature reserve Obedska bara, Serbia. *Animals*. 2022;12(5):561. <https://doi.org/10.3390/ani12050561>
4. Rouse J.D., Bishop C.A., Struger J. Nitrogen pollution: an assessment of its threat to amphibian survival. *Environmental Health Perspectives*. 1999;107(10):799-803. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107799>
5. Hamer A.J. Exotic predatory fish reduce amphibian reproduction at wetlands in an urbanising landscape. *Hydrobiologia*. 2022;849:121-139. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04716-5>
6. Zaffaroni-Caorsi V., Both C., Márquez R., Llusia D. et al. Effects of anthropogenic noise on anuran amphibians. *Bioacoustics*. 2022;32(1):90-120. <https://doi.org/10.1080/09524622.2022.2070543>
7. Hamer A.J. A multi-scale, multi-species approach highlights the importance of urban greenspace and pond design for amphibian communities. *Urban Ecosystems*. 2022;25:393-409. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01162-y>
8. Вершинин В.Л. Гемопоэз бесхвостых амфибий – специфика адаптогенеза видов в современных экосистемах // *Зоологический журнал*. 2004. Т. 83, № 11. С. 1367-1374. EDN: OWFUOJ
9. Петровский А.Б., Шпагина А.А., Кидов А.А. Современное распространение травяной (*Rana temporaria*) и остромордой (*R. arvalis*) лягушек (Amphibia, Anura) в «старой» Москве // *Современная герпетология*. 2021. Т. 21, № 1-2. С. 55-62. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2021-21-1-2-55-62>
10. Косинцева А.Ю., Гашев С.Н. Влияние факторов урбанизации на экологию и фауну земноводных // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2006. № 4S(54). С. 70-72. EDN: IUEPTN

References

1. Cushman S.A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus. *Biological Conservation*. 2006;128(2):231-240. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.031>
2. Pinto F.A.S., Clevenger A.P., Grilo C. Effects of roads on terrestrial vertebrate species in Latin America. *Environmental Impact Assessment Review*. 2020;81:106337. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106337>
3. Andđelković M., Bogdanović N. Amphibian and reptile road mortality in special nature reserve Obedska bara, Serbia. *Animals*. 2022;12(5):561. <https://doi.org/10.3390/ani12050561>
4. Rouse J.D., Bishop C.A., Struger J. Nitrogen pollution: an assessment of its threat to amphibian survival. *Environmental Health Perspectives*. 1999;107(10):799-803. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107799>
5. Hamer A.J. Exotic predatory fish reduce amphibian reproduction at wetlands in an urbanising landscape. *Hydrobiologia*. 2022;849:121-139. <https://doi.org/10.1007/s10750-021-04716-5>
6. Zaffaroni-Caorsi V., Both C., Márquez R., Llusia D. et al. Effects of anthropogenic noise on anuran amphibians. *Bioacoustics*. 2022;32(1):90-120. <https://doi.org/10.1080/09524622.2022.2070543>
7. Hamer A.J. A multi-scale, multi-species approach highlights the importance of urban greenspace and pond design for amphibian communities. *Urban Ecosystems*. 2022;25:393-409. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01162-y>
8. Vershinin V.L. Hemopoiesis of anurans – specific features of adaptogenesis in species in recent ecosystems. *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2004;83(11):1367-1374. (In Russ.)
9. Petrovskiy A.B., Shpagina A.A., Kidov A.A. Present distribution of the common frog, *Rana temporaria* and the moor frog, *R. arvalis* (Amphibia, Anura) in the “old” Moscow. *Current Studies in Herpetology*. 2021;21(1-2):55-62. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2021-21-1-2-55-62>
10. Kosintseva A.Yu., Gashev S.N. Influence of urbanization factors on amphibia ecology and fauna. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2006;(4S(54)):70-72. (In Russ.)

11. Степанкова И.В., Африн К.А., Иволга Р.А., Кидов А.А. Сравнительная характеристика морфометрических и репродуктивных показателей травяной лягушки, *Rana temporaria* (Amphibia, Ranidae) популяций «старой» и Новой Москвы // Современная герпетология. 2020. Т. 20, № 1-2. С. 53-60. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2020-20-1-2-53-60>
12. Смирна Э.М. Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости. В монографии: Даревский И.С., Щербак Н.Н., Татаринов К.А., Ищенко В.Г. и др. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев, 1989. С. 144-153. EDN: RDONBY
13. Ищенко В.Г. Жизненный репродуктивный успех и структура популяции остромордой лягушки (*Rana arvalis* Nilss., 1842). Нетрадиционное решение общей задачи // Современная герпетология. 2007. Т. 7, № 1-2. С. 76-87. EDN: HGDOQO
14. Ибрагимова Д.В., Ляпков С.М. Демографические характеристики и морфометрические признаки остромордой лягушки (*Rana arvalis*) трансформированного местообитания (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) // Зоологический журнал. 2018. Т. 97, № 2. С. 181-189. <https://doi.org/10.7868/S004451341802006X>
15. Северцова Е.А., Кормилицин А.А., Северцов А.С. Влияние антропогенных факторов на воспроизведение травяной (*Rana temporaria*) и остромордой (*Rana arvalis*) лягушек // Зоологический журнал. 2015. Т. 94, № 2. С. 192-202. <https://doi.org/10.7868/S0044513415020099>
11. Stepankova I.V., Afrin K.A., Ivolga R.A., Kidov A.A. Comparative characteristics of morphometric and reproductive parameters of the common brown frog, *Rana temporaria* (Amphibia, Ranidae) from the populations of Old and New Moscow. *Current Studies in Herpetology*. 2020;20(1-2):53-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2020-20-1-2-53-60>
12. Smirina E.M. Methodology for determining the age of amphibians and reptiles based on bone layers. In: Darevskiy I.S., Shcherbak N.N., Tatarinov K.A., Ishchenko V.G. et al. *Handbook of the study of amphibians and reptiles*. Kyiv, USSR, 1989:144-153. (In Russ.)
13. Ishchenko V.G. Life-time reproductive success and structure of population of moor frog, *Rana arvalis* Nilss., 1842: the non-traditional decision of general problem. *Current Studies in Herpetology*. 2007;7(1-2):76-87. (In Russ.)
14. Ibragimova D.V., Lyapkov S.M. Demographic and morphometric characteristics of the moor frog *Rana arvalis* from a transformed habitat in the Khanty-Mansi Autonomous Region – Yugra. *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2018;97(2): 181-189. <https://doi.org/10.7868/S004451341802006X>
15. Severtsova E.A., Kormilitsin A.A., Severtsov A.S. Effect of anthropogenic factors on reproduction of *Rana temporaria* and *Rana arvalis*. *Zoologicheskiy Zhurnal*. 2015;94(2): 192-202. <https://doi.org/10.7868/S0044513415020099>

Сведения об авторах

- Ирина Владимировна Африна**, ассистент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: stepankova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0874-7160>
- Кирилл Александрович Африн**, доцент, канд. биол. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: afrin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8806-0774>
- Артем Александрович Кидов**, заведующий кафедрой зоологии, д-р биол. наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kidov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9328-2470>

Статья поступила в редакцию 06.05.2025
Одобрена после рецензирования 16.06.2025
Принята к публикации 26.06.2025

Information about the authors

- Irina V. Afrina**, Assistant at the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: stepankova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0874-7160>
- Kirill A. Afrin**, CSc (Bio), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: afrin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8806-0774>
- Artem A. Kidov**, DSc (Bio), Associate Professor, Head of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: kidov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9328-2470>

The article was submitted to the editorial office May 06, 2025
Approved after reviewing June 16, 2025
Accepted for publication June 26, 2025

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 598.2

<https://doi.org/doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-06>



Структура орнитофауны Томской области

Татьяна Константиновна Железнова

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

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Константиновна Железнова;
larus-minutus@yandex.ru

Аннотация

В статье обобщены результаты 150-летнего изучения орнитофауны Томской области, дан полный список отмеченных на ее территории видов птиц; представлен анализ особенностей орнитофауны: таксономической, фауно-генетической, ландшафтно-экологической и ареалогической структур, оценена степень орнитофаунистического сходства долины Оби и ее крупных притоков.

Ключевые слова

Орнитофауна, таксоны, типы фауны, орнитофаунистическое сходство

Для цитирования

Железнова Т.К. Структура орнитофауны Томской области // Тимирязевский биологический журнал. Т. 3, № 2. С. 202532406. <https://doi.org/doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-06>

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-06>



Avifauna structure of the Tomsk Region

Tatiana K. Zheleznova

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

Corresponding author: Tatiana K. Zheleznova; larus-minutus@yandex.ru

Annotation

This article synthesizes the results of a 150-year study of the avifauna of the Tomsk Region, providing a complete list of bird species recorded within its territory. It presents an analysis of the avifauna's features, including taxonomic, faunogenetic, landscape-ecological, and arealogical structure, and assesses the degree of avifaunistic similarity between the Ob River valley and its major tributaries.

Keywords

Avifauna, taxa, fauna types, avifaunistic similarity

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflicts of interest.

For citation

Zheleznova T.K. Avifauna structure of the Tomsk Region. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532406. (In Russ.) <https://doi.org/doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-06>

Введение Introduction

Западная Сибирь, в том числе Томская область, в геологическом смысле представляют собой относительно молодую территорию, фауна которой начала по сути формироваться после плейстоценовых оледенений [1]. Плиоценовая фауна сохранялась, видимо, на южных окраинах Сибири, и оттуда, возможно, началось интенсивное заселение равнины. Частично это заселение происходило с Урала и территории Восточной Сибири.

Однообразие и монотонность ландшафтов области (преобладают по площади таежно-болотные) способствуют относительному однообразию фаунистических комплексов птиц.

Река Обь, разделяющая территорию на две почти равные части, а также ее крупные левые и правые притоки со своими поймами и долинами: Чулым, Кеть, Четь, Чая, Томь, Васюган, Парьбаель и др., – вносят некоторый элемент разнообразия в орнитофауну, пополняя ее реофильными видами. Кроме того, река Обь и ее притоки служат экологическими руслами пролета, поэтому здесь отмечается в период сезонных миграций целый ряд транзитных тундровых и северотаежных видов птиц (гуменник, белохвостый песочник, поморники, малый лебедь, морская чернеть, зимняк и др.).

Обилие озер, особенно на правобережье Оби, способствует также формированию лимнофильных орнитокомплексов. Правда, ввиду невысокой кормности большинства из них и открытого характера акваторий, а также северного положения они не так богаты видами, как, например, лесостепные озера. Но они служат местом отдыха северных мигрантов, летящих широким фронтом по водораздельным пространствам. Однако водоемы области занимают всего 2,5% площади территории, поэтому доля аквафильных видов в структуре орнитофауны не очень велика – преобладающими остаются виды дендрофильного комплекса.

Цель исследований: анализ структурных особенностей орнитофауны Томской области.

Задачи исследований:

1. Оценить долевое участие таксонов в орнитофауне.

2. Выделить группы птиц по характеру пребывания.

3. Описать ареалогическую структуру орнитофауны, векторы расселения птиц на территорию области, границы ареалов ряда видов птиц.

4. Дать характеристику ландшафтно-экологических групп птиц.

5. Оценить степень орнитофаунистического сходства долины Оби и ее крупных притоков.

Результаты и их обсуждение Results and discussion

В Томской области за полтора века периода исследований в общей сложности отмечено 332 вида птиц (табл. 1), что составляет около 85% от орнитофауны Западной Сибири.

Таксономический состав орнитофауны. В Томской области обнаружены представители 19 отрядов птиц. По числу видов лидирует отряд Passeriformes Воробькообразные (145 видов) (табл. 2).

Отряд Passeriformes представлен в области 22 семействами птиц. По числу видов лидируют Sylvidae (27 видов), Turdidae (22 вида, из них 20 видов гнездятся), Fringillidae (19 видов), Motacillidae (13 видов) и Corvidae (11 видов). В отряде Passeriformes наибольшая доля видов (59,7%) относится к гнездящимся перелетным, 16,7% – к гнездящимся оседлым, 11,1% – к залетным, 4,2% – к транзитным, 5,5% – к видам, характер пребывания которых не выяснен; 2,8% относятся к зимующим.

На втором месте по числу видов располагается отряд Charadriiformes. К настоящему времени выявлены 57 видов, что составляет чуть более 1/3 от российского списка видов отряда. Половина видов гнездится на территории области (51,0%), более 1/3 видов имеет транзитный характер пребывания (35,9%), 7,6% относятся к категории залетных, для 3,5% характер пребывания остается неясным; тонкоклювый кроншнеп, возможно, исчез из состава орнитофауны.

На третьем месте по числу видов – отряд Anseriformes (38 видов). По характеру пребывания к определенно гнездящимся можно отнести 12 видов (31,6%), к предположительно гнездящимся – 2 вида (5,3%), к транзитным – 11 (28,9%), к залетным – 12 видов (31,6%); статус серой утки остается невыясненным.

В Томской области встречены 25 видов отряда Falconiformes, что составляет половину (51,0%) разнообразия видов отряда российской орнитофауны. Каждая шестая опубликованная работа о птицах Томской области в той или иной мере касается представителей этого отряда. Для абсолютного большинства видов подтверждено гнездование; 3 вида отмечены в качестве залетных (луговой лунь, чёрный гриф и белоголовый сип); зимняк – транзитный и зимующий виды. Гнездящиеся виды приурочены в основном к лесным и полуоблесенным местообитаниям, лугово-болотный тип преференции имеют 3 вида луней; к видам, связанным с водными объектами, относятся скопа и орлан-белохвост; чёрный коршун относительно эвритопен. Почти половина видов отряда внесена в Красную книгу Томской области. Остальные отряды птиц, представленные в области, в видовом отношении значительно уступают перечисленным выше трем отрядам.

**Орнитофауна Томской области со статусом пребывания
и качественной оценкой обилия птиц**

Avifauna of the Tomsk Region with residency status and qualitative abundance assessment

