

2025. Т. 15. № 3

**Природа и человек:
 экологические исследования**

**Учредитель
 и изатель:**

Московский
 педагогический
 государственный
 университет

Свидетельство
 о регистрации СМИ:
 ПИ № ФС 77-67765
 от 17.11.2016 г.

Адрес редакции:
 109240, Москва,
 ул. В. Радищевская,
 д. 16–18, каб. 223

Сайт: soc-ecol.ru
E-mail:
izdat_mgopu@mail.ru

Издаётся с 2011 г.

Выходит 4 раза в год

Журнал входит в Перечень ведущих
 рецензируемых научных журналов
 и изданий ВАК РФ:

Биологические науки

- 1.5.9. Ботаника
- 1.5.7. Генетика
- 1.5.15. Экология
- 1.5.19. Почвоведение
- 1.5.20. Биологические ресурсы
- 1.5.5. Физиология человека и животных
- 1.5.24. Нейробиология

Географические науки

- 1.6.12. Физическая география
 и биогеография, география почв
 и геохимия ландшафтов
- 1.6.21. Геоэкология

**Подписной индекс журнала по Объединенному каталогу
 «Пресса России» – 85004**

ISSN 2500-2961

**ENVIRONMENT AND HUMAN:
ECOLOGICAL STUDIES**

2025. Vol. 15. No. 3

**Socialno-ecologicheskie
Technologii**

**The Founder
and Publisher:**
Moscow Pedagogical
State University

Mass media
registration
certificate
ПИ № ФС 77-67765
as of 17.11.2016

Editorial office:