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
1	Краснозобая гагара <i>Red-throated loon</i>	<i>Gavia stellata</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
2	Чернозобая гагара <i>Black-throated loon</i>	<i>Gavia arctica</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
3	Чомга <i>Great crested grebe</i>	<i>Podiceps cristatus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
4	Серощёкая поганка <i>Red-necked grebe</i>	<i>Podiceps grisegena</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
5	Красношейная поганка <i>Horned grebe</i>	<i>Podiceps auritus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
6	Черношейная поганка <i>Black-necked grebe</i>	<i>Podiceps nigricollis</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
7	Кудрявый пеликан <i>Dalmatian pelican</i>	<i>Pelecanus crispus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
8	Большой баклан <i>Great cormorant</i>	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
9	Большая вынь <i>Great bittern</i>	<i>Botaurus stellaris</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
10	Волчок <i>Little bittern</i>	<i>Ixobrychus minutus</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
11	Серая цапля <i>Grey heron</i>	<i>Ardea cinerea</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
12	Рыжая цапля <i>Purple heron</i>	<i>Ardea purpurea</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
13	Большая белая цапля <i>Great egret</i>	<i>Casmerodius albus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
14	Чёрный аист <i>Black stork</i>	<i>Ciconia nigra</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
15	Колпица <i>Eurasian spoonbill</i>	<i>Platalea leucorodia</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
16	Розовый фламинго <i>Greater flamingo</i>	<i>Phoenicopterus roseus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
17	Чёрная казарка <i>Brant</i>	<i>Branta bernicla</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц Bird species	Латинское название Latin name	Статус Status
18	Краснозобая казарка <i>Red-breasted goose</i>	<i>Rufibrenta ruficollis</i>	Tp., p. <i>Tr., r.</i>
19	Серый гусь <i>Greylag goose</i>	<i>Anser anser</i>	Гн.?, п. <i>Ns.?, r.</i>
20	Гуменник <i>Taiga bean goose</i>	<i>Anser fabalis</i>	Tp., об. и гн.? <i>Tr., com. and ns.?</i>
21	Короткоклювый гуменник <i>Pink-footed goose</i>	<i>Anser brachyrhynchus</i>	Tp., p. <i>Tr., r.</i>
22	Белолобый гусь <i>Greater white-fronted goose</i>	<i>Anser albifrons</i>	Tp., p. <i>Tr., r.</i>
23	Пискулька <i>Lesser white-fronted goose</i>	<i>Anser erythropus</i>	Tp., p. <i>Tr., r.</i>
24	Лебедь-кликун <i>Whooper swan</i>	<i>Cygnus cygnus</i>	Гн., п. <i>Ns., r.</i>
25	Лебедь-шипун <i>Mute swan</i>	<i>Cygnus olor</i>	Залёт., п. <i>Vagr., r.</i>
26	Малый лебедь <i>Bewick's swan</i>	<i>Cygnus bewickii</i>	Tp., п. <i>Tr., r.</i>
27	Огарь <i>Ruddy shelduck</i>	<i>Tadorna ferruginea</i>	Залёт., п. <i>Vagr., r.</i>
28	Пеганка <i>Common shelduck</i>	<i>Tadorna tadorna</i>	Залёт., п. <i>Vagr., r.</i>
29	Кряква <i>Mallard</i>	<i>Anas platyrhynchos</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
30	Чёрная кряква <i>Indian spot-billed duck</i>	<i>Anas poecilorhyncha</i>	Залёт., п. <i>Vagr., r.</i>
31	Шилохвость <i>Northern pintail</i>	<i>Anas acuta</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
32	Свиязь <i>Eurasian wigeon</i>	<i>Anas penelope</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
33	Серая утка <i>Gadwall</i>	<i>Anas strepera</i>	Гн., п. <i>Ns., r.</i>
34	Широконоска <i>Northern shoveler</i>	<i>Anas clypeata</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
35	Чирок-свиристунок <i>Eurasian teal</i>	<i>Anas crecca</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
36	Клоктун <i>Baikal teal</i>	<i>Anas formosa</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
37	Касатка <i>Falcated duck</i>	<i>Anas falcata</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
38	Чирок-трескунок <i>Garganey</i>	<i>Anas querquedula</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
39	Красноносый нырок <i>Red-crested pochard</i>	<i>Netta rufina</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
40	Красноголовый нырок <i>Common pochard</i>	<i>Aythya ferina</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
41	Белоглазый нырок <i>Ferruginous duck</i>	<i>Aythya niroca</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
42	Бэрсов нырок <i>Baer's pochard</i>	<i>Aythya baeri</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
43	Хохлатая чернеть <i>Tufted duck</i>	<i>Aythya fuligula</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
44	Морская чернеть <i>Greater scaup</i>	<i>Aythya marila</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
45	Каменушка <i>Harlequin duck</i>	<i>Histrionicus histrionicus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
46	Морянка <i>Long-tailed duck</i>	<i>Clanga hyemalis</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
47	Гоголь <i>Common goldeneye</i>	<i>Bucephala clangula</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
48	Турпан <i>Velvet scoter</i>	<i>Melanitta fusca</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
49	Горбоносый турпан <i>White-winged scoter</i>	<i>Melanitta deglandi</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
50	Синьга <i>Common scoter</i>	<i>Melanitta nigra</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
51	Луток <i>Smew</i>	<i>Mergellus albellus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
52	Длинноносый крохаль <i>Red-breasted merganser</i>	<i>Mergus serrator</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
53	Большой крохаль <i>Common merganser</i>	<i>Mergus merganser</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
54	Савка <i>White-headed duck</i>	<i>Oxyura leucocephala</i>	Залёт., р. <i>Vagr.</i> , <i>r.</i>
55	Скопа <i>Osprey</i>	<i>Pandion haliaetus</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
56	Обыкновенный осоед <i>European honey buzzard</i>	<i>Pernis apivorus</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
57	Хохлатый осоед <i>Crested honey buzzard</i>	<i>Pernis ptilorhyncus</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
58	Чёрный коршун <i>Black kite</i>	<i>Milvus migrans</i>	Гн., об. <i>Ns.</i> , <i>com.</i>
59	Полевой лунь <i>Hen harrier</i>	<i>Circus cyaneus</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?</i> , <i>r.</i>
60	Степной лунь <i>Pallid harrier</i>	<i>Circus macrourus</i>	Неясн., р. <i>Uncer.</i> , <i>r.</i>
61	Луговой лунь <i>Montagu's harrier</i>	<i>Circus pygargus</i>	Залёт., р. <i>Vagr.</i> , <i>r.</i>
62	Болотный лунь <i>Western marsh harrier</i>	<i>Circus aeruginosus</i>	Неясн., р. <i>Uncer.</i> , <i>r.</i>
63	Тетеревятник <i>Eurasian goshawk</i>	<i>Accipiter gentilis</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
64	Перепелятник <i>Eurasian sparrowhawk</i>	<i>Accipiter nisus</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
65	Малый перепелятник <i>Japanese sparrowhawk</i>	<i>Accipiter gularis</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?</i> , <i>r.</i>
66	Канюк <i>Common buzzard</i>	<i>Buteo buteo</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
67	Зимняк <i>Rough-legged buzzard</i>	<i>Buteo lagopus</i>	Тр. и зим., р. <i>Tr. and win.</i> , <i>r.</i>
68	Большой подорлик <i>Greater spotted eagle</i>	<i>Aquila clanga</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
69	Могильник <i>Eastern imperial eagle</i>	<i>Aquila heliatica</i>	Залёт., р. <i>Vagr.</i> , <i>r.</i>
70	Беркут <i>Golden eagle</i>	<i>Aquila chrysaetos</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
71	Орлан-белохвост <i>White-tailed eagle</i>	<i>Haliaeetus albicilla</i>	Гн., р. <i>Ns.</i> , <i>r.</i>
72	Чёрный гриф <i>Cinereous vulture</i>	<i>Aegypius monachus</i>	Залёт., р. <i>Vagr.</i> , <i>r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
73	Белоголовый сип <i>Eurasian griffon vulture</i>	<i>Gyps fulvus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
74	Кречет <i>Gyrfalcon</i>	<i>Falco rusticolus</i>	Тр. и зим., р. <i>Tr. and win., r.</i>
75	Сапсан <i>Peregrine falcon</i>	<i>Falco peregrinus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
76	Дербник <i>Merlin</i>	<i>Falco columbarius</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
77	Чеглок <i>Eurasian hobby</i>	<i>Falco subbuteo</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
78	Кобчик <i>Red-footed falcon</i>	<i>Falco vespertinus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
79	Обыкновенная пустельга <i>Common kestrel</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
80	Серая куропатка <i>Grey partridge</i>	<i>Perdix perdix</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?, r.</i>
81	Бородатая куропатка <i>Daurian partridge</i>	<i>Perdix dauurica</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
82	Перепел <i>Common quail</i>	<i>Coturnix coturnix</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
83	Глухарь <i>Western capercaillie</i>	<i>Tetrao urogallus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
84	Тетерев <i>Black grouse</i>	<i>Lyrurus tetrix</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
85	Рябчик <i>Hazel grouse</i>	<i>Tetraastes bonasia</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
86	Белая куропатка <i>Willow ptarmigan</i>	<i>Lagopus lagopus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
87	Стерх <i>Siberian crane</i>	<i>Grus leucogeranus</i>	Тр., р. <i>Tr., r.</i>
88	Серый журавль <i>Common crane</i>	<i>Grus grus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
89	Чёрный журавль <i>Hooded crane</i>	<i>Grus monacha</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
90	Водяной пастушок <i>Water rail</i>	<i>Rallus aquaticus</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
91	Коростель <i>Corn crake</i>	<i>Crex crex</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
92	Погоныш <i>Spotted crake</i>	<i>Porzana porzana</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
93	Погоныш-крошка <i>Baillon's crake</i>	<i>Porzana pusilla</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
94	Камышница <i>Common moorhen</i>	<i>Gallinula chloropus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
95	Лысуха <i>Eurasian coot</i>	<i>Fulica atra</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
96	Дрофа <i>Great bustard</i>	<i>Otis tarda</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
97	Стрепет <i>Little bustard</i>	<i>Tetrax tetrax</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
98	Тулес <i>Grey plover</i>	<i>Pluvialis squatorola</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
99	Бурокрылая ржанка <i>Pacific golden plover</i>	<i>Pluvialis fulva</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
100	Золотистая ржанка <i>European golden plover</i>	<i>Pluvialis apricaria</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
101	Малый зуёк <i>Little ringed plover</i>	<i>Charadrius dubius</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
102	Галстучник <i>Common ringed plover</i>	<i>Charadrius hiaticula</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
103	Хрустан <i>Eurasian dotterel</i>	<i>Eudromias morinellus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
104	Чибис <i>Northern lapwing</i>	<i>Vanellus vanellus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
105	Кулик-сорока <i>Eurasian oystercatcher</i>	<i>Haematopus ostralegus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
106	Камнешарка <i>Ruddy turnstone</i>	<i>Arenaria interpres</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
107	Шилоклювка <i>Pied avocet</i>	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
108	Ходуточник <i>Black-winged stilt</i>	<i>Himantopus himantopus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
109	Черныш <i>Green sandpiper</i>	<i>Tringa ochropus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
110	Фифи <i>Wood sandpiper</i>	<i>Tringa glareola</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
111	Большой улит <i>Common greenshank</i>	<i>Tringa nebularia</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
112	Травник <i>Common redshank</i>	<i>Tringa totanus</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
113	Щёголь <i>Spotted redshank</i>	<i>Tringa erythropus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
114	Поручейник <i>Marsh sandpiper</i>	<i>Tringa stagnatilis</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
115	Перевозчик <i>Common sandpiper</i>	<i>Actitis hypoleucos</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
116	Мородунка <i>Terek sandpiper</i>	<i>Xenus cinereus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
117	Круглоносый плавунчик <i>Red-necked phalarope</i>	<i>Phalaropus lobatus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
118	Плосконосый плавунчик <i>Red phalarope</i>	<i>Phalaropus fulicarius</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
119	Турухтан <i>Ruff</i>	<i>Philomachus pugnax</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
120	Длиннопалый песочник <i>Long-toed stint</i>	<i>Calidris subminuta</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
121	Белохвостый песочник <i>Temminck's stint</i>	<i>Calidris teminckii</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
122	Кулик-воробей <i>Little stint</i>	<i>Calidris minutus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
123	Краснозобик <i>Curlew sandpiper</i>	<i>Calidris ferruginea</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
124	Чернозобик <i>Dunlin</i>	<i>Calidris alpina</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
125	Песчанка <i>Sanderling</i>	<i>Calidris alba</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
126	Вальдшнеп <i>Eurasian woodcock</i>	<i>Scolopax rusticola</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
127	Бекас <i>Common snipe</i>	<i>Gallinago gallinago</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
128	Азиатский бекас <i>Pin-tailed snipe</i>	<i>Gallinago stenura</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
129	Лесной дупель <i>Swinhoe's snipe</i>	<i>Gallinago megala</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
130	Дупель <i>Great snipe</i>	<i>Gallinago media</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
131	Гаршинеп <i>Jack snipe</i>	<i>Lymnocryptes minimus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
132	Тонкоклювый кроншинеп <i>Slender-billed curlew</i>	<i>Numenius tenuirostris</i>	Исчезн.? <i>Extinct?</i>
133	Большой кроншинеп <i>Eurasian curlew</i>	<i>Numenius arquata</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
134	Средний кроншинеп <i>Eurasian whimbrel</i>	<i>Numenius phaeopus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
135	Большой веретенник <i>Black-tailed godwit</i>	<i>Limosa limosa</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
136	Малый веретенник <i>Bar-tailed godwit</i>	<i>Limosa lapponica</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
137	Азиатский бекасовидный веретенник <i>Asian dowitcher</i>	<i>Limnodromus semipalmatus</i>	Зал., р. <i>Vagr., r.</i>
138	Средний поморник <i>Pomarine jaeger</i>	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
139	Короткохвостый поморник <i>Parasitic jaeger</i>	<i>Stercorarius parasiticus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
140	Сизая чайка <i>Common gull</i>	<i>Larus canus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
141	Озёрная чайка <i>Black-headed gull</i>	<i>Larus ridibundus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
142	Малая чайка <i>Little gull</i>	<i>Larus minutus</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?, r.</i>
143	Халей <i>Heuglin's gull</i>	<i>Larus heuglini</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
144	Хохотунья <i>Caspian gull</i>	<i>Larus cachinnans</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
145	Серебристая чайка <i>European herring gull</i>	<i>Larus argentatus</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
146	Бургомистр <i>Glaucous gull</i>	<i>Larus hyperboreus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
147	Черноголовый хохотун <i>Pallas's gull</i>	<i>Larus ichthyaetus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
148	Моевка <i>Black-legged kittiwake</i>	<i>Rissa tridactyla</i>	Тр., р. <i>Tr., r.</i>
149	Речная крачка <i>Common tern</i>	<i>Sterna hirundo</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
150	Малая крачка <i>Little tern</i>	<i>Sterna albifrons</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
151	Камчатская крачка <i>Aleutian tern</i>	<i>Sterna camtschatica</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
152	Чёрная крачка <i>Black tern</i>	<i>Chlidonias niger</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?, r.</i>
153	Белокрылая крачка <i>White-winged tern</i>	<i>Chlidonias leucopterus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
154	Чеграва <i>Caspian tern</i>	<i>Hydroprogne caspia</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
155	Вяхирь <i>Common wood pigeon</i>	<i>Columba palumbus</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
156	Клинтух <i>Stock dove</i>	<i>Columba oenas</i>	Гн.?, об. <i>Ns.?, com.</i>
157	Сизый голубь <i>Rock dove</i>	<i>Columba livia</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
158	Большая горлица <i>Oriental turtle dove</i>	<i>Streptopelia orientalis</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
159	Обыкновенная горлица <i>European turtle dove</i>	<i>Streptopelia turtur</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
160	Обыкновенная кукушка <i>Common cuckoo</i>	<i>Cuculus canorus</i>	Разм., об. <i>Br., com.</i>
161	Глухая кукушка <i>Oriental cuckoo</i>	<i>Cuculus optatus</i>	Разм., об. <i>Br., com.</i>
162	Белая сова <i>Snowy owl</i>	<i>Nyctea scandiaca</i>	Тр. и зим., р. <i>Tr. and win., r.</i>
163	Филин <i>Eurasian eagle-owl</i>	<i>Bubo bubo</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
164	Ушастая сова <i>Long-eared owl</i>	<i>Asio otus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
165	Болотная сова <i>Short-eared owl</i>	<i>Asio flammeus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
166	Сплюшка <i>Eurasian scops owl</i>	<i>Otus scops</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
167	Мохноногий сыч <i>Boreal owl</i>	<i>Aegolium funereum</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
168	Воробьиный сычик <i>Eurasian pygmy owl</i>	<i>Glaucidium passerinum</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
169	Ястребиная сова <i>Northern hawk-owl</i>	<i>Surnia ulula</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
170	Бородатая неясыть <i>Great grey owl</i>	<i>Strix nebulosa</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
171	Длиннохвостая неясыть <i>Ural owl</i>	<i>Strix uralensis</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
172	Серая неясыть <i>Tawny owl</i>	<i>Strix aluco</i>	Неясыт., р. <i>Uncer., r.</i>
173	Обыкновенный козодой <i>European nightjar</i>	<i>Caprimulgus europaeus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
174	Чёрный стриж <i>Common swift</i>	<i>Apus apus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
175	Белопоясный стриж <i>Pacific swift</i>	<i>Apus pacificus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
176	Иглохвостый стриж <i>White-throated needletail</i>	<i>Hirundapus caudacutus</i>	Неясыт., р. <i>Uncer., r.</i>
177	Обыкновенный зимородок <i>Common kingfisher</i>	<i>Alcedo atthis</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
178	Сизоворонка <i>European roller</i>	<i>Coracias garrulus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
179	Золотистая щурка <i>European bee-eater</i>	<i>Merops apiaster</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
180	Удод <i>Eurasian hoopoe</i>	<i>Upupa epops</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
181	Вертишайка <i>Eurasian wryneck</i>	<i>Junx torquilla</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
182	Седой дятел <i>Grey-headed woodpecker</i>	<i>Picus canus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
183	Желна <i>Black woodpecker</i>	<i>Dryocopus martius</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
184	Большой пёстрый дятел <i>Great spotted woodpecker</i>	<i>Dendrocopos major</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
185	Белоспинный дятел <i>White-backed woodpecker</i>	<i>Dendrocopos leucotos</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
186	Малый пёстрый дятел <i>Lesser spotted woodpecker</i>	<i>Dendrocopos minor</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
187	Трёхпалый дятел <i>Eurasian three-toed woodpecker</i>	<i>Picoides tridactylus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
188	Береговушка <i>Sand martin</i>	<i>Riparia riparia</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
189	Бледная ласточка <i>Pale martin</i>	<i>Riparia diluta</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
190	Воронок <i>Western house martin</i>	<i>Delichon urbica</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
191	Деревенская ласточка <i>Barn swallow</i>	<i>Hirundo rustica</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
192	Полевой жаворонок <i>Eurasian skylark</i>	<i>Alauda arvensis</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
193	Индийский жаворонок <i>Oriental skylark</i>	<i>Alauda gulgula</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
194	Чёрный жаворонок <i>Black lark</i>	<i>Melanocorypha yeltoniensis</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
195	Рогатый жаворонок <i>Horned lark</i>	<i>Eremophila alpestris</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
196	Лесной конёк <i>Tree pipit</i>	<i>Anthus trivialis</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
197	Пятнистый конёк <i>Olive-backed pipit</i>	<i>Anthus hodgsoni</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
198	Степной конёк <i>Richard's pipit</i>	<i>Anthus richardi</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
199	Краснозобый конёк <i>Red-throated pipit</i>	<i>Anthus cervinus</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
200	Луговой конёк <i>Meadow pipit</i>	<i>Anthus pratensis</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
201	Полевой конёк <i>Tawny pipit</i>	<i>Anthus campestris</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
202	Горный конёк <i>Water pipit</i>	<i>Anthus spinoletta</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
203	Желтоголовая трясогузка <i>Citrine wagtail</i>	<i>Motacilla citreola</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
204	Жёлтая трясогузка <i>Western yellow wagtail</i>	<i>Motacilla flava</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
205	Желтолобая трясогузка <i>Yellow-headed wagtail</i>	<i>Motacilla lutea</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
206	Горная трясогузка <i>Grey wagtail</i>	<i>Motacilla cinerea</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
207	Белая трясогузка <i>White wagtail</i>	<i>Motacilla alba</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
208	Маскированная трясогузка <i>Masked wagtail</i>	<i>Motacilla personata</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
209	Обыкновенный жулан <i>Red-backed shrike</i>	<i>Lanius collurio</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
210	Серый сорокопут <i>Great grey shrike</i>	<i>Lanius excubitor</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
211	Чернолобый сорокопут <i>Lesser grey shrike</i>	<i>Lanius minor</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
212	Сибирский жулан <i>Brown shrike</i>	<i>Lanius cristatus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
213	Обыкновенная иволга <i>Eurasian golden oriole</i>	<i>Oriolus oriolus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
214	Обыкновенный скворец <i>Common starling</i>	<i>Sturnus vulgaris</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
215	Розовый скворец <i>Rosy starling</i>	<i>Sturnus roseus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
216	Обыкновенная майна <i>Common myna</i>	<i>Acridotheres tristis</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
217	Кукша <i>Siberian jay</i>	<i>Perisoreus infaustus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
218	Сойка <i>Eurasian jay</i>	<i>Garrulus glandarius</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
219	Голубая сорока <i>Azure-winged magpie</i>	<i>Cyanopica cyanaus</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?, r.</i>
220	Сорока <i>Eurasian magpie</i>	<i>Pica pica</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
221	Кедровка <i>Northern nutcracker</i>	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
222	Галка <i>Western jackdaw</i>	<i>Corvus monedula</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
223	Даурская галка <i>Daurian jackdaw</i>	<i>Corvus dauuricus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
224	Грач <i>Rook</i>	<i>Corvus frugilegus</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
225	Серая ворона <i>Hooded crow</i>	<i>Corvus cornix</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
226	Восточная чёрная ворона <i>Eastern carrion crow</i>	<i>Corvus corone</i>	Гн.?, об. и р. <i>Ns.?, com. and r.</i>
227	Ворон <i>Common raven</i>	<i>Corvus corax</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
228	Свиристель <i>Bohemian waxwing</i>	<i>Bombycilla garrulus</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
229	Оляпка <i>White-throated dipper</i>	<i>Cinclus cinclus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
230	Сибирская завишка <i>Siberian accentor</i>	<i>Prunella montanella</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
231	Черногорлая завишка <i>Black-throated accentor</i>	<i>Prunella atrogularis</i>	Tp., р. <i>Tr., r.</i>
232	Певчий сверчок <i>Pallas's grasshopper warbler</i>	<i>Locustella certhiola</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
233	Пятнистый сверчок <i>Lanceolated warbler</i>	<i>Locustella lanceolata</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
234	Таёжный сверчок <i>Gray's grasshopper warbler</i>	<i>Locustella fasciolata</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
235	Обыкновенный сверчок <i>Common grasshopper warbler</i>	<i>Locustella naevia</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
236	Речной сверчок <i>River warbler</i>	<i>Locustella fluviatilis</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
237	Камышевка-барсучок <i>Sedge warbler</i>	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
238	Вертлявая камышевка <i>Aquatic warbler</i>	<i>Acrocephalus paludicola</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
239	Индийская камышевка <i>Paddyfield warbler</i>	<i>Acrocephalus agricola</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
240	Садовая камышевка <i>Blyth's reed warbler</i>	<i>Acrocephalus dumetorum</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
241	Тонкоклювая камышевка <i>Moustached warbler</i>	<i>Acrocephalus melanopogon</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц Bird species	Латинское название Latin name	Статус Status
242	Толстоклювая камышевка <i>Thick-billed warbler</i>	<i>Phragmaticola aedon</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
243	Северная бормотушка <i>Booted warbler</i>	<i>Hippolais caligata</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
244	Зелёная пересмешка <i>Icterine warbler</i>	<i>Hippolais icterina</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
245	Славка-черноголовка <i>Eurasian blackcap</i>	<i>Sylvia atricapilla</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
246	Садовая славка <i>Garden warbler</i>	<i>Sylvia borin</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
247	Серая славка <i>Common whitethroat</i>	<i>Sylvia communis</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
248	Славка-мельничек <i>Lesser whitethroat</i>	<i>Sylvia curruca</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
249	Ястребиная славка <i>Barred warbler</i>	<i>Sylvia nisoria</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
250	Бурая пеночка <i>Dusky warbler</i>	<i>Phylloscopus fuscatus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
251	Пеночка-весничка <i>Willow warbler</i>	<i>Phylloscopus trochilis</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
252	Пеночка-теньковка <i>Common chiffchaff</i>	<i>Phylloscopus collybita</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
253	Зелёная пеночка <i>Greenish warbler</i>	<i>Phylloscopus trochiloides</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
254	Корольковая пеночка <i>Pallas's leaf warbler</i>	<i>Phylloscopus proregulus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
255	Пеночка-зарничка <i>Yellow-browed warbler</i>	<i>Phylloscopus inornatus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
256	Пеночка-таловка <i>Arctic warbler</i>	<i>Phylloscopus borealis</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
257	Пеночка-трещотка <i>Wood warbler</i>	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
258	Толстоклювая пеночка <i>Radde's warbler</i>	<i>Phylloscopus schwarzi</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
259	Желтоголовый королёк <i>Goldcrest</i>	<i>Regulus regulus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
260	Мухоловка-пеструшка <i>European pied flycatcher</i>	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
261	Малая мухоловка <i>Red-breasted flycatcher</i>	<i>Ficedula parva</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
262	Таёжная мухоловка <i>Mugimaki flycatcher</i>	<i>Ficedula mugimaki</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
263	Ширококлювая мухоловка <i>Asian brown flycatcher</i>	<i>Muscicapa dauurica</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
264	Серая мухоловка <i>Spotted flycatcher</i>	<i>Muscicapa striata</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
265	Сибирская мухоловка <i>Dark-sided flycatcher</i>	<i>Muscicapa sibirica</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
266	Луговой чекан <i>Whinchat</i>	<i>Saxicola rubetra</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
267	Черноголовый чекан <i>Siberian stonechat</i>	<i>Saxicola torquata</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
268	Обыкновенная каменка <i>Northern wheatear</i>	<i>Oenanthe oenanthe</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
269	Пустынная каменка <i>Desert wheatear</i>	<i>Oenanthe deserti</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
270	Каменка-плешанка <i>Pied wheatear</i>	<i>Oenanthe pleschanka</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
271	Обыкновенная горихвостка <i>Common redstart</i>	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
272	Сибирская горихвостка <i>Daurian redstart</i>	<i>Phoenicurus auroreus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
273	Зарянка <i>European robin</i>	<i>Erithacus rubecula</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
274	Соловей-красношейка <i>Siberian rubythroat</i>	<i>Luscinia calliope</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
275	Синий соловей <i>Siberian blue robin</i>	<i>Luscinia cyane</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
276	Соловей-свистун <i>Rufous-tailed robin</i>	<i>Luscinia sibilans</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
277	Обыкновенный соловей <i>Thrush nightingale</i>	<i>Luscinia Luscinia</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
278	Варакушка <i>Bluethroat</i>	<i>Luscinia svecica</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
279	Синехвостка <i>Red-flanked bluetail</i>	<i>Tarsiger cyanurus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
280	Чернозобый дрозд <i>Black-throated thrush</i>	<i>Turdus atrogularis</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
281	Оливковый дрозд <i>Eyebrowed thrush</i>	<i>Turdus obscurus</i>	Гн.?, р. <i>Ns.?, r.</i>
282	Рябинник <i>Fieldfare</i>	<i>Turdus pilaris</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
283	Белобровик <i>Redwing</i>	<i>Turdus iliacus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
284	Певчий дрозд <i>Song thrush</i>	<i>Turdus philomelos</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
285	Деряба <i>Mistle thrush</i>	<i>Turdus viscivorus</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
286	Чёрный дрозд <i>Common blackbird</i>	<i>Turdus merula</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
287	Пёстрый дрозд <i>White's thrush</i>	<i>Zoothera varia</i>	Тр. и гн., р. <i>Tr. and ns., r.</i>
288	Обыкновенный ремез <i>Eurasian penduline tit</i>	<i>Remiz pendulinus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
289	Ооловник <i>Long-tailed tit</i>	<i>Aegithalos caudatus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
290	Черноголовая гаичка <i>Marsh tit</i>	<i>Parus palustris</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
291	Пухляк <i>Willow tit</i>	<i>Parus montanus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
292	Сероголовая гаичка <i>Grey-headed chickadee</i>	<i>Parus cinctus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
293	Московка <i>Coal tit</i>	<i>Parus ater</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
294	Князёк <i>Azure tit</i>	<i>Parus cyanus</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
295	Большая синица <i>Great tit</i>	<i>Parus major</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
296	Лазоревка <i>Blue tit</i>	<i>Parus caeruleus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
297	Обыкновенный поползень <i>Eurasian nuthatch</i>	<i>Sitta europaea</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>

Продолжение табл. 1 / Table 1 continued

№	Виды птиц <i>Bird species</i>	Латинское название <i>Latin name</i>	Статус <i>Status</i>
298	Обыкновенная пищуха <i>Eurasian treecreeper</i>	<i>Certhia familiaris</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
299	Домовый воробей <i>House sparrow</i>	<i>Passer domesticus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
300	Полевой воробей <i>Eurasian tree sparrow</i>	<i>Passer montanus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
301	Зяблик <i>Eurasian chaffinch</i>	<i>Fringilla coelebs</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
302	Юрок <i>Brambling</i>	<i>Fringilla montifringilla</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
303	Обыкновенная зеленушка <i>European greenfinch</i>	<i>Chloris chloris</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
304	Щегол <i>European goldfinch</i>	<i>Carduelis carduelis</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
305	Седоголовый щегол <i>Grey-crowned goldfinch</i>	<i>Carduelis caniceps</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
306	Коноплянка <i>Common linnet</i>	<i>Acanthis cannabina</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
307	Обыкновенная чечётка <i>Redpoll</i>	<i>Acanthis flammea</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
308	Пепельная чечётка <i>Arctic redpoll</i>	<i>Acanthis hornemannii</i>	Зим., об. <i>Ns., com.</i>
309	Чиж <i>Eurasian siskin</i>	<i>Spinus spinus</i>	Гн., об. и р. <i>Ns., com. and r.</i>
310	Урагус <i>Siberian long-tailed rosefinch</i>	<i>Uragus sibiricus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
311	Обыкновенная чечевица <i>Common rosefinch</i>	<i>Carpodacus erythrinus</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
312	Сибирская чечевица <i>Pallas's rosefinch</i>	<i>Carpodacus roseus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
313	Клёст-еловик <i>Red crossbill</i>	<i>Loxia curvirostra</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
314	Белокрылый клёст <i>Two-barred crossbill</i>	<i>Loxia leucoptera</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
315	Клёст-сосновик <i>Parrot crossbill</i>	<i>Loxia pytyopsittacus</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
316	Щур <i>Pine grosbeak</i>	<i>Pinicola enucleator</i>	Зим., р. <i>Win., r.</i>

Окончание табл. 1 / Table 1 finished

№	Виды птиц Bird species	Латинское название Latin name	Статус Status
317	Обыкновенный снегирь <i>Eurasian bullfinch</i>	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Гн., об. и мн. <i>Ns., com. and num.</i>
318	Серый снегирь <i>Baikal bullfinch</i>	<i>Pyrrhula cinerea</i>	Гн., р., зим. <i>Ns., r., win.</i>
319	Обыкновенный дубонос <i>Hawfinch</i>	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
320	Обыкновенная овсянка <i>Yellowhammer</i>	<i>Emberiza citronella</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
321	Белошапочная овсянка <i>Pine bunting</i>	<i>Emberiza leucocephala</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
322	Горная овсянка <i>Rock bunting</i>	<i>Emberiza cia</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
323	Овсянка Годлевского <i>Godlewski's bunting</i>	<i>Emberiza godlewskii</i>	Залёт., р. <i>Vagr., r.</i>
324	Садовая овсянка <i>Ortolan bunting</i>	<i>Emberiza hortulana</i>	Неясн., р. <i>Uncer., r.</i>
325	Камышовая овсянка <i>Common reed bunting</i>	<i>Schoeniclus schoeniclus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
326	Полярная овсянка <i>Pallas's reed bunting</i>	<i>Schoeniclus pallasi</i>	Тр., гн.?, р. <i>Tr., ns.?, r.</i>
327	Овсянка-ремез <i>Rustic bunting</i>	<i>Ocyris rusticus</i>	Гн., об. <i>Ns., com.</i>
328	Овсянка-крошка <i>Little bunting</i>	<i>Ocyris pusillus</i>	Гн.?, об. и р. <i>Ns.?, com. and r.</i>
329	Седоголовая овсянка <i>Black-faced bunting</i>	<i>Ocyris spodocephalus</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
330	Дубровник <i>Yellow-breasted bunting</i>	<i>Ocyris aureoles</i>	Гн., р. <i>Ns., r.</i>
331	Лапландский подорожник <i>Lapland longspur</i>	<i>Calcarius lapponicus</i>	Тр., зим., об. <i>Tr., win., com.</i>
332	Пуночка <i>Snow bunting</i>	<i>Plectrophenax nivalis</i>	Тр., зим., об. <i>Tr., win., com.</i>

Примечание. Гн. – гнездящиеся; гн.? – гнездование предположительно; разм. – размножающиеся (в отношении кукушек); неясн. – характер пребывания не выяснен; тр. – транзитные (пролетные во время миграций); залёт. – залётные; зим. – только на зимовках; р. – редкие; об. – обычные; мн. – многочисленные.

Note. Ns. – nesting; ns.? – nesting unconfirmed; br. – breeding (in relation to cuckoos); uncer. – nature of stay uncertain; tr. – transit birds (flying during migrations); accid. – accidental visitors; win. – winter visitors; r. – rare; com. – common; num. – numerous

Таблица 2 / Table 2

Таксономический состав орнитофауны Томской области, доля отрядов, %
Taxonomic composition of the avifauna of the Tomsk Region, proportion of orders (%)

Отряд <i>Order</i>	Доля видов отряда в орнитофауне области <i>Proportion of species per order in the regional avifauna</i>	Доля видов от российской орнитофауны <i>Proportion of species compared to thy Russian avifauna</i>
Воробькообразные <i>Passeriformes</i>	44,3	41,3
Ржанкообразные <i>Charadriiformes</i>	16,4	34,9
Гусеобразные <i>Anseriformes</i>	11,5	56,9
Соколообразные <i>Falconiformes</i>	8,0	46,2
Журавлеобразные <i>Gruiformes</i>	3,4	45,8
Совообразные <i>Strigiformes</i>	3,4	64,7
Курообразные <i>Galliformes</i>	2,2	43,8
Дятлообразные <i>Piciformes</i>	2,2	53,9
Аистообразные <i>Ciconiiformes</i>	1,9	22,2
Голубеобразные <i>Columbiformes</i>	1,5	45,5
Поганкообразные <i>Podicipediformes</i>	1,2	80,0
Ракшеобразные <i>Coraciiformes</i>	0,9	33,3
Стрижеобразные <i>Apodiformes</i>	0,9	60,0
Гагарообразные <i>Gaviiformes</i>	0,6	40,0
Пеликанообразные <i>Pelecaniformes</i>	0,6	14,3
Кукушкообразные <i>Cuculiformes</i>	0,6	40,0
Фламингообразные <i>Phoenicopteriformes</i>	0,3	100,0
Козодоеобразные <i>Caprimulgiformes</i>	0,3	50,0
Удодообразные <i>Upupiformes</i>	0,3	100,0

Если рассматривать орнитофауну Томской области в контексте российской орнитофауны, то в ней отмечено менее половины видов птиц России (41,2%) [2]. При анализе отдельных отрядов (табл. 2) явно прослеживается уменьшение долей для тех из них, чьи акценты ареалов смешены на высокие широты (Charadriiformes) или, напротив, на более южные по отношению к Томской области (Coraciiformes, Ciconiiformes, Pelecaniformes). В наибольшей степени в видовом отношении представлены в области отряды Podicipediformes, Strigiformes, Falconiformes, Apodiformes – от 50% и выше от российской орнитофауны.

Распределение видов птиц по характеру пребывания. Из общего числа зарегистрированных видов птиц на территории области большинство относится к гнездящимся перелетным (табл. 3).

Относительно высока доля залетных видов, причем залет птиц происходит преимущественно с востока, из Восточной Сибири и с более южных территорий, в основном из степной зоны [3]. Почти такую же долю, как и для залетных видов, составляют гнездящиеся оседлые птицы, представленные преимущественно видами отрядов Piciformes и Passeriformes.

Для каждого десятого вида орнитофауны области отмечен транзитный характер пребывания. Сходную долю составляют виды, характер пребывания которых остается пока невыясненным.

Ареалогическая структура орнитофауны. Динамика ареалов. В Томской области абсолютно преобладают виды птиц с палеарктическими ареалами (табл. 4).

Пятую часть отмеченных в области видов составляют голаркты. Меньшую долю имеют виды птиц, ареалы которых охватывают Палеарктику и Восточную зоогеографическую область. Наименьшая доля приходится на виды, имеющие космополитические ареалы.

Во второй половине XX в. ряд видов птиц расширил свои ареалы, и в Томской области стали обычными гнездящимися видами поручейник, малая крачка, клинух, коноплянка, пеночка-трещотка, индийская камышевка.

На территории Томской области пролегают векторы расселения ряда видов птиц в разных направлениях. Так, расселение на восток характерно для поручейника, клинуха, зелёной пересмешки, садовой славки, мухоловки-пеструшки, чёрного дрозда, лазоревки и обычновенной зеленушки.

Расселение на запад происходит у ряда восточносибирских видов: белопоясного стрижа, маскированной трясогузки, зелёной пеночки, корольковой пеночки, таёжной мухоловки, синего соловья, соловья-свистуна, синехвостки.

Расширяют свои ареалы на север малая крачка, желтоголовая трясогузка, индийская камышевка.

Таблица 3 / Table 3

Распределение видов птиц по характеру пребывания в Томской области

Distribution of bird species by residency status in the Tomsk Region

Характер пребывания <i>Residency status</i>	Число видов птиц <i>Number of bird species</i>	Доля, % <i>Propotion, %</i>
Гнездящиеся перелетные <i>Nesting migrant birds</i>	159	47,7
Залетные <i>Vagrant birds</i>	51	14,6
Гнездящиеся оседлые <i>Nesting resident dirds</i>	45	13,9
Пролетные (транзитные) <i>Transient birds</i>	36	11,1
Неясного пребывания <i>Uncertain residency status</i>	34	10,5
Зимнее пребывание (зимующие) <i>Wintering only</i>	7	2,2
Всего <i>In total</i>	332	100

Распределение видов птиц Томской области по занимаемым ареалам

Distribution of bird species in the Tomsk Region by their areals

	Палеарктика <i>Palearctic</i>	Голарктика <i>Holarctic</i>	Старый Свет (Восточное полушарие) <i>Old World (Eastern hemisphere)</i>	Космополиты <i>Cosmopolitan</i>
Число видов птиц <i>Number of bird species</i>	217	60	39	16
Доля, % <i>Propotion, %</i>	64,6	18,5	12,0	4,9

Ряд видов птиц имеет в Томской области границы ареалов. Так, западную границу имеют горбоносый турпан, хохлатый осоед, малый перепелятник, чёрный журавль, иглохвостый стриж, сибирский жулан, восточная чёрная ворона, таёжный сверчок, толстоклювая камышевка, толстоклювая пеночка, таёжная, сибирская и ширококлювая мухоловки, синий соловей, соловей-свистун, оливковый дрозд, серый снегирь, седоголовая овсянка.

Восточную границу ареала имеют клинтух, вяхирь, обыкновенная горлица, обыкновенный жулан, вертлявая камышевка, пеночка-трещотка, славка-чёрноголовка, зарянка, обыкновенный соловей и др.

Для ряда южных видов в Томской области проходит северная граница ареала; это чомга, черношайная поганка, большая выпь, волчок, болотный лунь, малый перепелятник, водяной пастушок, камышница, лысуха, травник, поручейник, белокрылая крачка, ястребиная славка, обыкновенный ремез, князёк, седоголовый щегол, садовая овсянка и др.

Наконец, ряд северных видов имеет южную периферию ареалов в области: краснозобая гагара, гуменник, халей, сероголовая гаичка, полярная овсянка, овсянка-крошка.

Фауно-генетическая структура. В Томской области встречены виды птиц разных типов фауны, а также птицы неясного происхождения. Орнитофауна носит европейско-сибирский облик (по 23,7%) с высокой долей транспалеарктических видов (27,3%). Последние по своим экологическим особенностям весьма пластиичны, населяют в области самые разные местообитания, часто интразональные. Так, в Причулымье они населяют в основном водные и околоводные местообитания, встречаются также на открытых пойменных лугах и слабо облесенных низкорослых сосновых рямах. Но транспалеаркты слабо призывают в «закрытые» лесные биотопы, а если там и встречаются, то в основном по вырубкам и опушкам.

В Томской области птицы европейского типа фауны, будучи дендрофилами, населяют самые разные типы лесных биотопов, в том числе участки древостоев в полуоблесенных местообитаниях, а также облесенные болота. Например, в Причулымье экологические требования птиц этой фауно-генетической группы вполне удовлетворяются в бересово-сосновых и мелколиственных лесах, на полянах и вырубках среди пихтаций, на облесенных пойменных лугах и в агроландшафтах. Птицы европейского типа фауны не избегают и населенные пункты, заселяя в них кустарниковые насаждения, парки и участки естественной лесной растительности, вкрапленные в поселки.

Наибольшее число сибирских видов птиц обнаружено в долине самого северного крупного притока Оби, на Тыме (51 вид). Это неслучайно: сибирские виды приурочены в Западной Сибири в основном к северной и средней тайге. На более южных территориях, в Причулымье доля птиц сибирского типа фауны (по сравнению с европейской) заметно снижена. Здесь они населяют преимущественно темнохвойные лесные формации.

Арктическую фауно-генетическую группу (8,4%) представляют в основном транзитные виды, пересекающие Томскую область в периоды сезонных миграций, а также зимующие виды – такие, как зимняк, белая сова, лапландский подорожник, пуночка.

Китайский тип фауны (5,2%) экологически связан со смешанными и широколиственными лесами Юго-Восточной Азии. В Сибири китайские формы придерживаются южных территорий, проникая на север по речным долинам, застроенным и открытым биотопам, и населяют преимущественно речные зарослевые леса.

На долю остальных типов фауны (средиземноморскую, голарктическую, монгольскую и неясного происхождения) приходится 11,7%.

Ландшафтно-экологическая структура орнитофауны. Почти половину видов птиц, обнаруженных в Томской области, составляют дендрофилы (46,5%), что вполне соответствует ландшафтной структуре территории, с преобладанием на ней лесных формаций. При этом в отдельно взятом Прикелье, например, доля дендрофильных птиц еще выше (52%), в Причулымье – 55%. Почти одинакова доля лугово-болотных птиц (25,2%) и аквафильно-околоводных (24,9%). В Причулымье доля последней группы совоставима (23%), но лугово-болотных птиц несколько меньше (15%). Наименьшую долю составляют синантропы, которые чаще всего относятся к группе склерофилов (3,4%).

В Причулымье нами оценена степень эвритопности птиц (доля местообитаний, в которых встречены те или иные виды). К стенотопам относятся виды птиц, встреченные менее чем в 20% биотопов, гемистенотопы – 21-40%, гемиэвритопы – 41-60%, эвритопы – 61-80%, убиквисты – 81-100%. К стенотопам относятся более половины отмеченных видов (119 видов); группа гемистенотопов насчитывает 35 видов (свиязь, тетерев, глухарь, перевозчик, речная крачка, садовая славка и др.); гемиэвритопов – 23 вида (гоголь, канюк, рябчик, речная крачка, белая трясогузка, ворон и др.); эвритопов – 13 видов (чёрный коршун, большая горлица, глухая кукушка, большой пёстрый дятел, лесной конёк, иволга, пеночка-теньковка, обыкновенная горихвостка, рябинник, большая синица, зяблик, юрок, обыкновенная чечевица); к убиквистам в Причулымье относятся только черныш, обыкновенная кукушка и серая ворона. При сравнении этих данных с орнитофауной г. Томска и его

окрестностей получено сходное преобладание стенотопов среди других групп, однако по количеству видов их больше в ненарушенных биотопах Причулымья. Эвритопы активнее проникают в трансформированные городские местообитания, поскольку они более толерантны к застройке и беспокойству со стороны человека.

Степень орнитофаунистического сходства. В городе Томске обнаружены 305 видов птиц [4], в Причулымье – 229 видов, в Прикелье – 220 видов, в Приобье – 199 видов, в Притымье – 189 видов, в Привасюганье – 186 видов. Такое значительное число видов птиц в Томске объясняется весьма длительным периодом исследований («накопительный эффект» биоразнообразия). Уменьшение числа встреченных видов в приведенном ряду обских притоков можно, видимо, объяснить как географическим расположением долин (от более южных к северным), так и доступностью для исследования и степенью изученности.

Число общих видов, встреченных повсеместно, во всех четырех долинах притоков, на Оби и в Томске составило 145 (около 44,6% от полного списка видов области, то есть меньше половины).

Попарное сравнение долин рек и г. Томска дает картину, представленную в таблице 5.

Как следует из данных таблицы, наиболее высокое сходство демонстрируют орнитофауны долин Чулым и Кети. Долина Оби в этом смысле наиболее сходна с долинами Кети и Васюгана. Орнитофауна долины Тыма наиболее сходна с фаунами птиц Кети и Васюгана. Фаунистический список Томска в незначительной степени перекрывается с таковыми Тыма и Васюгана; ближе между собой орнитофауны города и долин рек Чулым и Кети.

Таблица 5 / Table 5

Степень орнитофаунистического сходства, индекс Жаккара, %

Degree of ornithofaunistic similarity, Jaccard index, %

Томск и долины рек <i>Tomsk City and river valleys</i>	Томск <i>Tomsk</i>	Обь <i>Ob</i>	Чулым <i>Chulyam</i>	Кеть <i>Ket</i>	Тым <i>Tym</i>	Васюган <i>Vasyugan</i>
Томск <i>Tomsk</i>	–	61,4	67,6	70,9	58,4	59,8
Обь <i>Ob</i>		–	70,3	71,7	67,2	75,0
Чулым <i>Chulyam</i>			–	78,7	66,9	72,0
Кеть <i>Ket</i>				–	73,3	70,1
Тым <i>Tym</i>					–	73,6

Птицы из Красной книги области. Более половины (56,9%) видов птиц, обнаруженных в Томской области, имеют категорию редкости, и только 43,1% – категорию обычности. В свою очередь, при этом обычны повсеместно более половины видов этой категории (58,6%); обычны и локально многочисленны 27,9% видов; обычны и локально редки – 13,5%.

При последней редакции Красной книги Томской области [5] в нее внесено 49 видов птиц, что составляет 14,8% от областной орнитофауны. Наиболее редкие виды, внесенные в первую (савка, стерх, тонкоклювый кроншнеп и дубровник) и вторую (гуменник, пискулька, степной лунь, большой подорлик, сапсан, малая крачка и филин) категории, составляют, соответственно, 8 и 14% от перечня «краснокнижных» птиц.

Выводы

Conclusions

1. На территории Томской области обитают 332 вида птиц, что составляет 85% видов птиц

Список источников

1. Западная Сибирь. Природные условия и естественные ресурсы СССР: Сборник. Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1963. 488 с.
2. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации: Монография. Москва: Товарищество научных изданий, 2006. 281 с. EDN: QKOMGB
3. Гашков С.И., Коробицын И.Г., Баздырев А.В., Тютенков О.Ю. и др. О залетах птиц в Томскую область в XXI веке // Русский орнитологический журнал. 2022. Т. 31, № 2232. С. 4302-4305. EDN: IGPSSR
4. Железнова Т.К., Миловидов С.П., Блинов Л.В. Птицы города Томска. Т. 1. Орнитофауна и ее сезонная динамика. Москва: ИПО «У Никитских ворот», 2021. 372 с.
5. Адам А.М., Амельченко В.П., Кудашова Н.Н., Баранова А.Л. и др. Красная книга Томской области. Изд. 3-е, перераб. и доп. Томск, Элиста: Процвет, 2023. 579 с.

Сведения об авторе

Татьяна Константиновна Железнова, доцент, профессор, д-р биол. наук, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: larus-minutus@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 12.05.2025
Одобрена после рецензирования 16.06.2025
Принята к публикации 28.06.2025

Западной Сибири и 41,2% – российской орнитофауны.

2. По числу видов птиц лидируют представители отрядов Passeriformes (44,3%), Charadriiformes (16,4%), Anseriformes (11,5%).

3. По характеру пребывания доминируют гнездящиеся перелетные птицы (47,7%).

4. Преобладают виды птиц с палеарктическими ареалами (64,6%), значительно уступают им голаркты (18,5%).

5. Орнитофауна области имеет европейско-сибирский облик с высокой долей транспалеарктов.

6. В структуре орнитофауны абсолютно преобладают дендрофилы (46,5%), почти одинакова доля лугово-болотных птиц (25,2%) и аквафильно-околоводных (24,9%).

7. Число общих видов птиц, встреченных повсеместно, в г. Томске, долине Оби и ее крупных притоках, составляет 44,6%.

8. В Красную книгу Томской области внесены 14,8% видов птиц, то есть почти каждый седьмой вид орнитофауны.

References

1. Western Siberia. Natural conditions and natural resources of the USSR: a collection. Moscow, Russssia: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1963:488. (In Russ.)
2. Koblik E.A., Redkin Ya.A., Arkhipov V.Yu. Checklist of the birds of Russian Federation: a monograph. Moscow, Russssia: KMK Scientific Press, 2006:143. (In Russ.)
3. Gashkov S.I., Korobitsyn I.G., Bazdyrev A.V., Tutenkov O.Y. et al. Vagrant birds in the Tomsk Oblast in the 21st century. Russkiy ornitologicheskiy zhurnal. 2022;31(2232):4302-4305. (In Russ.)
4. Zheleznova T.K., Milovidov S.P., Blinov L.V. Birds in the city of Tomsk. V. 1. Avifauna and its seasonal dynamics. Moscow, Russssia: Publishing and Printing Association “At the Nikitsky Gates” (UNIKI), 2021:376. (In Russ.)
5. Adam A.M., Amelchenko V.P., Kudashova N.N., Baranova A.L. et al. Red List of the Tomsk Region. 3rd ed., rev. Tomsk, Elista, Russia: Prosvesh, 2023:579. (In Russ.)

Information about the author

Tatiana K. Zheleznova, DSc (Bio), Associate Professor, Head of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: larus-minutus@yandex.ru

The article was submitted to the editorial office
May 12, 2025
Approved after reviewing June 16, 2025
Accepted for publication June 28, 2025

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 598.112

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04>



Первые результаты применения пищевых каротиноидов при выращивании молоди *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata)

Владимир Олегович Ерашкин, Ксения Игоревна Андреева,
Дарья Владимировна Гурилова, Артем Александрович Кидов

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

Автор, ответственный за переписку: Владимир Олегович Ерашкин;
v.erashkin@mail.ru

Аннотация

Каротиноиды являются необходимыми веществами для организма животных, так как выполняют антиоксидантные функции и принимают участие в регулировании окраса. В связи с этим становится актуальной разработка методик применения синтетических и природных каротиноидов в кормлении. В работе представлены результаты изучения влияния каротиноидов при выращивании молоди средней ящерицы (*Lacerta media*). Животных ($n = 24$) разделяли поровну на две группы (контрольная и опытная), каждая группа выращивалась в трехкратной повторности. Перед началом эксперимента каждую особь метили, измеряли и взвешивали, а также фотографировали с дорсальной стороны тела. Ящерицы из опытной группы получали каротиноиды с пищей в каждое третье кормление путем обсыпания ими кормовых насекомых. По итогам исследований показано, что употребление каротиноидов в пищу не влияло на рост молоди средней ящерицы на протяжении всех периодов эксперимента. Однако при сравнении окраса особей по модели RGB выявлены статистически значимые отличия по параметрам синего и зеленого в течение всего эксперимента: контрольная группа превосходила по данному параметру опытную. Авторы считают, что данные отличия в окрасе обусловлены истощением у особей из контрольной группы верхнего пигментного слоя ксантофоров ввиду недостатка каротиноидов в пище, вследствие чего в окрасе преобладают сине-зеленые цвета, обусловленные действием нижележащего слоя иридофоров.

Ключевые слова

Настоящие ящерицы, окрас, рост, RGB

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Для цитирования

Ерашкин В.О., Андреева К.И., Гурилова Д.В., Кидов А.А. Влияние каротиноидов на рост и окрас молоди *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata) // Тимирязевский биологический журнал. Т. 3, № 2. С. 202532404. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04)

ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Research article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04>



Initial findings on the use of dietary carotenoids in the rearing of juveniles *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata)

Vladimir O. Erashkin, Ksenia I. Andreeva, Daria V. Guridova,
Artem A. Kidov

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

Corresponding author: Vladimir O. Erashkin; v.erashkin@mail.ru

Abstract

Carotenoids are essential substances for animal physiology, fulfilling antioxidant functions and participating in color regulation. Consequently, the development of methodologies for using synthetic and natural carotenoids in animal feeding is increasingly relevant. This study presents findings on the effects of carotenoids on the rearing of juvenile *Lacerta media*. Subjects (n = 24) were equally divided into two groups (control and experimental), with each group maintained in triplicate. Prior to the experiment, each individual was labeled, measured, and weighed, and a dorsal photograph was taken. Lizards in the experimental group received dietary carotenoid supplementation every third feeding via dusting of the insect prey. Results indicated that dietary carotenoid intake did not significantly affect the growth of juveniles *Lacerta media* across the experimental period. However, RGB model comparison of coloration revealed statistically significant differences in blue and green parameters throughout the study: the control group exhibited higher values for these parameters than the experimental group. The authors propose that these differences in coloration are attributable to the depletion of the upper xanthophore pigment layer in control group individuals due to carotenoid deficiency, resulting in a dominance of blue-green hues conferred by the underlying iridophore layer.

Keywords

Lacertidae, coloration, growth, RGB

Acknowledgments

The research was financially supported by the Development Program of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy within the framework of the ‘Priority-2030’ Strategic Academic Leadership Program.

Conflict of interest

The authors declare no relevant conflicts of interest.

For citation

Erashkin V.O., Andreeva K.I., Guridova D.V., Kidov A.A. Initial findings on the use of dietary carotenoids in the rearing of juveniles *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae, Squamata). *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532404. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-4-04)

Введение

Introduction

Органические пигменты каротиноиды широко распространены в организмах растений и животных, выполняя разнообразные функции, прежде всего – антиоксидантные [1, 2]. Для животных и человека экспериментально доказано, что каротиноиды могут предохранять от возникновения онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний и положительно воздействовать на ход их лечения [3-5]. Другое значение этой группы веществ заключается в способности влиять на окраску тела или его частей и органов, что особенно часто используется

в рыбоводстве и птицеводстве [6-8]. Немаловажным является также и то, что насыщенные цвета в окраске животных способны влиять на их социальный статус и репродуктивный успех [9-12].

Настоящие ящерицы (Lacertidae Bonaparte, 1831) являются одной из наиболее крупных по численности групп позвоночных животных в Палеарктике, играя важнейшую роль в функционировании трофических цепей [13]. Представители данной группы довольно разнообразны по внешнему виду, зачастую имеют яркую окраску и удобны в содержании, что делает их привлекательными для террариумистики и удобными модельными объектами для научных исследований [14-16]. В связи с этим ящериц данного семейства зачастую содержат

и разводят в искусственных условиях для проведения исследований.

Окраска для ящериц играет важную роль при взаимодействии с конспецификами. Так, у обыкновенной стенной ящерицы *Podarcis muralis* (Lauri, 1768) существует положительный отбор брачных партнеров по окраске брюха [11]. Схожие особенности поведения имеют и другие лацертиды [17, 18].

Средняя ящерица *Lacerta media* Lantz, Cyrén, 1920, – относительно крупный представитель семейства, населяющий биотопы средиземноморского генезиса в Передней Азии [19]. Наиболее широкое распространение получил номинативный подвид [20]. В России вид известен из Дагестана и Краснодарского края [21], причем популяция Черноморского побережья Кавказа внесена в Красную книгу Российской Федерации [22]. Разработка методов содержания и разведения этих крупных, ярко окрашенных ящериц имеет несомненную значимость не только для нужд террариумистики, но и для возможного восстановления утраченных или угасающих популяций западного Закавказья.

Цель исследований: оценка влияния коммерческих каротиноидов на рост, развитие и окраску молоди средней ящерицы в искусственной среде обитания.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований были годовалые особи *L. media* (n = 24), рожденные от животных, которые на протяжении ряда поколений содержались в лабораторных условиях. Задействованных животных делили поровну на две группы (12 особей в контрольной и 12 – в опытной) по три повторности в каждой. Перед началом исследований каждую особь индивидуально метили путем отрезания дистальной фаланги одного пальца на одной из конечностей, а также фотографировали с дорсальной стороны зеркальным фотоаппаратом Canon EOS70D KIT 18-135mm IS STM. У молоди измеряли длину тела электронным штангенциркулем с точностью 0,01 мм и массу с помощью электронных весов с точностью 0,01 г. Последующее измерение массы тела производили еженедельно, а измерение длины тела – через 2 и 3,5 месяца роста. Одновременно с измерениями длины тела особей повторно фотографировали.

Животных содержали по стандартной методике [23] в полипропиленовых контейнерах марки «Basic» (производитель – «Hoff», Россия) объемом 45 л, оборудованных ультрафиолетовой лампой мощностью 15W марки «Lucky Herp» (производитель – «Lucky Herp», КНР), локальным подогревом в виде нагревательного кабеля мощностью 80W марки «Repti Zoo» (производитель – Repti Zoo, КНР), укрытием, чашками Петри в качестве поилок

и кормушек. Раз в неделю проводили полную дезинфекцию всего оборудования. Субстратом выступила смесь из песка, торфа и коры лиственницы толщиной 2 см.

Основным кормом служили нимфы домового сверчка *Acheta domesticus* (Linnaeus, 1758) лабораторного разведения. Кормление ящериц осуществляли через день, учитывая массу заданного и оставшегося корма. Перед скармливанием насекомых в избытке присыпали кормовым мелом и витаминно-минеральной добавкой «Geckovite with D3» (производитель – Kate's Geckos Lab, Россия). При этом при каждом третьем кормлении ящерицам из опытной группы давали кормовых насекомых, обсыпанных предварительно каротиноидом синтетического происхождения «Cantax+» (производитель – Coppelens, Нидерланды).

В связи с тем, что исследуемый вид в природе впадает в гибернацию, в нашем исследовании для молоди средней ящерицы также имитировали период зимнего охлаждения в темном помещении с температурным режимом 8-15°C в течение трех месяцев. В результате период исследований был подразделен на два этапа: до зимовки (2 месяца роста) и после нее (1,5 месяца роста).

В качестве относительных показателей роста использовали значение кормового коэффициента, или коэффициента конверсии корма (затраты корма на единицу прироста массы животного), а также индекс кондиции тела, рассчитанный по формуле:

$$I = \frac{m^{\frac{1}{3}}}{SVL},$$

где I – индекс кондиции тела, $g^{1/3}/mm$; m – масса, г; SVL – длина тела, мм [24].

Для сравнительной оценки окраски дорсальной стороны тела исследуемой молоди полученные фотографии загружали в программу ImageJ, где производили анализ изображения по параметрам RGB (красный, зеленый, синий цвет) и яркости, используя плагин «RGB Measure».

Статистическую обработку полученных данных осуществляли при помощи пакета программ Microsoft Excel и Past 4.03. Рассчитывали среднюю арифметическую и стандартное отклонение ($M \pm SD$), а также размах признаков (min-max). Для оценки статистической значимости наблюдаемых различий в группе признаков был использован непараметрический критерий Манна-Уитни (U-test).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

За оба периода выращивания не было выявлено статистически значимых отличий между контрольной и опытной группами по всем исследуемым параметрам роста (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Рост молоди *Lacerta media* в экспериментальных группах

Growth of juvenile *Lacerta media* in experimental groups

Период эксперимента <i>Experimental period</i>	Показатель <i>Indicator</i>	$M \pm SD$ min-max		U	<i>p-level</i>
		контрольная группа <i>control group</i>	опытная группа <i>experimental group</i>		
Начало эксперимента <i>Beginning of the experiment</i>	масса, г <i>mass, g</i>	$7,37 \pm 2,257$ 3,66 – 11,75	$8,46 \pm 1,745$ 6,15 – 12,04	48,0	<i>p</i> >0,05
	длина тела, мм <i>body length, mm</i>	$66,238 \pm 6,359$ 52,61 – 76,49	$68,071 \pm 4,951$ 62,1 – 76,78	62,0	<i>p</i> >0,05
	$I, g^{1/3}/mm$ <i>I, g^{1/3}/mm</i>	$0,029 \pm 0,001$ 0,028 – 0,031	$0,030 \pm 0,001$ 0,028 – 0,032	45,5	<i>p</i> >0,05
Перед зимовкой (2 месяца роста) <i>Pre-hibernation (2 months of growth)</i>	масса, г <i>mass, g</i>	$8,865 \pm 2,082$ 4,12 – 11,72	$10,368 \pm 2,179$ 6,16 – 15,49	50,0	<i>p</i> >0,05
	длина тела, мм <i>body length, mm</i>	$70,14 \pm 6,477$ 57 – 79,18	$72,47 \pm 6,361$ 61,29 – 80,23	57,0	<i>p</i> >0,05
	коэффициент конверсии корма <i>feed conversion ratio</i>	$34,194 \pm 11,979$ 27,147 – 48,025	$32,337 \pm 6,052$ 26,788 – 38,792	4,0	<i>p</i> >0,05
	$I, g^{1/3}/mm$ <i>I, g^{1/3}/mm</i>	$0,029 \pm 0,003$ 0,026 – 0,037	$0,030 \pm 0,004$ 0,024 – 0,037	66,0	<i>p</i> >0,05
После зимовки (1,5 месяца роста) <i>Post-hibernation (1.5 months of growth)</i>	масса, г <i>mass, g</i>	$12,076 \pm 1,418$ 10,39 – 14,68	$13,121 \pm 3,094$ 6,38 – 17,46	40,0	<i>p</i> >0,05
	длина тела, мм <i>body length, mm</i>	$79,97 \pm 4,626$ 72,27 – 86,83	$77,34 \pm 6,103$ 65,36 – 84,37	27,0	<i>p</i> >0,05
	коэффициент конверсии корма <i>feed conversion ratio</i>	$26,857 \pm 12,233$ 13,996 – 38,346	$31,724 \pm 7,929$ 22,703 – 37,586	4,0	<i>p</i> >0,05
	$I, g^{1/3}/mm$ <i>I, g^{1/3}/mm</i>	$0,029 \pm 0,001$ 0,027 – 0,030	$0,029 \pm 0,001$ 0,028 – 0,031	17,5	<i>p</i> >0,05

Также нами отмечена идентичная траектория роста у молоди средней ящерицы из разных групп как в предзимовочный период, так и после периода зимнего охлаждения (рис. 1).

В начале эксперимента ящерицы имели схожий по исследуемым параметрам окрас: ни по одному из параметров не было выявлено значимых отличий. На всех этапах исследований нами не отмечено влияния пола на окрас ящериц. Впоследствии, через два месяца роста, показатели синего у контрольной группы статистически значимо превышали таковые у опытной группы (табл. 2). Стоит отметить, что в начале эксперимента особи в контрольной группе имели показатели синего ниже, чем в опытной группе. В период после гибернации данная тенденция сохранялась.

При этом ящерицы из опытной группы имели значительно меньшие показатели синего и зеленого по сравнению с показателями контрольной группы (рис. 2). Значения яркости на последнем этапе эксперимента также начали значительно различаться между группами.

Данные отличия в окрасе у молоди средней ящерицы указывают на прямое влияние введения каротиноидов в питание ящериц, что ранее описывали для других видов [25, 26]. Вероятно, преобладание показателей синего в контрольной группе объясняется определенным набором пигментных клеток (хроматофор) и их расположением в дерме. Так, у рептилий наиболее часто встречаются группами хроматофоры являются ксантофоры, меланофоры и иридофоры.

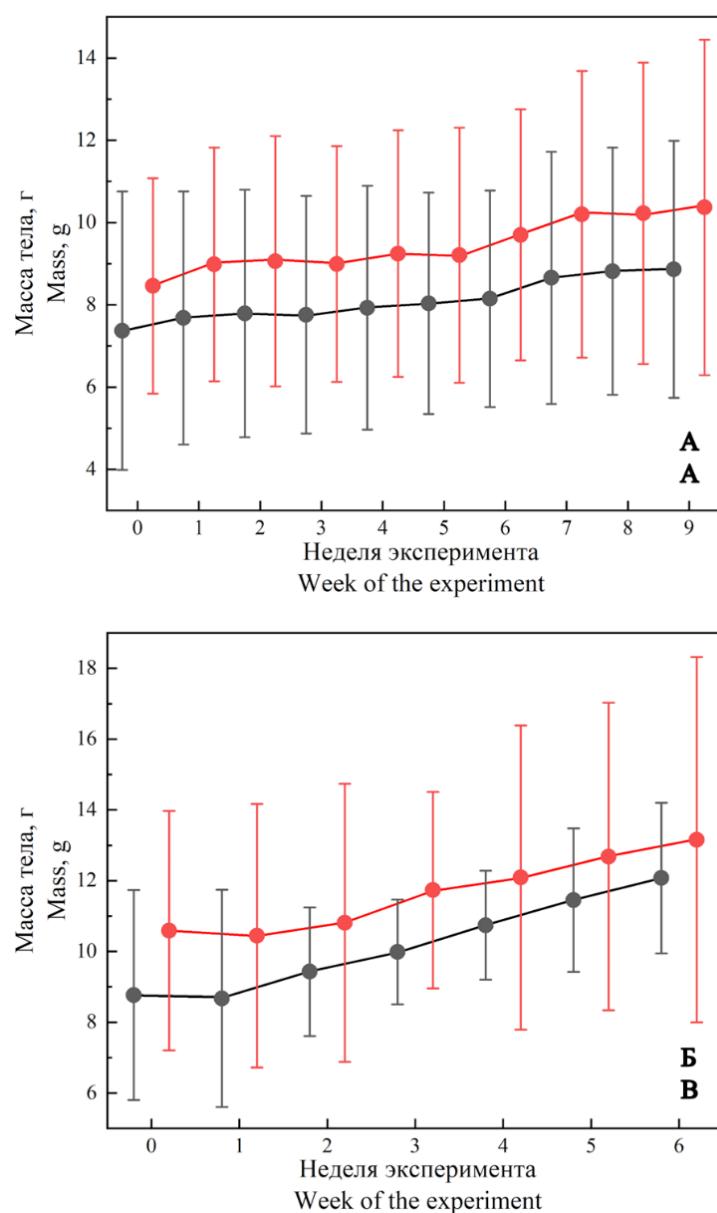


Рис. 1. Динамика массы тела молоди *Lacerta media* в периоды выращивания до зимовки (А) и после нее (Б). Черный цвет – контрольная группа; красный цвет – опытная группа

Fig. 1. Body mass dynamics of juveniles *Lacerta media* during the pre-hibernation (A) and post-hibernation (B) rearing periods. Black symbols: control group; red symbols: experimental group

Таблица 2 / Table 2

Сравнение показателей окраса молоди *Lacerta media*

Comparison of the color metrics of juveniles *Lacerta media*

Период эксперимента <i>Experimental period</i>	Показатель <i>Indicator</i>	$M \pm SD$ min-max		U	<i>p-level</i>
		контрольная группа <i>control group</i>	опытная группа <i>experimental group</i>		
Начало эксперимента <i>The beginning of the experiment</i>	красный <i>red</i>	$69,16 \pm 10,478$ 54,08 – 85,32	$74,16 \pm 11,730$ 54,04 – 89,63	49,0	$p > 0,05$
	зеленый <i>green</i>	$70,64 \pm 12,368$ 53,74 – 92,52	$79,40 \pm 15,860$ 53,59 – 106,27	48,0	$p > 0,05$
	синий <i>blue</i>	$48,07 \pm 6,959$ 36,43 – 60,78	$53,06 \pm 12,811$ 34,43 – 71,69	56,0	$p > 0,05$
	яркость <i>bright</i>	$67,62 \pm 10,334$ 51,85 – 83,36	$74,83 \pm 13,122$ 51,50 – 96,70	47,0	$p > 0,05$
Перед зимовкой (2 месяца роста) <i>Pre-hibernation (2 months of growth)</i>	красный <i>red</i>	$79,56 \pm 16,347$ 51,60 – 111,84	$77,34 \pm 17,541$ 58,20 – 121,02	63,0	$p > 0,05$
	зеленый <i>green</i>	$89,30 \pm 16,648$ 64,66 – 113,74	$79,98 \pm 14,071$ 65,27 – 114,62	49,0	$p > 0,05$
	синий <i>blue</i>	$67,27 \pm 14,261$ 48,87 – 88,62	$50,45 \pm 14,027$ 35,16 – 86,73	24,0	$p < 0,01$
	яркость <i>bright</i>	$83,87 \pm 15,680$ 58,95 – 108,22	$75,82 \pm 14,698$ 61,30 – 113,34	45,0	$p > 0,05$
После зимовки (1,5 месяца роста) <i>Post-hibernation (1.5 months of growth)</i>	красный <i>red</i>	$66,62 \pm 8,189$ 56,65 – 84,54	$66,77 \pm 7,261$ 59,62 – 85,33	56,0	$p > 0,05$
	зеленый <i>green</i>	$81,83 \pm 7,648$ 73,74 – 96,48	$71,21 \pm 5,753$ 61,48 – 83,08	11,0	$p < 0,01$
	синий <i>blue</i>	$60,62 \pm 6,601$ 52,67 – 71,12	$40,89 \pm 4,579$ 36,13 – 49,82	0,0	$p < 0,001$
	яркость <i>bright</i>	$75,85 \pm 7,091$ 66,58 – 90,01	$66,43 \pm 5,406$ 60,03 – 79,96	16,0	$p < 0,01$

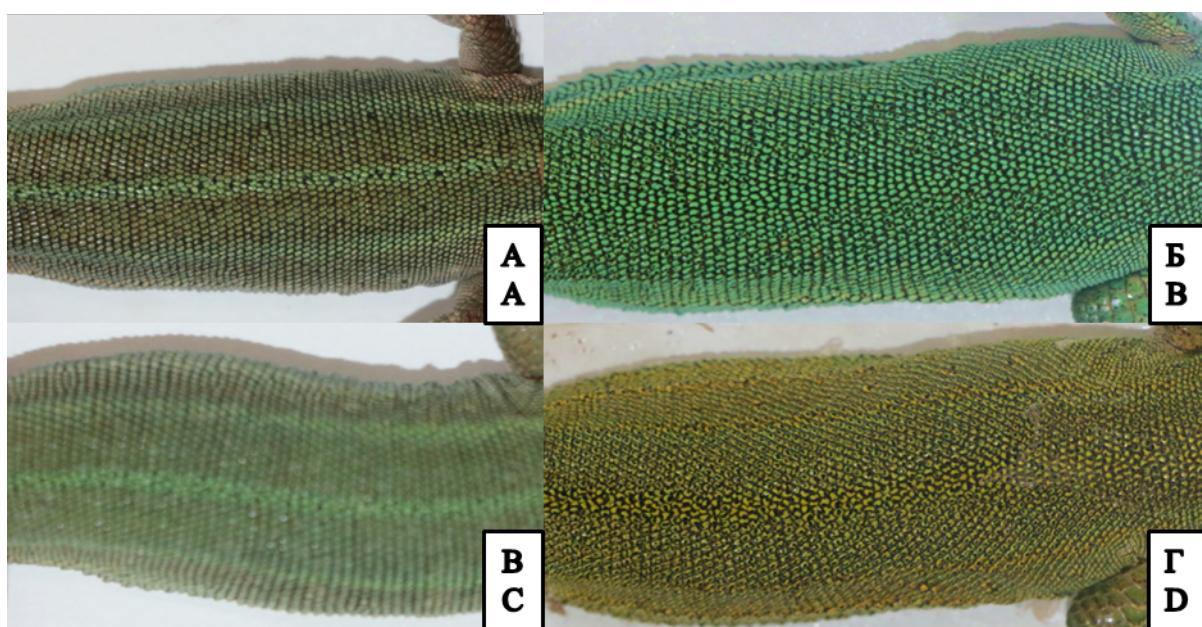


Рис. 2. Изменение окраса самцов из контрольной (А, Б) и опытной (В, Г) групп
Fig. 2. Coloration changes in control (A, B) and experimental (C, D) group males

Ксантофоры отвечают за красные и желтые цвета, и в них, помимо птеринов, синтезируемых самим организма, накапливаются каротиноиды, получаемые из пищи. Данный тип пигментных клеток располагается над всеми остальными. Ниже ксантофоров располагаются иридофоры – тип пигментных клеток, который за счет кристаллов в цитоплазме преломляет падающий на них свет и придает окраске животного сине-зеленые цвета [27].

По всей видимости, низкое содержание каротиноидов в рационе у особей из контрольной группы истощило верхний слой ксантофоров, в результате чего сине-зеленые цвета, получаемые ввиду действия нижележащих иридофоров, стали напрямую видимыми без смешения с красными и желтыми цветами. Вследствие этого у ящериц из контрольной группы значения синего и зеленого статистически значимо преобладали над таковыми у ящериц из опытной группы через 2 и 3,5 месяца роста. В опытной группе,

наоборот, благодаря более высокому содержанию каротиноидов в пище, в ксантофорах проходило их накопление, что обеспечивало желтые и красные оттенки в окрасе ящериц. Так, уже к последнему этапу исследований молодь из данной группы имела большие значения показателя красного в окрасе, однако разница на протяжении всего периода исследований оставалась незначительной.

Выводы

Conclusions

Введение каротиноидов в рацион молоди средней ящерицы не оказывает влияния на их рост, однако способствует появлению красных и желтых оттенков в окраске. Напротив, при выращивании на кормах без добавления каротиноидов в окрасе животных преобладают сине-зеленые цвета.

Список источников

1. Kiokias S., Gordon M.H. Dietary supplementation with a natural carotenoid mixture decreases oxidative stress. *European journal of clinical nutrition*. 2003;57(9):1135-1140. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601655>
2. Young A.J., Lowe G.L. Carotenoids – antioxidant properties. *Antioxidants*. 2018;7(2):28. <https://doi.org/10.3390/antiox7020028>
3. Mayne S.T. Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *The FASEB Journal*. 1996;10(7):690-701. <https://doi.org/10.1096/fasebj.10.7.8635686>

References

1. Kiokias S., Gordon M.H. Dietary supplementation with a natural carotenoid mixture decreases oxidative stress. *European journal of clinical nutrition*. 2003;57(9):1135-1140. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601655>
2. Young A.J., Lowe G.L. Carotenoids – Antioxidant Properties. *Antioxidants*. 2018;7(2):28. <https://doi.org/10.3390/antiox7020028>
3. Mayne S.T. Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *The FASEB Journal*. 1996;10(7):690-701. <https://doi.org/10.1096/fasebj.10.7.8635686>

4. Kritchevsky S.B. γ -Carotene, Carotenoids and the Prevention of Coronary Heart Disease. *The Journal of Nutrition*. 1999;129(1):5-8. <https://doi.org/10.1093/jn/129.1.5>
5. Merhan O. The Biochemistry and Antioxidant Properties of Carotenoids. In: *Carotenoids*. D.J. Cvetkovic, G.S. Nikolic (Eds). InTech. 2017:232. <https://doi.org/10.5772/67592>
6. Кошак Ж.В., Пономарева А.И., Рукшан Л.В., Кошак А.Э. и др. Оптимизация технологии производства каротиноидосодержащих комбикормов и оценка их эффективности при кормлении карпа // *Вестник Могилевского государственного университета продовольствия*. 2020; № 2 (29). С. 64-73. EDN: QEXPDI
7. Кощаев А.Г., Калюжный С.А., Кощаева О.В., Гавриленко Д.В. и др. Функциональные кормовые добавки из каротинсодержащего растительного сырья для птицеводства // *Политеаматический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 93. С. 334-343. EDN: RPZXOZ
8. Кавтарашвили А.Ш., Стефанова И.Л., Святкин В.С. Производство функциональных яиц. III. Роль каротиноидов (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54, № 4. С. 681-692. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.681rus>
9. Pryke S.R., Andersson S., Lawes M.J., Piper S.E. Carotenoid status signaling in captive and wild red-collared widowbirds: independent effects of badge size and color. *Behavioral Ecology*. 2002;13(5):622-631. <https://doi.org/10.1093/beheco/13.5.622>
10. Galán P. Ontogenetic and sexual variation in the coloration of the lacertid lizards *Iberolacerta monticola* and *Podarcis bocagei*. Do the females prefer the greener males? *Animal Biology*. 2008;58(2):173-198. <https://doi.org/10.1163/157075608X328026>
11. Pérez i de Lanuza G., Font E., Carazo P. Color-assortative mating in a color-polymorphic lacertid lizard. *Behavioral Ecology*. 2013;24(1):273-279. <https://doi.org/10.1093/beheco/ars164>
12. Names G., Martin M., Badiane A., Le Galliard J.F. The relative importance of body size and UV coloration in influencing male-male competition in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2019;73(7):98. <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2710-z>
13. Schoener T.W., Spiller D.A., Losos J.B. Predation on a common *Anolis* lizard: can the food-web effects of a devastating predator be reversed? *Ecological Monographs*. 2002;72(3):383-407. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2002\)072\[0383:POACAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2002)072[0383:POACAL]2.0.CO;2)
14. Кудрявцев С.В., Фролов В.Е., Королев А.В. *Террариум и его обитатели: Обзор видов и содержание в неволе*: Справочное пособие. Москва: Лесная промышленность, 1991. 349 с.
4. Kritchevsky S.B. γ -Carotene, Carotenoids and the Prevention of Coronary Heart Disease. *The Journal of Nutrition*. 1999;129(1):5-8. <https://doi.org/10.1093/jn/129.1.5>
5. Merhan O. The Biochemistry and Antioxidant Properties of Carotenoids. In: *Carotenoids*. D.J. Cvetkovic, G.S. Nikolic (Eds). InTech. 2017:232. <https://doi.org/10.5772/67592>
6. Koshak J.V., Ponovareva A.I., Rukshan L.V., Koshak A.E. et al. Optimization of the technological modes for production of compound feeds containing carotenoids and evaluation of the effectiveness of carp feeding. *Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovolstviya*. 2020;(2(29)):64-73. (In Russ.)
7. Koschaev A.G., Kalyuzhniy S.A., Koshchaeva O.V., Gavrilenco D.V. et al. Function feed additive of carotenoid vegetable raw materials for poultry. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2013;(93):334-343. (In Russ.)
8. Kavtarashvili A.Sh., Stefanova I.L., Svitkin V.S. Functional egg production. III. The role of the carotenoids. *Agricultural Biology*. 2019;54(4):681-692. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.681eng>
9. Pryke S.R., Andersson S., Lawes M.J., Piper S.E. Carotenoid status signaling in captive and wild red-collared widowbirds: independent effects of badge size and color. *Behavioral Ecology*. 2002;13(5):622-631. <https://doi.org/10.1093/beheco/13.5.622>
10. Galán P. Ontogenetic and sexual variation in the coloration of the lacertid lizards *Iberolacerta monticola* and *Podarcis bocagei*. Do the females prefer the greener males? *Animal Biology*. 2008;58(2):173-198. <https://doi.org/10.1163/157075608X328026>
11. Pérez i de Lanuza G., Font E., Carazo P. Color-assortative mating in a color-polymorphic lacertid lizard. *Behavioral Ecology*. 2013;24(1):273-279. <https://doi.org/10.1093/beheco/ars164>
12. Names G., Martin M., Badiane A., Le Galliard J.F. The relative importance of body size and UV coloration in influencing male-male competition in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2019;73(7):98. <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2710-z>
13. Schoener T.W., Spiller D.A., Losos J.B. Predation on a common *Anolis* lizard: can the food-web effects of a devastating predator be reversed? *Ecological Monographs*. 2002;72(3):383-407. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2002\)072\[0383:POACAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2002)072[0383:POACAL]2.0.CO;2)
14. Kudryavtsev S.V., Frolov V.E., Korolev A.V. *Terrarium and its inhabitants: Species overview and captive care: a reference manual*. Moscow, Russia: Lesnaya promyshlennost, 1991:349. (In Russ.)

15. Names G., Martin M., Badiane A., Le Galliard J.F. The relative importance of body size and UV coloration in influencing male-male competition in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2019;73:98. <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2710-z>
16. Thompson A., Kapsanaki V., Liwanag H.E., Pafilis P. et al. Some like it hotter: Differential thermal preferences among lizard color morphs. *Journal of Thermal Biology*. 2023;113:103532. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103532>
17. Jian W.X., Li T.W., Nugraha F.A.D., Liao C.P. et al. Color variation and mate choice in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2025;79(3):38. <https://doi.org/10.1007/s00265-025-03579-3>
18. Perez i de Lanuza G., Font E., Carretero M.Á. Colour assortative pairing in a colour polymorphic lizard is independent of population morph diversity. *The Science of Nature*. 2016;103:82. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1407-7>
19. Tuniyev B.S., Orlov N.L., Ananjeva N.B., Aghasyan A.L. *Snakes of the Caucasus: taxonomic diversity, distribution, conservation*. St. Petersburg, Moscow, Russia: KMK Scientific Press, 2019:276. EDN: UAFCDJ
20. Доронина М.А., Доронин И.В., Луконина С.А., Мазанаева Л.Ф. и др. Филогеография *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae: Sauria) по результатам анализа митохондриального гена цитохрома *b* // Генетика. 2022. Т. 58, № 2. С. 177-186. <https://doi.org/10.31857/S0016675822020035>
21. Дунаев Е.А., Орлова В.Ф. Земноводные и пресмыкающиеся России: Атлас-определитель. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Фитон XXI, 2017. 328 с. EDN: QKUCTH
22. Туниев Б.С. Средняя ящерица *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920. В: Амирханов А.М., Рожнов В.В., Ананьев Н.Б., Белоусова А.В. и др. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. 457-458. с. EDN: SHJFFC
23. Кидов А.А., Ерашкин В.О., Иванов А.А., Мазанаева Л.Ф. и др. 2024. Репродуктивная характеристика *Darevskia daghestanica* (Reptilia, Lacertidae) во Внутригорном Дагестане // Современная герпетология. 2024. Т. 24, № 1/2. С. 61-65. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-61-65>
24. Olsson M. Nuptial colouration in the sand lizard, *Lacerta agilis*: an intra-sexually selected cue to fighting ability. *Animal Behaviour*. 1994;48:607-613. <https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1280>
25. Ogilvy V., Fidgett A.L., Preziosi R.F. Differences in carotenoid accumulation among three feeder-cricket species: Implications for carotenoid delivery to captive insectivores. *Zoo Biology*. 2012;31:470-478. <https://doi.org/10.1002/zoo.20416>
15. Names G., Martin M., Badiane A., Le Galliard J.F. The relative importance of body size and UV coloration in influencing male-male competition in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2019;73:98. <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2710-z>
16. Thompson A., Kapsanaki V., Liwanag H.E., Pafilis P. et al. Some like it hotter: Differential thermal preferences among lizard color morphs. *Journal of Thermal Biology*. 2023;113:103532. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103532>
17. Jian W.X., Li T.W., Nugraha F.A.D., Liao C.P. et al. Color variation and mate choice in a lacertid lizard. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2025;79(3):38. <https://doi.org/10.1007/s00265-025-03579-3>
18. Perez i de Lanuza G., Font E., Carretero M.Á. Colour assortative pairing in a colour polymorphic lizard is independent of population morph diversity. *The Science of Nature*. 2016;103:82. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1407-7>
19. Tuniyev B.S., Orlov N.L., Ananjeva N.B., Aghasyan A.L. *Snakes of the Caucasus: taxonomic diversity, distribution, conservation*. St. Petersburg, Moscow, Russia: KMK Scientific Press, 2019:276. EDN: UAFCDJ
20. Doronina M.A., Doronin I.V., Lukonina S.A., Mazanaeva L.F. et al. Phylogeography of *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920 (Lacertidae: Sauria) Based on the Analysis of Mitochondrial Cytochrome b Gene. *Genetika*. 2022;58(2):171-180. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S102279542202003X>
21. Dunaev E.A., Orlova V.F. *Amphibians and Reptiles of Russia: An atlas-key*. 2nd ed., rev. and add. Moscow, Russia: Fiton XXI, 2017:328. (In Russ.)
22. Tuniyev B.S. *Lacerta media* Lantz et Cyrén, 1920. In: Амирханов А.М., Рожнов В.В., Ананьев Н.Б., Белоусова А.В. и др. Красная книга Российской Федерации. 2nd ed. Volume “Animals”. Moscow, Russia: VNII Ecology, 2021:457-458. (In Russ.)
23. Kidov A.A., Erashkin V.O., Ivanov A.A., Mazanaeva L.F. et al. Reproductive characteristics of *Darevskia daghestanica* (Reptilia, Lacertidae) in Intra-Mountain Dagestan. *Current Studies in Herpetology*. 2024;24(1/2):61-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2024-24-1-2-61-65>
24. Olsson M. Nuptial colouration in the sand lizard, *Lacerta agilis*: an intra-sexually selected cue to fighting ability. *Animal Behaviour*. 1994;48:607-613. <https://doi.org/10.1006/anbe.1994.1280>
25. Ogilvy V., Fidgett A.L., Preziosi R.F. Differences in carotenoid accumulation among three feeder-cricket species: Implications for carotenoid delivery to captive insectivores. *Zoo Biology*. 2012;31:470-478. <https://doi.org/10.1002/zoo.20416>

26. Judan Cruz K.G., Landinin E.P., Gajeton M.B., Fernando S.I.D. et al. Carotenoid coloration and coloration-linked gene expression in red tilapia (*Oreochromis sp.*) tissues. *BMC Veterinary Research*. 2021;17(1):314. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03006-5>
27. Taylor J.D., Hadley M.E. Chromatophores and color change in the lizard, *Anolis carolinensis*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*. 1970;104(2):282-294. <https://doi.org/10.1007/BF00309737>
26. Judan Cruz K.G., Landinin E.P., Gajeton M.B., Fernando S.I.D. et al. Carotenoid coloration and coloration-linked gene expression in red tilapia (*Oreochromis sp.*) tissues. *BMC Veterinary Research*. 2021;17(1):314. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03006-5>
27. Taylor J.D., Hadley M.E. Chromatophores and color change in the lizard, *Anolis carolinensis*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*. 1970;104(2):282-294. <https://doi.org/10.1007/BF00309737>

Сведения об авторах

Владимир Олегович Ерашкин, ассистент кафедры зоологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: v.erashkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1589-6340>

Ксения Игоревна Андреева, студент Института зоотехнии и биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: andreeva.34215@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-9441-3549>

Дарья Владимировна Гурилова, студент Института зоотехнии и биологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: guridova04@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-6531-1760>

Артем Александрович Кидов, заведующий кафедрой зоологии, канд. биол. наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kidov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9328-2470>

Статья поступила в редакцию 10.05.2025
Одобрена после рецензирования 16.06.2025
Принята к публикации 27.06.2025

26. Judan Cruz K.G., Landinin E.P., Gajeton M.B., Fernando S.I.D. et al. Carotenoid coloration and coloration-linked gene expression in red tilapia (*Oreochromis sp.*) tissues. *BMC Veterinary Research*. 2021;17(1):314. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03006-5>
27. Taylor J.D., Hadley M.E. Chromatophores and color change in the lizard, *Anolis carolinensis*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*. 1970;104(2):282-294. <https://doi.org/10.1007/BF00309737>

Information about the authors

Vladimir O. Erashkin, Assistant at the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: v.erashkin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1589-6340>

Ksenia I. Andreeva, student of the Institute of Animal Sciences and Biology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: andreeva.34215@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-9441-3549>

Daria V. Guridova, student of the Institute of Animal Sciences and Biology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: guridova04@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-6531-1760>

Artem A. Kidov, CSc (Bio), Professor, Head of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: kidov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9328-2470>

The article was submitted to the editorial office
May 10, 2025
Approved after reviewing June 16, 2025
Accepted for publication June 27, 2025

ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ /
SOIL SCIENCE, LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Оригинальная научная статья

УДК 633.16: 631.811.982: 631.445.2

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>



**Влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.)
при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве**

**Юлия Евгеньевна Гусева, Алексей Максимович Пронин,
Галина Алексеевна Смолина**

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

Автор, ответственный за переписку: Юлия Евгеньевна Гусева;
uguseva@rgau-msha.ru

Аннотация

Кофейная гуща богата питательными веществами, содержит высокое количество белков, масел, волокон, фенольных и других соединений. Она может быть перспективным источником элементов питания для растений, улучшить водный, воздушный, тепловой режимы почв, повысить плодородие сельскохозяйственных угодий. Центральное место в структуре мирового и национального сельскохозяйственного производства занимает яровой ячмень, который является одной из ведущих зерновых культур с широким спектром применения в продовольственной, кормовой и технической сферах. Ячмень играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, особенно в условиях роста мирового населения и изменения климата. В связи с этим целью исследований было в условиях вегетационных опытов установить влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. В результате проведенных исследований определено, что внесение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное действие на рост и развитие ярового ячменя, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка увеличивается с повышением норм его применения. Однако при совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений выход зерна сельскохозяйственной культуры увеличился в 1,9 раза по сравнению с применением отхода в чистом виде и не уступал урожаю основной продукции, полученному в варианте NPK. Внесение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания и сбора сырого протеина основной продукцией зерновой культуры. Наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном применении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,2 раза. Использование кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд, или на 35,5-95,8% по отношению к контролю. Наибольший сбор жира основной продукцией сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, когда составил 211-212 г/сосуд, превышая контроль в 1,3 раза.

Ключевые слова

кофе, жмых, кофейная гуща, удобрения, дерново-подзолистая почва, яровой ячмень, влияние кофейного жмыха на урожай

Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Для цитирования

Гусева Ю.Е., Пронин А.М., Смолина Г.А. Влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532601. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>

SOIL SCIENCE

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>



Effect of coffee grounds on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) yield on sod-podzolic medium loamy soil

Julia E. Guseva, Alexei M. Pronin, Galina A. Smolina

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

Corresponding author: Julia E. Guseva; uguseva@rgau-msha.ru

Abstract

Coffee grounds are rich in nutrients, containing high levels of proteins, oils, fibers, phenolic compounds, and other beneficial substances. Coffee grounds can be a promising source of nutrients for plants, improving water, air, and thermal regimes in soils and increasing the fertility of agricultural lands. Spring barley holds a central place in global and national agricultural production, as it is a leading grain crop with diverse applications in food, animal feed, and industrial sectors. Barley plays a key role in ensuring food security, especially in the context of global population growth and climate change. Therefore, the goal of this research was to determine the effect of coffee grounds on the yield of Vakula spring barley grown on sod-podzolic medium loamy soil in vegetation experiments. Our studies have shown that applying pure coffee grounds has a negative effect on the growth and development of spring barley. The phytotoxicity of the leached coffee residue increased with higher application rates. However, when coffee grounds were applied in combination with mineral fertilizers, the grain yield increased 1.9-fold compared to the application of pure coffee grounds and was comparable to the yield obtained with the NPK fertilizer treatment. Applying pure coffee grounds decreased both the crude protein content and its total yield in the grain crop. The highest starch yield was observed with the combined application of coffee grounds and mineral fertilizer, reaching 8 g/vessel, which was 1.2 times greater than the control. Applying pure coffee grounds reduced the starch yield in spring barley grain by 2.3-6.2 g/vessel, or 35.5-95.8%, compared to the control. The highest fat yield was observed with complete mineral fertilizer and with the combined application of coffee grounds and NPK fertilizer, reaching 211-212 g/vessel, 1.3 times greater than the control.

Keywords

Coffee, coffee puck, coffee grounds, fertilizers, sod-podzolic soil, spring barley, effect of coffee cake on the yield

Acknowledgments

The work was carried out using funds from the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program "Priority 2030".

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Guseva J.E., Pronin A.M., Smolina G.A. Effect of coffee grounds on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) yield on sod-podzolic medium loamy soil. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532601. [http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01](https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01)

Введение

Introduction

Ежегодно во всем мире выпивается более 500 млрд чашек кофе. При этом остается большое количество кофейного жмыха – отхода после экстракции кофейного напитка или масла из зерен, который является ценным материалом для сельского хозяйства. Кофейная гуща богата питательными веществами [1], содержит высокое количество белков, масел, волокон, фенольных и других соединений [2]. Она может быть перспективным источником элементов питания для растений, улучшить

водный, воздушный, тепловой режимы почв, повысить плодородие сельскохозяйственных угодий. Применение кофейного жмыха способствует активации микробиоценоза почвы, стимулирует деятельность азотфиксацирующих и фосфатомобилизующих бактерий – таких, как *Azotobacter* spp. и *Bacillus* spp., что увеличивает доступность питательных веществ для растений [3, 4]. Использование большого количества синтетических удобрений – проблема глобального масштаба ввиду их отрицательного действия на окружающую среду [5], поэтому необходимо найти эффективную замену химических удобрений. Применение кофейного

жмыха, который содержит высокое количество питательных веществ, может улучшить структуру почвы, ее плодородие, а также увеличить продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур [4, 6].

Центральное место в структуре мирового и национального сельскохозяйственного производства занимает яровой ячмень, который является одной из ведущих зерновых культур с широким спектром применения в продовольственной, кормовой и технической сферах [7]. Ячмень играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, особенно в условиях роста мирового населения и изменения климата. Экономическое значение зерновой культуры усиливается ее экспортным потенциалом. Россия является одним из крупнейших экспортёров ячменя, поставляя его значительные объемы на рынки Ближнего Востока, Северной Африки и Азии.

Цель исследований: установить влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

Методика исследований Research method

На кафедре агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева были проведены два вегетационных опыта по изучению влияния разных доз кофейного жмыха, а также сочетания вышеизложенного остатка кофейного напитка с минеральными удобрениями на продуктивность ярового ячменя сорта Вакула. Дерново-подзолистую среднесуглинистую почву отбирали с пахотного горизонта опытного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Агрохимическая характеристика почвы была следующей: содержание гумуса по Тюрину – 1,8% (ГОСТ 26213-2021); pH_{KCl} – 5,4 ед. (ГОСТ 26483-85); H_t – 1,8 ммоль-экв/100 г почвы (ГОСТ 26212-2021); S – 12,2 ммоль-экв/100 г почвы (ГОСТ 27821-2020); V – 87%; содержание подвижного фосфора – 353 мг/кг почвы, подвижного калия – 251 мг/кг почвы (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011).

Объектом исследований являлся яровой ячмень сорта Вакула. Это сорт универсального назначения, отличающийся высокой урожайностью и устойчивостью к полеганию.

Опыты проводили по общепринятым методикам в 4-кратной повторности. Растения ярового ячменя выращивали в сосудах Митчерлиха, вмещающих 5,2 кг почвы.

Схема первого опыта состояла из четырех вариантов: 1. Контроль (без удобрений). 2. NPK. 3. Кофейный жмых. 4. $\frac{1}{2}$ NPK + $\frac{1}{2}$ кофейного жмыха.

Дозы удобрений (г питательного вещества/кг почвы) в вегетационных опытах с почвенными культурами были взяты согласно рекомендациям для зерновых (по Журбицкому): 0,15 г N/кг; 0,10 г P_2O_5 /кг; 0,10 г K_2O /кг [8]. Азот вносили в виде аммиачной селитры в дозе 0,454 г (150 мг N) на 1 кг почвы. Фосфорные удобрения применяли в видеmonoфосфата калия в дозе 0,192 г/кг почвы (100 мг P_2O_5 /кг почвы). В качестве калийных удобрений использовали смесь monoфосфата калия и хлористого калия из расчета 0,192 г KH_2PO_4 и 0,05 г KCl (100 мг K_2O) на 1 кг почвы. Содержание питательных веществ в кофейном жмыхе определяли после мокрого озоления: азота – по методу Кельдаля, фосфора – по Е. Труогу и А. Мейеру, калия – пламенно-фотометрическим методом [8]; в кофейном жмыхе: N – 2,16%, P_2O_5 – 0,1%, K_2O – 0,5%. С учетом 6 группы обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия доза кофейного жмыха рассчитывалась по содержанию в нем азота. Содержание макроэлемента в кофейном жмыхе составляло 2,16%. Для внесения требуемого количества азота (0,15 г N/кг почвы) с отходом было необходимо 6,9 г кофейного жмыха на 1 кг почвы, при применении половины от полной нормы – 3,45 г/кг почвы.

Схема второго опыта состояла из 6 вариантов: контроля (без удобрений) и вариантов с применением кофейного жмыха в нормах 20 г/сосуд, 36, 60, 120 и 180 г/сосуд. В связи с недостаточностью данных дозы отхода на уровне низких значений были выбраны для определения оптимальной нормы кофейного жмыха для роста и развития ярового ячменя, на уровне высоких значений – для установления токсичного для культуры количества вышеизложенного остатка кофейного напитка.

Посев ярового ячменя проводили сухими семенами в оптимальные для Московской области сроки. После появления всходов в каждом сосуде оставляли по 25 растений. Уборку урожая ярового ячменя проводили в августе при полной спелости зерна. Содержание общего азота в зерне и соломе ярового ячменя определяли после мокрого озоления по Кельдалю [8]; содержание сырого протеина, крахмала, жира в основной продукции зерновой культуры устанавливали на анализаторе ИК-Фурье МРА II. Математическую обработку результатов проводили с помощью дисперсионного анализа [8].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Проведенные исследования показали, что применение кофейного жмыха влияет на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Результаты действия минеральных удобрений и кофейного жмыха на урожай зерновой культуры

и вынос азота растениями (опыт 1) представлены в таблице 1.

Полученные данные показывают четкую зависимость величины урожая ярового ячменя и применяемых удобрений. Наибольший выход зерна и соломы сельскохозяйственной культуры отмечен в варианте с внесением только минеральных удобрений. Так, урожай зерна в варианте NPK составляет 13,4 г/сосуд, соломы – 16,4 г/сосуд, что выше контроля на 23 и 87,5% соответственно. Применение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное действие на рост и развитие зерновой культуры: урожай основной продукции – на 36,3% ниже контроля, соломы – на 27,4%. При совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений получен высокий урожай зерна, как и в варианте с применением только минеральных удобрений, причем соотношение зерна и соломы составляло 1,2:1, то есть урожайность зерна пре-восходила массу соломы в 1,2 раза.

При применении кофейного жмыха с низким содержанием P_2O_5 в чистом виде зерновая культура испытывала недостаток фосфора, задерживалася рост растений, снижался урожай ярового ячменя. Добавление к отходу минеральных удобрений улучшило фосфорное питание растений, позволило культуре более полно использовать азот и калий из самого кофейного жмыха, в связи с чем выход зерна и соломы находился в данном варианте на достаточно высоком уровне. Также снизилась доза

вносимого кофейного отхода, а в связи с этим – и количество поступивших в почву кофеина, фенольных веществ, которые могут подавлять рост и развитие сельскохозяйственной культуры [9, 10].

Общий вынос азота растениями ярового ячменя сорта Вакула в первом опыте колебался от 108 до 437 мг/сосуд. Наибольшие значения выноса макроэлемента отмечены при внесении только минеральных удобрений, превышение контроля составляет 116%. В данном варианте отмечается высокое содержание азота в зерне и соломе ярового ячменя. Применение выщелоченного остатка кофейного напитка в чистом виде снижает содержание органогенного элемента питания в основной продукции на 21%, в побочной – на 9%, а также его вынос сельскохозяйственной культурой на 49 и 34% соответственно по сравнению с контролем. Совместное внесение кофейного жмыха и минеральных удобрений позволяет не только повысить урожай зерновой культуры, но и увеличить вынос азота растениями ярового ячменя на 23% по сравнению с вариантом без применения удобрений. При сочетании отхода изготовления кофе и минеральных удобрений также отмечается достоверное увеличение содержание азота в соломе зерновой культуры.

Результаты действия повышающихся доз кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула и вынос азота растениями (опыт 2) представлены в таблице 2.

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений и кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула, содержание и вынос азота растениями (опыт 1)

Вариант опыта	Урожай, г/сосуд			Содержание азота, %		Вынос азота, мг/сосуд		
	зерно	солома	всего	зерно	солома	зерно	солома	всего
Контроль	10,9	8,7	19,6	1,50	0,45	163	39	202
NPK	13,4	16,4	29,8	2,48	0,64	332	105	437
Кофейный жмых	6,9	6,3	13,3	1,19	0,41	82	26	108
1/2 Кофейный жмых + 1/2 NPK	13,4	11,1	24,5	1,43	0,51	191	57	248
HCP ₀₅	0,9	0,7	0,9	0,09	0,03	11	4	18

Table 1

Effect of mineral fertilizers and coffee grounds on the yield of Vakula spring barley, nitrogen content and yield by plants (experiment 1)

Experiment Option	Yield, g/vessel			Nitrogen content, %		Nitrogen yield, mg/vessel		
	corn	straw	total	corn	straw	corn	straw	total
Control	10.9	8.7	19.6	1.50	0.45	163	39	202
NPK	13.4	16.4	29.8	2.48	0.64	332	105	437
Coffee grounds	6.9	6.3	13.3	1.19	0.41	82	26	108
½ Coffee grounds + ½ NPK	13.4	11.1	24.5	1.43	0.51	191	57	248
NSR ₀₅	0.9	0.7	0.9	0.09	0.03	11	4	18

Таблица 2

Влияние повышающихся доз кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула, содержание и вынос азота растениями (опыт 2)

Вариант	Урожай, г/сосуд			Содержание азота, %		Вынос азота, мг/сосуд		
	зерно	солома	всего	зерно	солома	зерно	солома	всего
Контроль	10,9	8,7	19,6	1,50	0,45	163	39	202
Кофейный жмых 20 г/сосуд	4,0	7,9	11,9	1,42	0,49	57	38	96
Кофейный жмых 36 г/сосуд	6,9	6,3	13,3	1,19	0,41	82	26	108
Кофейный жмых 60 г/сосуд	2,1	4,3	6,4	1,43	0,52	31	22	53
Кофейный жмых 120 г/сосуд	0,5	2,5	2,9	0,00	0,60	0	15	15
Кофейный жмых 180 г/сосуд	0,0	1,8	1,8	0,00	0,84	0	15	15
HCP ₀₅	0,9	0,5	0,9	0,10	0,05	6	2	7

Table 2

Effect of increasing doses of coffee grounds on the yield of Vakula spring barley, nitrogen content and yield by plants (experiment 2)

Experiment Option	Yield, g/vessel			Nitrogen content, %		Nitrogen yield, mg/vessel		
	corn	straw	total	corn	straw	corn	straw	total
Control	10.9	8.7	19.6	1.50	0.45	163	39	202
Coffee grounds 20 g/vessel	4.0	7.9	11.9	1.42	0.49	57	38	96
Coffee grounds 36 g/vessel	6.9	6.3	13.3	1.19	0.41	82	26	108
Coffee grounds 60 g/vessel	2.1	4.3	6.4	1.43	0.52	31	22	53
Coffee grounds 120 g/vessel	0.5	2.5	2.9	0.00	0.60	0	15	15
Coffee grounds 180 g/vessel	0.0	1.8	1.8	0.00	0.84	0	15	15
NSR ₀₅	0.9	0.5	0.9	0.10	0.04	6	2	7

Согласно результатам проведенного вегетационного опыта применение только свежего кофейного жмыха снижает рост и ухудшает развитие ярового ячменя сорта Вакула, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка зависит от нормы его внесения. Так, дозозависимый токсический эффект кофейного жмыха на продуктивность ярового ячменя обусловлен, вероятно, содержанием в нем таких соединений, как кофеин, свободные фенолы, полифенолы, органические кислоты, которые могут угнетать рост и развитие сельскохозяйственной культуры [9, 10].

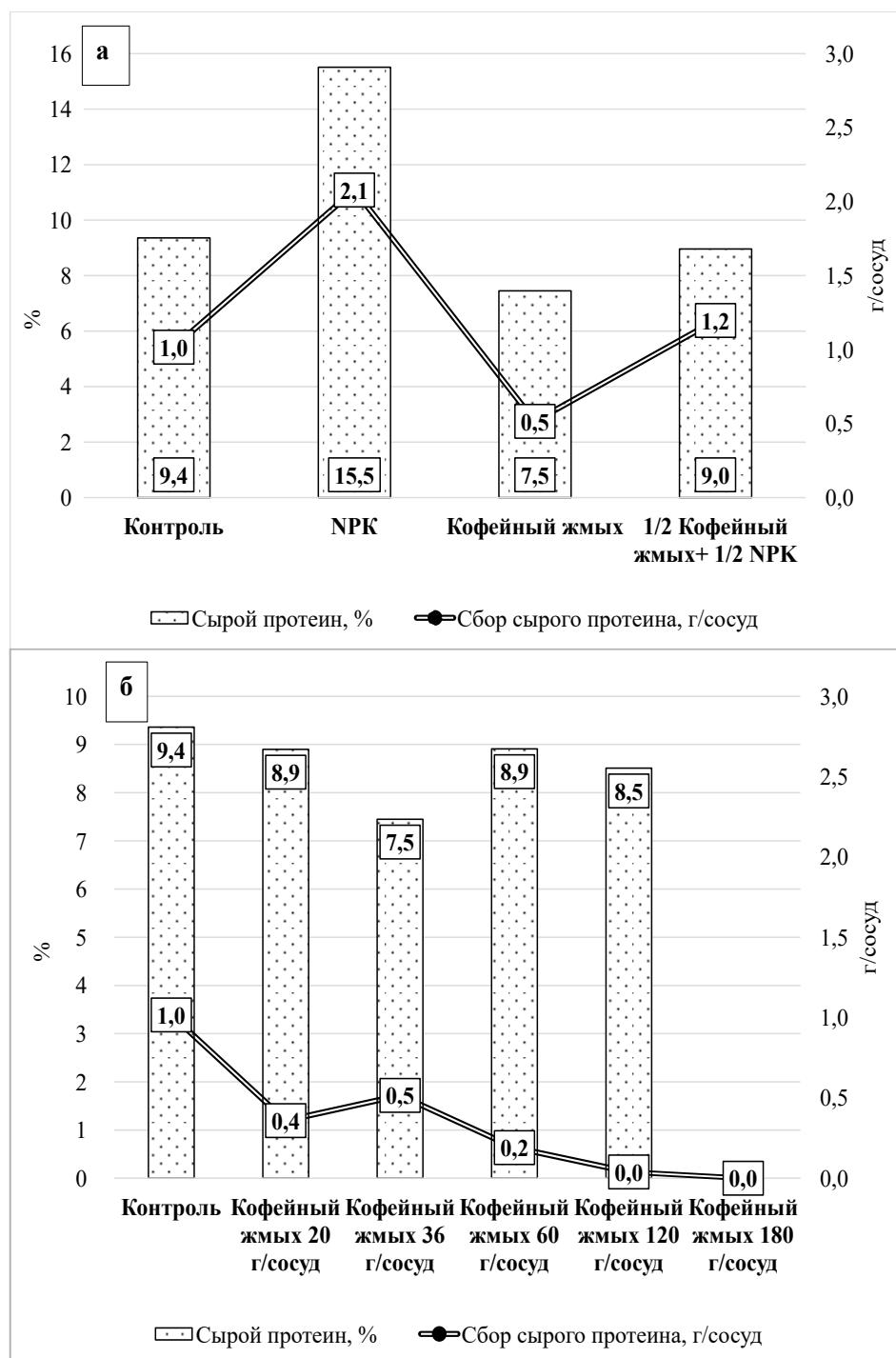
Общий вынос азота растениями ярового ячменя сорта Вакула во втором опыте находился в пределах от 15 до 202 г/сосуд. По данному показателю прослеживается та же закономерность: с увеличением нормы внесения кофейного жмыха вынос

зерновой культурой макроэлемента снижается. Так, наибольший вынос азота растениями сельскохозяйственной культуры отмечен в варианте без применения удобрений, составив 202 г/сосуд.

Внесение кофейного жмыха в нормах 20-60 г/сосуд снижает вынос органогенного элемента питания на 46-74%, при увеличении дозы отхода изготовления кофе до 120-180 г/сосуд показатель уменьшается на 93% по сравнению с контролем. С повышением норм вносимого выщелоченного остатка кофейного напитка отмечается увеличение содержания азота в соломе зерновой культуры; достоверное превышение контроля зафиксировано при применении кофейного жмыха в нормах 60 г/сосуд, 120 и 180 г/сосуд; содержание органогенного элемента выше показателя в варианте без внесения удобрений – на 16, 33 и 87% соответственно.

Применение кофейного жмыха влияет на содержание органических веществ в зерне ярового ячменя сорта Вакула (рис. 1-3). Внесение полного минерального удобрения улучшало азотное питание растений зерновой культуры, содержание в основной продукции ячменя сырого протеина составляло 15,5%, превышая контроль на 6,2% (рис. 1). Применение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания

и сбора сырого протеина зерном ярового ячменя. Достоверное уменьшение показателя зафиксировано при применении отхода приготовления кофе в дозе 36 г/сосуд, содержание сырого протеина ниже контроля на 20,4%, сбор питательного вещества – на 49,3%. Добавление кофейного жмыха к NPK несущественно снизило содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя по сравнению с вариантом без удобрений.



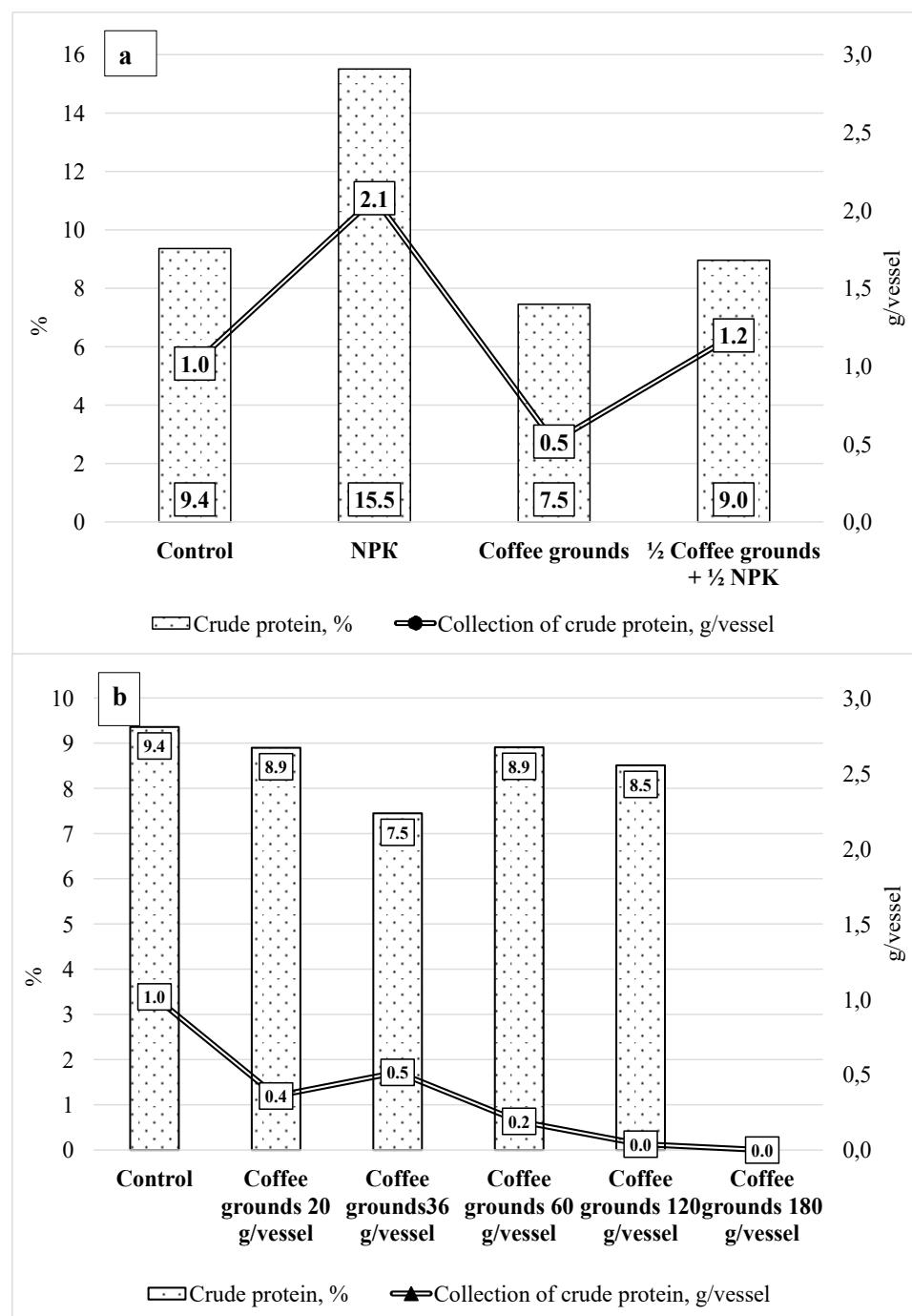


Fig. 1. Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (g/vessel) (graph on the right scale) of crude protein in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author's calculations]

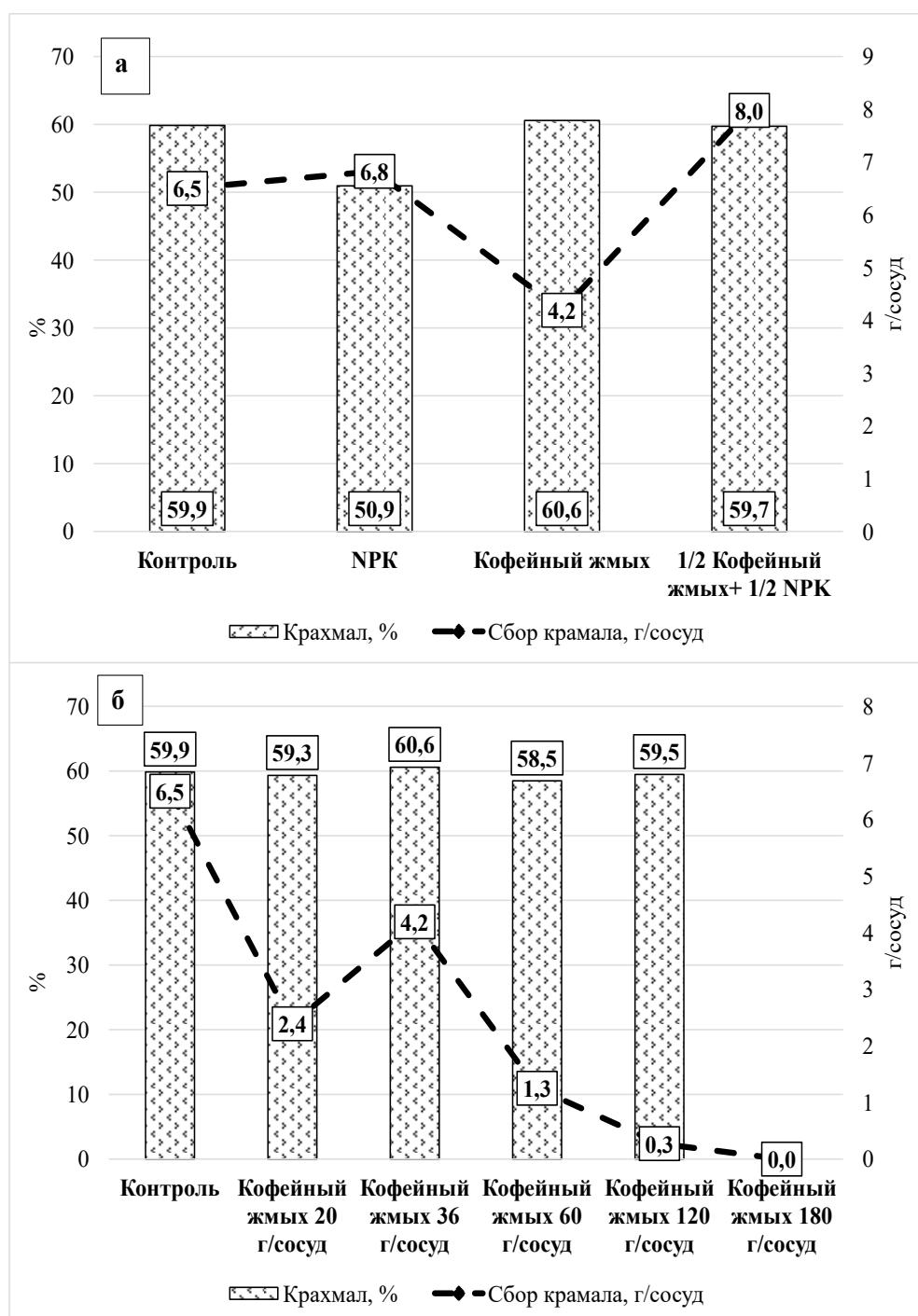
Содержание крахмала в зерне ярового ячменя зависело от вида удобрений и нормы внесения кофейного жмыха (рис. 2). Применение полного минерального удобрения снизило содержание питательного вещества в основной продукции зерновой культуры на 8,9% по сравнению с контролем. Это может быть связано с перераспределением ассимилятов в сторону белкового синтеза, что подтверждается увеличением содержания сырого протеина в зерне в этом же варианте. Добавление к минеральному удобрению кофейного жмыха

или внесение остатка приготовления кофе в чистом виде в дозах 20-120 г/сосуд несущественно изменили содержание крахмала в зерне ярового ячменя. Однако стоит отметить, что наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном внесении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,2 раза. Применение кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд, или на 35,5-95,8% по отношению к контролю.

Внесение кофейного жмыха не оказалось существенного влияния на содержание в зерне ярового ячменя жира. Однако сбор питательного вещества зависел от вносимых удобрений (рис. 3). Наибольший сбор жира зерном сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, составив 211-212 г/сосуд, превысив контроль в 1,3 раза. Внесение выщелоченного остатка

кофейного напитка в чистом виде снижало сбор питательного вещества на 35-95% по сравнению с контролем.

При применении кофейного жмыха в дозе 180 г/сосуд содержание и сбор питательных веществ в основной продукции зерновой культуры не определялись в связи с отсутствием материала для проведения анализа на фоне угнетения развития генеративных органов сельскохозяйственной культуры.



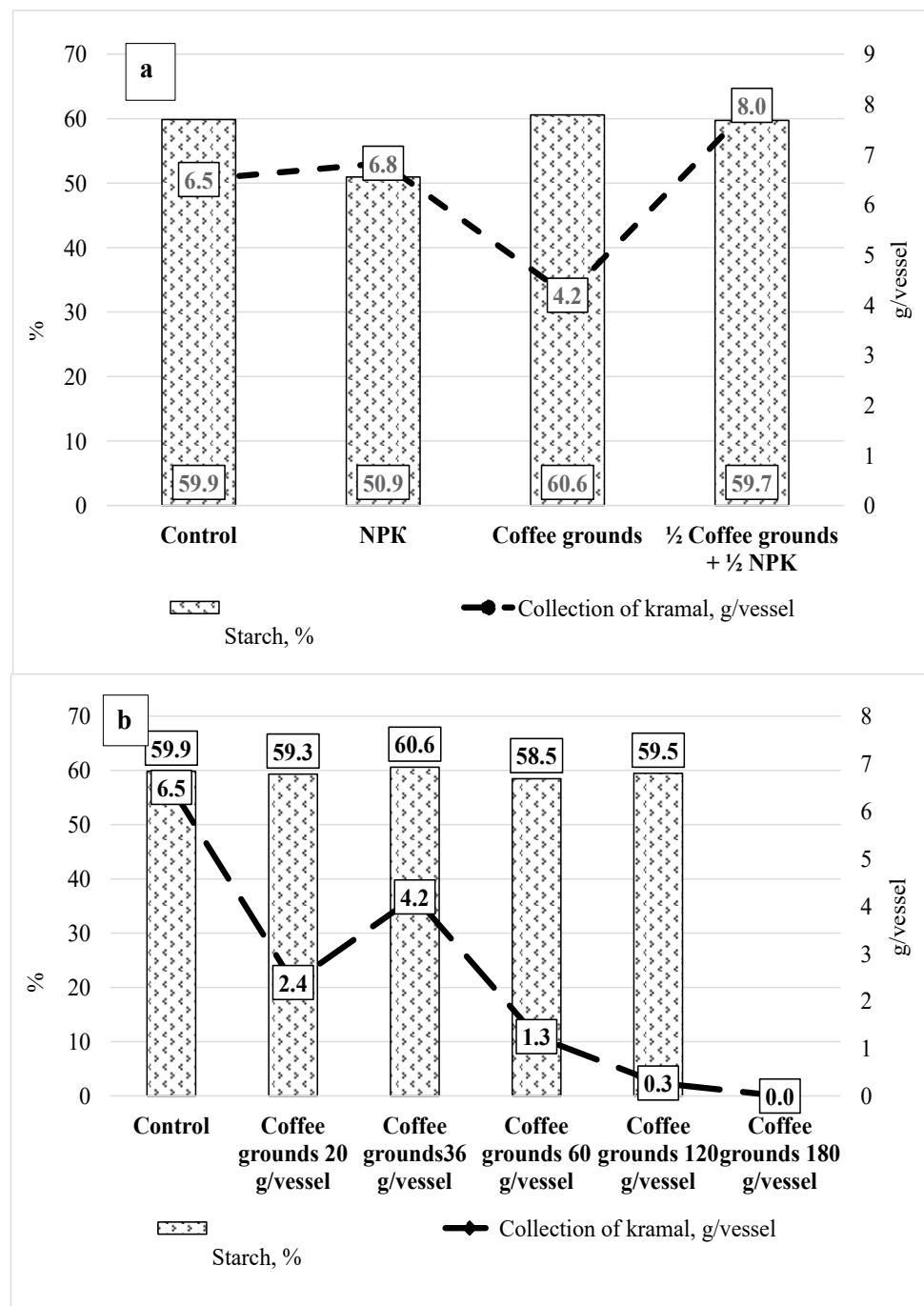


Fig. 2. Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (g/vessel) (graph on the right scale) of starch in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author's calculations]

Таким образом, в связи с содержанием в выщелоченном остатке кофейного напитка кофеина, свободных фенолов и полифенолов, влияющих на многие биохимические реакции и физиологические процессы [11-14], внесение кофейного жмыха в чистом виде угнетает рост и развитие растений. Так, фенольные аллехимические вещества могут повышать проницаемость клеточной мембраны и активность мембраносвязанных ферментов, что приводит к изменениям в энергетических

и метаболических процессах, потере клетками содержимого и к повышению уровня перекисного окисления липидов [15]. Фенолы, полифенолы и продукты их окисления действуют как метаболические «яды». В результате влияния фенольных веществ на деление и элонгацию клеток, а также деструктивные изменения рост клеток замедляется, растительная ткань погибает [12, 16], что и наблюдалось при внесении кофейного жмыха, особенно в высоких дозах (табл. 1, 2, рис. 1-3).

Урожай и качество зерна ярового ячменя во многом зависят от минерального питания растений – в частности, от обеспеченности сельскохозяйственной культуры фосфором [17]. При недостатке макроэлемента в тканях растений накапливается нитратный азот, а синтез белков замедляется, что и наблюдалось при применении кофейного жмыха с низким содержанием фосфора; вынос азота культурой (табл. 1, 2), а также содержание и сбор сырого протеина зерном ярового ячменя (рис. 1) снижались. С участием фосфора осуществляется также

углеводный обмен в растениях. Сбор крахмала при внесении кофейного жмыха уменьшался с увеличением дозы отхода (рис. 2). При недостатке фосфора приостанавливается рост стеблей, листьев, резко снижается семенная продуктивность (что также было отмечено); с увеличением норм внесения выщелоченного остатка кофейного напитка понижался урожай зерновой культуры, уменьшался вынос азота растениями; при внесении 180 г/сосуд кофейного жмыха отмечалось отсутствие основной продукции культуры.

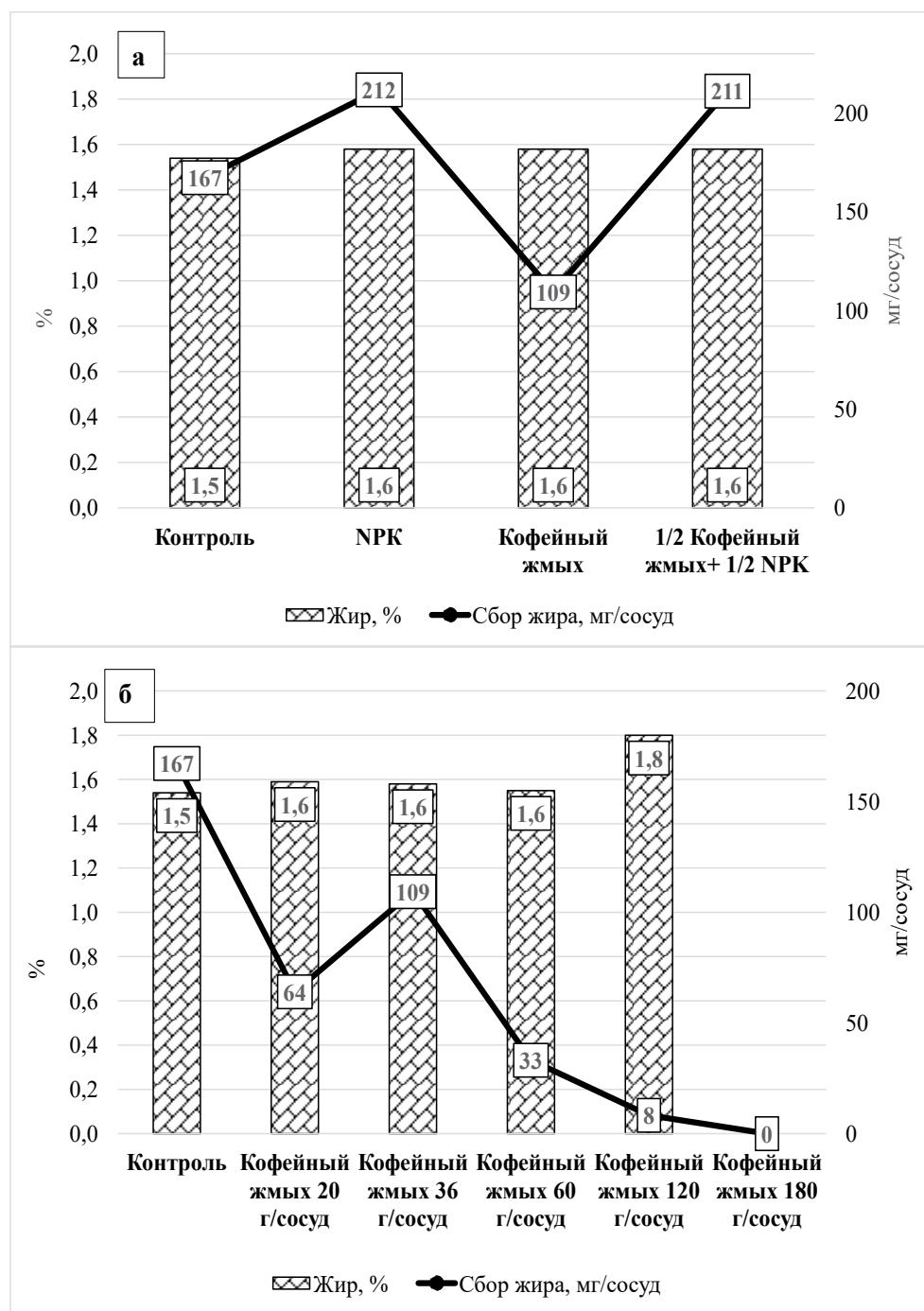


Рис. 3. Влияние кофейного жмыха на содержание, % (гистограмма по левой шкале), и сбор, мг/сосуд (график по правой шкале), жира зерном ярового ячменя: опыт 1 (а), опыт 2 (б) (расчеты авторов)

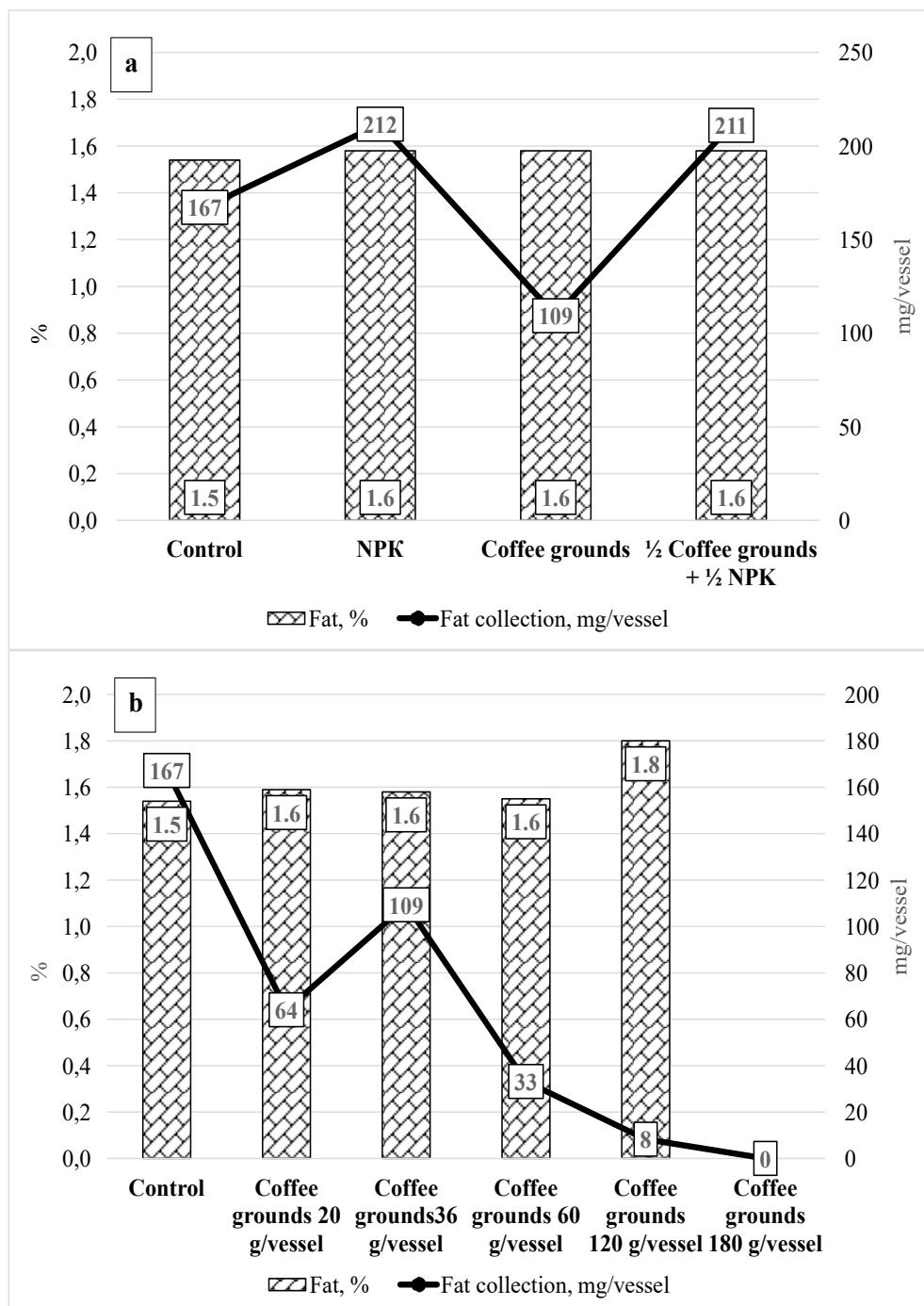


Fig. 3. Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (mg/vessel) (graph on the right scale) of fat in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author's calculations]

Выводы

Conclusions

Внесение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие ярового ячменя сорта Вакула, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка увеличивается с повышением норм его применения. При внесении 20 г/сосуд кофейного жмыха урожай

зерна сельскохозяйственной культуры снизился на 62,9% по сравнению с контролем; при внесении 60 г/сосуд – на 80,3; 120 г/сосуд – на 95,8%. При применении 180 г/сосуд отхода изготовления кофе наблюдалась полная потеря основной продукции ярового ячменя. Однако при совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений выход зерна сельскохозяйственной культуры увеличился в 1,9 раза по сравнению с применением отхода в чистом виде

и не уступал урожаю основной продукции, полученному в варианте NPK.

С повышением нормы внесения кофейного жмыха вынос зерновой культурой азота снижается. Применение отхода изготовления кофе в нормах 20-60 г/сосуд уменьшало вынос органогенного элемента питания на 46-74%, при увеличении дозы кофейного жмыха до 120-180 г/сосуд показатель снижался на 93% по сравнению с контролем.

Внесение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания и сбора сырого протеина зерном ярового ячменя сорта Вакула. Наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном применении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,3 раза. Использование кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд,

или на 35,5-95,8% по отношению к контролю. Наибольший сбор жира основной продукции сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, составив 211-212 г/сосуд, превысив контроль в 1,3 раза. Внесение выщелоченного остатка кофейного напитка в чистом виде снижало сбор жира на 35-95% по сравнению с контролем.

Таким образом, применение кофейного жмыха в чистом виде ухудшает условия питания растений, снижает урожай и качество получаемой продукции. Однако совместное внесение отхода изготовления кофе с минеральными удобрениями, особенно фосфорными, позволит получить высокий урожай ярового ячменя, снизить нагрузку на окружающую среду и сократить затраты на покупку синтетических агрохимикатов.

Список источников

1. Кутузов А.А., Ткаченко Е.С. Использование кофейной гущи пищевых сортов как источник инновационных продуктов в сфере утилизации органических отходов // *Вестник евразийской науки*. 2023. Т. 15, № 3. EDN: WOZMJR
2. Вирабян Д.Г., Войтик В.И. Кофейный жмых как источник биологически активных веществ и биоэнергии // *Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: Материалы XLIX научной и учебно-методической конференции, Санкт-Петербург, 29 января 2020 г.* Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2020. Т. 1. С. 30-34. EDN: YGASGL
3. G. Begna Sisay Ts. Belege Atisme Y. Admassu Workie Z. Worku Negie et al. Mg/Zr modified nanobiochar from spent coffee grounds for phosphate recovery and its application as a phosphorous release fertilizer. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 2023;19:100766. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100766>
4. Сюняева О.И., Леонова Ю.В., Спасская Т.А., Тютюнкова М.В. Влияние отходов кофейного производства на агрохимические и биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность овса // *Земледелие*. 2022. № 5. С. 7-10. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-5-7-10>
5. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Воздействие минеральных и органических удобрений на экосистему, качество сельскохозяйственной продукции и здоровье

References

1. Kutuzov A.A., Tkachenko E.S. Using of food grades coffee grounds as a source of innovative products in the field of organic waste disposal. *Vestnik evraziyskoy nauki*. 2023;15(3). (In Russ.)
2. Virabyan D.G., Voytik V.I. Coffee drounds as a source of biologically active substances and bioenergy. *XLIX nauchnaya i uchebno-metodicheskaya konferentsiya 'Almanakh nauchnykh rabot molodykh uchonykh Universiteta ITMO'*. January 29 – February 01, 2020. St. Petersburg, Russia: Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2020;1:30-34. (In Russ.)
3. G. Begna Sisay Ts. Belege Atisme Y. Admassu Workie Z. Worku Negie et al. Mg/Zr modified nanobiochar from spent coffee grounds for phosphate recovery and its application as a phosphorous release fertilizer. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 2023;19:100766. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100766>
4. Syunyaeva O.I., Leonova Yu.V., Spasskaya T.A., Tyutyunkova M.V. Influence of coffee production waste on agrochemical and biological properties of soddy-podzolic sandy loamy soil and oat yield. *Zemledelie*. 2022;(5):7-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-5-7-10>
5. Buzetti K.D., Ivanov M.V. The impact of mineral and organic fertilizers on the ecosystem, the quality of agricultural products and human health. *Agrarian*

- человека // *Аграрная наука*. 2020. № 5. С. 80-84.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-80-84>
6. Белопухов С.Л., Суняев Н.К., Суняева О.И., Прохоров И.С. Применение отходов производства кофе для удобрения овса на дерново-подзолистой супесчаной почве // *Агрохимия*. 2016. № 2. С. 65-70. EDN: VXJTA
7. Репко Н.В., Сухинина К.В., Сердюков Д.Н., Смирнова Е.В. и др. Динамика мирового производства ячменя // *Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 179. С. 222-231.
<https://doi.org/10.21515/1990-4665-179-013>
8. Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. *Практикум по агрохимии: Учебное пособие*. Москва: КолосС, 2008. 599 с.
9. Mussatto S.I., Machado E.M.S., Martins S., Teixeira J.A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. 2011;4:661-672.
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
10. Hardgrove S.J., Livesley S.J. Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016;18:1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.015>
11. Yakubu S., Zheng H., Chen J. et al. Development of a bilayer biodegradable packaging material enriched with coffee waste extract for cake preservation. *Food Bioengineering*. 2023;2(3):212-222
<https://doi.org/10.1002/fbe2.12058>
12. Кондратьев М.Н., Ларикова Ю.С. Фенолы в аллелопатических отношениях между растительными видами // *Фенольные соединения: функциональная роль в растениях: Сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума, Москва, 14-19 мая 2018 г.* Москва: PRESS-BOOK.RU, 2018. С. 199-204. EDN: XVKCXJ
13. Janissen B., Huynh T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018;128:110-117.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
14. Silva R.M.G., Brigatti J.G.F., Santos V.H.M., Mecina G.F. et al. 2013. Allelopathic effect of the peel of coffee fruit. *Scientia Horticulturae*. 2013;158:39-44.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.028>
15. Манакова Ю.С. Оценка возможности использования кофейного жмыха *Science*. 2020;(5):80-84. (In Russ.)
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-80-84>
6. Belopukhov S.L., Syunyaev N.K., Syunyaeva O.I., Prokhorov I.S. The using of coffee production waste as fertilizer for oats on soddy-podzolic sandy loam soil. *Agrohimia*. 2016;(2):65-70. (In Russ.)
7. Repko N.V., Sukhinina K.V., Serdyukov D.N., Smirnova E.V. et al. Dynamics of world barley production. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;(179):222-231. (In Russ.)
<https://doi.org/10.21515/1990-4665-179-013>
8. Kidin V.V., Deryugin I.P., Kobzarenko V.I. et al. *Practical training in agrochemistry: a training manual*. Moscow, Russia: KolosS, 2008:599. (In Russ.)
9. Mussatto S.I., Machado E.M.S., Martins S., Teixeira J.A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. 2011;4:661-672.
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
10. Hardgrove S.J., Livesley S.J. Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016;18:1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.015>
11. Yakubu S., Zheng H., Chen J. et al. Development of a bilayer biodegradable packaging material enriched with coffee waste extract for cake preservation. *Food Bioengineering*. 2023;2(3):212-222
<https://doi.org/10.1002/fbe2.12058>
12. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S. Phenols in allelopathic relationships between plant species. *X Mezhdunarodniy simpozium 'Fenolnye soedineniya: fundamentalnye i prikladnye aspekty'*. May 14-19, 2018. Moscow Russia: PRESS-BOOK.RU, 2018:199-204. (In Russ.)
13. Janissen B., Huynh T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018;128:110-117.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
14. Silva R.M.G., Brigatti J.G.F., Santos V.H.M., Mecina G.F. et al. 2013. Allelopathic effect of the peel of coffee fruit. *Scientia Horticulturae*. 2013;158:39-44.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.028>
15. Manakova Yu.S. Assessment of the possibility of using coffee cake as a substrate

- в качестве субстрата для выращивания сельскохозяйственных культур // *Агрономический вестник*. 2025. № 2. С. 98-102.
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
16. Пояркова Н.М., Сапарклычева С.Е. Физиологическая роль фенольных соединений // *Аграрное образование и наука*. 2019. № 4. С. 14. EDN: JOSBTG
17. Налиухин А.Н., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Гусева Ю.Е. Эффективность фосфорных удобрений: результаты исследований в длительных полевых опытах России, Великобритании и Китая // *Агрономия*. 2024. № 12. С. 89-100.
<https://doi.org/10.31857/S0002188124120128>
- for growing crops. *Agrochemical Herald*. 2025;(2):98-102. (In Russ.)
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
16. Poyarkova N.M., Saparklycheva S.E. The physiological role of phenolic compounds. *Agrarnoe obrazovanie i nauka*. 2019;(4):14. (In Russ.)
17. Naliukhin A.N., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P., Guseva Yu.E. Efficiency of phosphorus fertilizers: research results in long-term field experiments in Russia, Great Britain and China. *Agrohimia*. 2024;(12):89-100. (In Russ.)
<https://doi.org/10.31857/S0002188124120128>

Сведения об авторах

Юлия Евгеньевна Гусева, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, кандидат биологических наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: uguseva@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5307-421X>

Алексей Максимович Пронин, магистр, направление подготовки 35.04.03. Агрономия и агропочвоведение, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: alex.poganel@mail.ru;
<https://orcid.org/0009-0002-1201-9094>

Галина Алексеевна Смолина, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, кандидат биологических наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: gsmolina@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-2730-4595>

Статья поступила в редакцию 12.05.2025
Одобрена после рецензирования 17.06.2025
Принята к публикации 26.06.2025

About the authors

Julia E. Guseva, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: uguseva@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-5307-421X>

Alexei M. Pronin, master, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: alex.poganel@mail.ru;
<https://orcid.org/0009-0002-1201-9094>

Galina A. Smolina, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: gsmolina@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-2730-4595>

The article was submitted to the editorial office May 12, 2025
Approved after reviewing June 17, 2025
Accepted for publication June 26, 2025

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Оригинальная научная статья

УДК 631.6: 332.33: 005.584.1 (470.23)

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-02>



Совершенствование методики мониторинга осушаемых земель на основе применения данных дистанционного зондирования Земли(на примере Ленинградской области)

Юрий Германович Безбородов, Алина Олеговна Дорожкина

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

Автор, ответственный за переписку: Юрий Германович Безбородов; ubezborodov@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье рассматривается вопрос совершенствования методики мониторинга гидромелиоративной системы. Целью исследований является обоснование применения цифровых технологий для совершенствования методики проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в условиях изменяющегося климата. Исследования проводились в 2022-2024 гг. Объектом исследований является массив сельскохозяйственных земель (в частности, поле 10-0) филиала «Меньково» в Гатчинском районе Ленинградской области, характеризующийся избыточным увлажнением, высоким уровнем грунтовых вод и нуждающийся в оптимизации работы гидромелиоративной системы. Для анализа статистических данных об уровне грунтовых вод на исследуемом массиве были пробурены скважины на ключевых участках. На основании фото- и видеоматериалов, полученных при рекогносцировке массива, а также статистических данных об уровне грунтовых выбрано наиболее показательное поле для исследований. Визуальный и анализ индекса NDVI по стадиям вегетации озимой пшеницы, а также динамики уровня грунтовых вод выявил корреляцию между высоким уровнем грунтовых вод и угнетением растительности. Рабочая гипотеза о неэффективности проведения мониторинга без указания конкретных дат подтвердила свою актуальность. На основе анализа эффективности использования NDVI были обоснованы сроки проведения мониторинга, что позволило с учетом потерь при анализе данных мониторинга (от 5 до 9%) повысить показатели урожайности с 52,7 до 59,1 ц/га. Общие затраты на проведение мониторинга в уточненные сроки по стадиям вегетации в течение всего вегетационного периода составят 128000 руб. ежегодно.

Ключевые слова

мониторинг, гидромелиоративная система, индекс NDVI, урожайность, осушаемые земли Ленинградской области

Для цитирования

Безбородов Ю.Г., Дорожкина А.О. Совершенствование методики мониторинга осушаемых земель на основе применения данных дистанционного зондирования Земли (на примере Ленинградской области) // Тимирязевский биологический журнал. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532602. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-02>

LAND MANAGEMENT, LAND CADASTRE AND LAND MONITORING

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-02>



Optimizing remote sensing-based methodology for drained land monitoring: a case study of the Leningrad Region

Yuriy G. Bezborodov, Alina O. Dorozhkina

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

Corresponding author: Yuriy G. Bezborodov; ubezborodov@rgau-msha.ru

Abstract

This article addresses the need to improve the methodology for monitoring hydro-reclamation systems. The study aims to justify the use of digital technologies to enhance the monitoring of agricultural land in response to a changing climate.

The research was conducted between 2022 and 2024. The subject of the research is a tract of agricultural land – specifically, field 10-0 within the Menkovo Branch, located in the Gatchina District of the Leningrad Region. This land is characterized by excessive moisture and a high groundwater level, necessitating optimization of its hydro-reclamation system. To analyze groundwater levels in the study area, wells were drilled in key locations. Based on reconnaissance photo and video documentation, and statistical groundwater level data, the most representative field for research was selected. Visual analysis and NDVI index analysis corresponding to winter wheat growth stages, combined with groundwater level dynamics, revealed a correlation between elevated groundwater levels and suppressed vegetation. The working hypothesis that monitoring without specifying precise dates is ineffective was supported. Analyzing the efficiency of NDVI data, the study identified optimal monitoring times. Factoring in losses observed in the monitoring data analysis (ranging from 5% to 9%), this targeted monitoring approach is projected to increase yields from 52.7 c/ha to 59.1 c/ha. The estimated total cost of implementing this stage-specific monitoring program throughout the growing season is 128,000 rubles annually.

Keywords

Monitoring, hydro-reclamation systems, NDVI index, productivity, drained lands of the Leningrad region

Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

For citation

Bezborodov Yu.G., Dorozhkina A.O. Optimizing remote sensing-based methodology for drained land monitoring: a case study of the Leningrad Region. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532602. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-02>

Введение

Introduction

В условиях изменения климата необходимо иметь точный прогноз урожайности сельскохозяйственных культур. Применение цифровых технологий затрудняется тем, что нормативные документы по проведению мониторинга, регулирующие деятельность контролирующих органов, не отвечают современным требованиям. В связи с этим мониторинговые действия по предупреждению негативного влияния природно-климатических условий на посевы с.-х. культур являются актуальными. Научная новизна заключается в разработке рекомендаций по совершенствованию работы гидромелиоративной системы по результатам проведенного мониторинга.

Методика проведения мониторинга, утвержденная Министерством сельского хозяйства РФ, отражена в приказе от 24 декабря 2015 г. № 664 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения». В приказе не указаны точные сроки проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: «...периодические наблюдения – система мероприятий по сбору и обработке информации за состоянием сельскохозяйственных земель, в том числе их фактическом использовании, и состоянием почв, проводимых не реже одного раза в 5 лет с использованием наземных наблюдений и (или) данных дистанционного зондирования Земли» [1].

Цель исследований: совершенствование методики мониторинга земель сельскохозяйственного назначения с применением данных дистанционного зондирования Земли и индекса NDVI для своевременного выявления высокого уровня грунтовых вод для предотвращения негативного воздействия на посевы зерновых культур.

Методика исследований

Research method

Мониторинг земель – комплексная деятельность, представляющая собой систему наблюдений, направленную на отслеживание изменений, анализ и оценку состояния земельных ресурсов под воздействием природных и антропогенных факторов с целью рационального использования.

В данной работе были применены как наземные, так и дистанционные методы мониторинга [2].

Анализ проводился с помощью индекса NDVI. Индекс нормализованной разности вегетации (NDVI) отражает здоровье растений и позволяет определить количество активной фотосинтетической биомассы. Здоровые растения с крепкой клеточной структурой и достаточным количеством хлорофилла эффективно поглощают красный свет и отражают инфракрасный. В случае нездоровых растений этот процесс нарушается и отражение красного света снижается [3-5].

NDVI вычисляется на основе разницы между ближним инфракрасным (NIR) и красным (RED) спектральными диапазонами (1):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; Red – отражение в красной области.

Объектом исследований является массив, расположенный на базе филиала «Меньково» АФИ¹. Меньковская опытная станция расположена в окрестах деревень Меньково и старое Колено

¹ Рабочая документация «Капитальный ремонт осушительной сети и культуртехнические работы на участке «Голино» Меньковской опытной станции АФИ в Гатчинском районе Ленинградской области». 2020. 123 с.

Гатчинского района Ленинградской области. Центральная усадьба находится в д. Меньково, в 18 км от г. Гатчины и в 60 км от г. Санкт-Петербурга.

Климат Ленинградской области относится к типу умеренного с избыточным увлажнением. [6]

Средняя годовая температура понижается с запада на северо-восток от +4,5 до +2 град. Относительная влажность воздуха всегда высокая: от 60% летом до 85% зимой.

В течение года осадки распределяются неравномерно. Основная часть их приходится на теплый период года – 55-56% от годового количества. Количество осадков за теплый период (апрель-октябрь) составляет от 450 до 550 мм.

Осадки холодного периода (ноябрь-март) составляют примерно 40-45% годовых. За холодный период выпадает 150-200 мм осадков. [6] Гидрографическая сеть на участке осушения представлена временными водотоками в виде каналов осушительной сети. Наиболее крупным из них является магистральный канал МК-1, протекающий по западной границе участка.

Основным водоприемником для мелиорируемого участка является река Суда, которая относится к бассейну реки Оредеж. Берега реки высотой 1-1,5 м сложены песчаными супесчаными грунтами, местами суглинистыми. Ширина русла в межень составляет 6-8 м. В районе деревни Меньково река на протяжении 5 км порожиста, глубина на порогах – 0,1-0,5 м [6].

Почвообразующими породами являются моренные отложения, в основном легкого механического состава: супеси и пески, которые заключают в себе прослои легкого суглинка. Местами суглинки залегают с поверхности. Мощность моренных отложений составляет в основном 1-1,5 м [6].

Дополнительное влияние на почвообразование оказывают поверхностные и почвенно-грунтовые

воды: поверхностные – при выходе моренных суглинков на поверхность; почвенно-грунтовые – при двучленном строении профиля с облегченной верхней частью (супеси на суглинках).

Таким образом, почти все почвы участка развиваются в условиях смешанного водного питания. Почва на поле 10-0 – дерново-слабоподзолистая среднеокультуренная легкосуглинистая с содержанием гумуса 2,07%, обменного кальция – 8,38 ммоль/100 г, магния – 2,88 ммоль/100 г, подвижных соединений фосфора и калия – 565 и 140 мг/кг, аммонийного и нитратного азота – 12,37 и 8,21 мг/кг, рНКCl 5,7. Мощность пахотного слоя составляет 22 см. Почвы данного участка (особенно почвы подзолистого ряда: дерново-подзолистые, дерново-подзолисто-глеевые и дерново-подзолисто-глеевые) нуждаются в известковании и внесении органоминеральных удобрений, особенно фосфорсодержащих [6].

Исследованный участок расположен на Ордовинском плато на правом берегу реки Суды, в пределах поймы и пойменной террасы. Абсолютные отметки в пределах участка изменяются от 77,4 до 107,0 м. Общий уклон участка – на северо-восток [6].

В период с 2020 по 2022 гг. в хозяйстве проводился регулярный мониторинг посевов с периодичностью один раз в две недели на протяжении всего периода вегетации культур. Урожайность озимой пшеницы (Московская 39) на разных полях рассматриваемого массива различалась в диапазоне от 51 до 58 ц/га. В 2024 г. нами были заложены ключевые участки для верификации данных, полученных с использованием БПЛА, для совершенствования методики. При помощи БПЛА Геоскан-401 были получены фото- и видеоматериалы, позволяющие оценить состояние обследуемого участка. Их фрагменты представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Состояние земель на обследуемом участке
(источник: рабочая документация станции АФИ)

Fig. 1. Condition of the lands in the surveyed area
(source: working documentation of the station of the Agrophysical Research Institute)

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В рамках практической части исследований был проведен анализ статистических данных об уровне грунтовых вод на исследуемом массиве в Ленинградской области. Для этого использовались данные, полученные с помощью замера воды в пробуренных скважинах на ключевых участках. На основании фото- и видеоматериалов, полученных при рекогносцировке массива, а также статистических данных об уровне грунтовых вод выбрано в качестве наиболее показательного поле с номером 10-0 для проведения дальнейшего анализа, которое расположено в северо-восточной части массива. Данные об уровне грунтовых вод на выбранном поле в период вегетации озимой пшеницы с сентября 2023 г. по июль 2024 г. сведены в таблицу 1.

Исходя из данных таблицы 1, можно сделать вывод о том, что уровень грунтовых вод на протяжении всего периода вегетации озимой пшеницы был выше оптимального (в первый месяц вегетации – 0,6 м, в остальной период – 0,9 м). Это негативно сказалось на состоянии растений и привело к снижению урожайности.

Поскольку регулярный мониторинг требует больших материальных и временных затрат, в рамках эксперимента было принято решение провести в 2023-2024 гг. мониторинг в критические сроки выращиваемых культур.

Методика проведения мониторинга, установленная Минсельхозом, не содержит данных

о сроках проведения мониторинга для озимой пшеницы. Однако проведение мониторинга в установленные сроки, соответствующие критическим fazам развития растений, является крайне важным по нескольким причинам [8]:

1. Определение оптимальных сроков агротехнических мероприятий. Мониторинг посевов в критически важные фазы их развития позволяет эффективно планировать и осуществлять агротехнические мероприятия – такие, как обработка пестицидами и орошение. Это способствует оптимизации ухода за растениями и повышению их урожайности.

2. Оценка состояния посевов. Мониторинг в критические фазы развития растений позволяет оценить их состояние и своевременно выявить возможные проблемы (например, болезни, вредители, недостаток питательных веществ) и принять меры по их устранению. Это способствует сохранению здоровья растений и повышению их продуктивности.

3. Прогнозирование урожайности. Мониторинг в ключевые фазы развития растений позволяет прогнозировать урожайность, основываясь на текущем состоянии посевов и условиях окружающей среды. Это важно для планирования сбора урожая и подготовки к нему.

Сроки мониторинга озимой пшеницы в критические сроки в условиях данного массива, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области, были ранее определены исходя из данных посева (10 сентября) и статистических данных хозяйства (табл. 2).

Уровень грунтовых вод на полях в период вегетации озимой пшеницы 2023-2024 гг., м

Номер поля	Месяц										
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
10-0	0,79	0,54	0,47	–	–	–	0,24	0,36	0,69	0,96	1,14

Table 1

Groundwater level in selected fields during the winter wheat growing season 2023-2024 (m)

Field number	Month										
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
10-0	0.79	0.54	0.47	–	–	–	0.24	0.36	0.69	0.96	1.14

Таблица 2

**Сроки мониторинга озимой пшеницы в критические сроки
в условиях конкретного хозяйства в Ленинградской области**

Критическая фаза	Конкретные сроки
Закладка органов (появление 3 листа, начало кущения)	25-30 сентября
Стеблевание (выход в трубку)	20-25 апреля
Производство резервных веществ (флаговый лист)	10-15 мая
Накопление резервных веществ (колошение)	1-5 июня

Table 2

Winter wheat monitoring schedule: critical times, specific Leningrad Region farm

Critical growth phase	Specific dates
Organogenesis (3-leaf stage, start of tillering)	September 25-30
Stem extension (booting)	April 20-25
Reserve substance production (flag leaf stage)	May 10-15
Reserve substance accumulation (earing)	June 1-5

Поле 10-0 расположено в северо-восточной части массива, значения уровня грунтовых вод выше среднего по массиву. Осуществляется закрытым дренажем, но при пешем осмотре были выявлены нерабочие элементы осушительной сети и запланирована ее реконструкция.

Фаза от посадки до кущения (27 сентября 2023 г.): на снимке NDVI (рис. 2) зафиксированы низкие значения в понижениях, где в осенний и весенний периоды на поверхности почвы скапливается вода, что вызывает стресс у растений по причине избыточной влажности. (Снимки получены из архивных материалов Меньковской опытной станции АФИ и представлены в статье в неизменном виде.)

Общие характеристики поля: снимок NDVI показывает вариации в плотности растительного покрова. В целом поле демонстрирует разные оттенки зеленого, что свидетельствует о неоднородности состояния посевов.

Проблемные зоны: на снимке видны несколько областей, особенно в северной части поля, с индексами 0,2 и ниже. Данные зоны с низкими

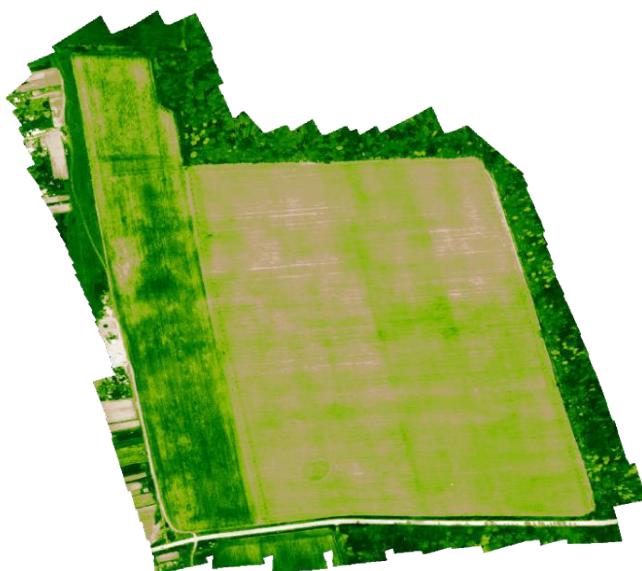


Рис. 2. Поле 10-0 в фазе закладки органов
(источник: рабочая документация станции АФИ)

Fig. 2. Field 10-0 in the organogenesis phase
(source: working documentation of the station
of the Agrophysical Research Institute)

значениями NDVI указывают на плохое состояние растительности. Это может говорить о том, что растения прекратили осеннюю вегетацию на ранней фенологической фазе, до кущения или погибли.

В условиях высокого уровня грунтовых вод (меньше 0,9 м от поверхности почвы) это может быть связано с нарушением нормального дыхания корней, что приводит к кислородному голоданию и затруднению роста растений, а также с развитием корневых гнилей и других заболеваний, негативно влияющих на всходы.

Здоровые зоны: несмотря на присутствие проблемных зон, западная часть поля показывает достаточно высокие значения NDVI (0,3-0,4), что свидетельствует о более благоприятных условиях для роста. Однако эти участки находятся в более возвышенных местах или на участках с лучшим дренажем.

Фаза стеблевания (21 апреля 2024 г.). Снимок показывает сохранение низкого значения NDVI (рис. 3) на тех же участках с высоким уровнем грунтовых вод, подтверждая, что растения находятся в угнетенном состоянии и плохо развиваются. Большая часть развивается нормально.

Общие характеристики поля: снимок NDVI показывает неоднородность в плотности растительного покрова. Разные оттенки зеленого на снимке свидетельствуют о неоднородности состояния посевов.

Проблемные зоны: на снимке видны несколько областей, особенно в северной части и в центре поля, с индексами 0,3 и ниже. По сравнению с предыдущей фазой индекс увеличился, однако все еще не соответствует норме. Зоны со значениями NDVI, близкими к 0, также сохранились. Уже можно сделать вывод о том, что урожайность снизится за счет плохого развития и гибели части растений в этих зонах на 3%, а при сохранении высокого уровня грунтовых вод на протяжении всей фазы стеблевания – еще на 1-2% по причине потенциального снижения числа колосков и зерен [2, 8-10].

Здоровые зоны. Проблемные зоны продолжают присутствовать, западная и восточная части поля показывают значения NDVI, близкие к оптимальным (0,5-0,6), что свидетельствует о сохранении благоприятных условий для роста.

Период производства резервных веществ (в фазу стеблевания) (12 мая 2024 г.). Снимок NDVI (рис. 4) показал низкие значения индекса на тех же участках, что и ранее, но основная масса растительности имеет оптимальные для фазы индексы.

Общие характеристики поля: снимок NDVI показывает неоднородность в плотности растительного покрова. Снимок выглядит более пестрым, участки с пониженным значением индекса и их контуры видны более четко, неоднородность посевов сохраняется.

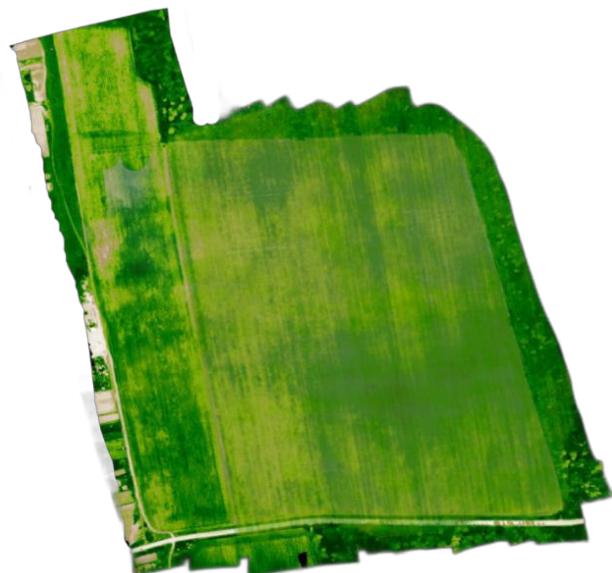


Рис. 3. Поле 10-0 в фазе стеблевания
(источник: рабочая документация станции АФИ)

Fig. 3. Field 10-0 during stem extension
(source: working documentation of the station
of the Agrophysical Research Institute)

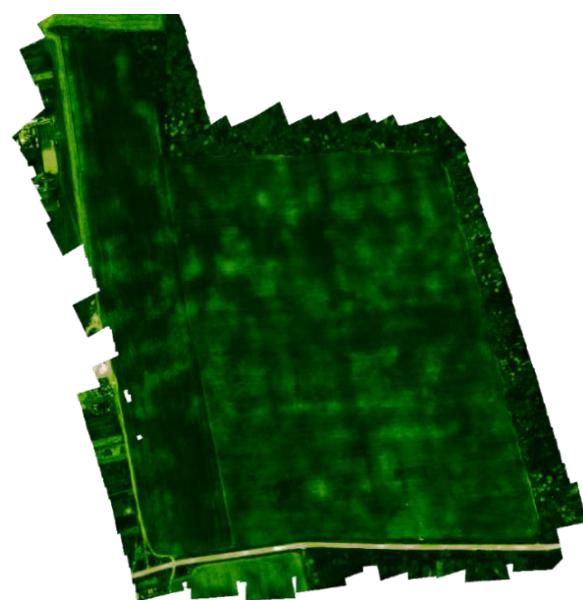


Рис. 4. Поле 10-0 в фазе производства
резервных веществ
(источник: рабочая документация
стации АФИ)

Fig. 4. Field 10-0 during reserve
substance production
(source: working documentation of the station
of the Agrophysical Research Institute)

Проблемные зоны: на снимке видно множествомелкоконтурных областей, особенно в северной части поля, с индексами 0,3 и ниже, не соответствующими норме. Зоны со значениями NDVI, близкими к 0, также сохранились. Можно прогнозировать снижение урожайности при сохранении

высокого уровня грунтовых вод на протяжении всей фазы производства резервных веществ еще на 1-2% ввиду потенциального снижения массы зерен.

Здоровые зоны: несмотря на присутствие проблемных зон, основная площадь поля показывает оптимально высокие значения NDVI (0,7-0,8), что свидетельствует об улучшении условий для роста в связи с естественным снижением уровня грунтовых вод.

Период накопления резервных веществ (3 июня 2024 г.). Снимок NDVI (рис. 5) показал низкие значения индекса на тех же участках что и ранее, но основная масса растительности имеет оптимальные для фазы индексы.

Общие характеристики поля: снимок NDVI показывает неоднородность в плотности растительного покрова. Снимок выглядит так же пестро, участки с пониженным значением индекса и их контуры видны более четко, неоднородность посева сохраняется.

Проблемные зоны: на снимке видно множество мелкоконтурных областей, особенно в северной части поля, с индексами 0,3 и ниже, не соответствующими норме. Зоны со значениями NDVI, близкими к 0, также сохранились. Можно прогнозировать снижение урожайности при сохранении высокого уровня грунтовых вод на протяжении всего периода производства резервных веществ еще на 1-2% ввиду потенциального снижения массы зерен.

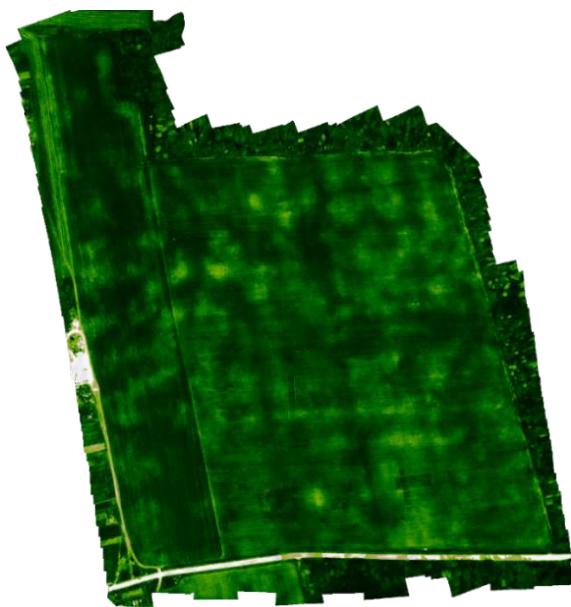


Рис. 5. Поле 10-0 в фазе накопления резервных веществ
(источник: рабочая документация станции АФИ)

Fig. 5. Field 10-0 during reserve substance accumulation
(source: working documentation of the station of the Agrophysical Research Institute)

Здоровые зоны: несмотря на присутствие проблемных зон, основная площадь поля имеет достаточно высокие значения NDVI (последний) (0,6-0,7), оптимальные для периода накопления резервных веществ. По сравнению со значениями в прошлой фазе индексы снизились, что свидетельствует о приближении сроков уборки урожая на данных полях.

Анализ данных об уровне грунтовых вод и снимков NDVI показывает четкую корреляцию между высоким уровнем грунтовых вод и угнетением растительности. На участках с высоким уровнем грунтовых вод (менее 1,0 м от поверхности в летний период) наблюдаются низкие значения NDVI, что свидетельствует о негативном влиянии избыточной влажности.

Планируемая урожайность для массива составляет 62 ц/га. С учтенными при анализе данных мониторинга потерями (от 5 до 9%), фактическая урожайность должна составлять не менее 52,7 ц/га.

После уборки урожая в 2024 г. была выполнена оценка урожайности озимой пшеницы на полях массива. На поле 10-0 урожайность составила 59,1 ц/га, что ниже стандарта по региону.

Средние потери урожайности составили 6,5%, что соответствует прогнозируемым, но считаются слишком большими (допустимо не более 2% [10]).

На основании данных о потерях урожая и мониторинга состояния осушительной сети были разработаны следующие рекомендации.

1. Точный анализ проблемных зон. Провести дополнительные полевые обследования конкретных участков для выявления точных причин низкого NDVI. Это может включать в себя почвенные анализы, проверки на наличие вредителей и болезней, а также оценку водного режима [2, 3].

2. Агротехнические и мелиоративные мероприятия:

- Внести корректировку дозы азотного удобрения в связи с выявлением проблем с питанием растений.

- Обеспечить правильный водный режим за счет проведения реконструкции элементов осушительной сети: провести ремонт проводящих каналов, регулирующего канала, произвести реконструкцию элементов закрытой осушительной сети (дрен и коллекторов).

3. Мониторинг и повторный анализ:

- Проводить мониторинг состояния посевов с помощью NDVI в строго обозначенные для озимой пшеницы критические сроки.

- Разработать критические сроки мониторинга для всех культур севооборота массива

- Сравнивать результаты мониторинга в динамике, чтобы оценить эффективность принятых мер и вносить необходимые корректизы.

Выводы Conclusions

В ситуации, рассмотренной в данной работе, использование мониторинга в критические фазы развития культуры может быть целесообразным и экономически выгодным при выполнении ряда рекомендаций. Такой мониторинг позволил существенно снизить затраты на проведение обследований, сохранив при этом достаточный уровень контроля над состоянием растений.

Рабочая гипотеза о неэффективности проведения мониторинга без указания конкретных дат подтвердила свою актуальность. На основе анализа эффективности использования NDVI были обоснованы сроки проведения мониторинга.

Анализ данных о грунтовых водах и снимков NDVI показывает четкую корреляцию между высоким уровнем грунтовых вод и угнетением растительности.

Планируемая урожайность для массива составляет 62 ц/га. С учтенными при анализе данных мониторинга (от до 9%) потерями, фактическая урожайность должна составлять не менее 52,7 ц/га. После уборки урожая в 2024 г. была выполнена оценка урожайности озимой пшеницы на полях массива. На поле 10-0 урожайность составила 59,1 ц/га, что ниже стандарта по региону. Общие затраты на проведение регулярного мониторинга в течение всего вегетационного периода составят 128000 руб. ежегодно.

Список источников

1. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: приказ Минсельхоза России от 24 декабря 2015 г. № 664, ред. от 19 июня 2024 г.
// Консультант Плюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_195686
2. Гиниятов И.А. *Мониторинг земель и объектов недвижимости*: Учебное пособие. Новосибирск: СГУГиТ, 2017. 131 с.
3. Liu S., Peng D., Zhang B., Chen Z. et al. The Accuracy of Winter Wheat Identification at Different Growth Stages Using Remote Sensing. *Remote Sensing*. 2022;14(4):893. <https://doi.org/10.3390/rs14040893>
4. Sishodia R.P., Ray R.L., Singh S.K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*. 2020;12(19):3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
5. Мишурев Н.П., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Подольская Е.Е. и др. Эффективность применения элементов координатного земледелия при производстве озимой пшеницы // *Техника и оборудование для села*. 2022. № 8 (302). С. 44-48. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-8-44-48>
6. Безбородов Г.А., Безбородов А.Г., Безбородов Ю.Г. Совершенствование методики мониторинга солевого режима орошаемых земель // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2008. № 6. С. 29-31. EDN: JXGCSL
7. Таркивский В.Е., Иванов А.Б., Петухов Д.А., Бондаренко Е.В. Прогнозирование урожайности озимой

References

1. On the approval of the procedure for implementing state monitoring of agricultural lands: Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 664 of December 24, 2015, amended June 19, 2024. *Consultant Plus*. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_195686
2. Giniyatov I.A. *Monitoring of lands and real estate*: a textbook. Novosibirsk, Russia: Siberian State University of Geosystems and Technologies, 2017:131. (In Russ.)
3. Liu S., Peng D., Zhang B., Chen Z. et al. The Accuracy of Winter Wheat Identification at Different Growth Stages Using Remote Sensing. *Remote Sensing*. 2022;14(4):893. <https://doi.org/10.3390/rs14040893>
4. Sishodia R.P., Ray R.L., Singh S.K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*. 2020;12(19):3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
5. Mishurov N.P., Petukhov D.A., Sviridova S.A., Podolskaya E.E. et al. Effectiveness of the use of coordinate farming elements in the production of winter wheat. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2022;(8(302)):44-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-8-44-48>
6. Bezborodov G.A., Bezborodov A.G., Bezborodov Yu.G. Improvement of monitoring methods for salinized irrigated lands. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2008;(6):29-31. (In Russ.)
7. Tarkivskiy V.E., Ivanov A.B., Petukhov D.A., Bondarenko E.V. Forecasting winter wheat yield using satellite monitoring.

- пшеницы при помощи спутникового мониторинга // *АгроФорум*. 2023. № 2. С. 84-87. <https://doi.org/10.24412/cl-34984-2023-2-84-87>
8. Спирин Ю.А., Пунтусов В.Г. Тенденции и перспективы развития гидромелиоративного комплекса Славского района Калининградской области // *Овощи России*. 2021. № 2. С. 86-92. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-86-92>
9. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Безбородов Ю.Г., Карлыханов Т.К. Технология промывки засоленных почв с учетом экологического ограничения // *Проблемы управления водными и земельными ресурсами: Материалы Международного научного форума: В 3 ч. Ч. 2. Москва, 30 сентября 2015 г.* Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. С. 31-40. EDN: USOCNM
10. Страфицук И.Д., Хисамов Р.Р., Безбородов Ю.Г. *Территориальное планирование. Научная основа и практика: Учебное пособие*. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2024. 190 с. EDN: FSAAGW
- AgroForum*. 2023;(2):84-87. (In Russ.)
<https://doi.org/10.24412/cl-34984-2023-2-84-87>
8. Spirin Yu.A., Puntusov V.G. Trends and prospects for the development of the irrigation and drainage complex of the Slavsky district of the Kaliningrad region. *Vegetable Crops of Russia*. 2021;(2):86-92. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-86-92>
9. Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Bezborodov Yu.G., Karlykhanov T.K. Technology of washing saline soils taking into account environmental restrictions. *Mezhdunarodniy nauchniy forum 'Problemy upravleniya vodnymi i zemelnymi resursami'*. September 30, 2015. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2015;2:31-40. (In Russ.)
10. Stafiychuk I.D., Khisamov R.R., Bezborodov Yu.G. *Territorial planning. Scientific basis and practice: a textbook*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2024:190. (In Russ.)

Сведения об авторах

Юрий Германович Безбородов, и.о. заведующего кафедрой землеустройства и лесоводства, доктор технических наук, доцент, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: ubezborodov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>

Алина Олеговна Дорожкина, магистрант кафедры землеустройства и лесоводства, Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 49

Статья поступила в редакцию 10.05.2025
Одобрена после рецензирования 10.06.2025
Принята к публикации 23.06.2025

Information about the authors

Yuriy G. Bezborodov, DSc (Eng), Associate Professor, Acting Head of the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; e-mail: ubezborodov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5293-2342>

Alina O. Dorozhkina, Master's degree student of the Department of Land Management and Forestry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation.

The article was submitted to the editorial office May 10, 2025
Approved after reviewing June 10, 2025
Accepted for publication June 23, 2025

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 12.11.2025 г. Формат 60×84/8 8,9 печ. л.
Гарнитура шрифта «Times New Roman»
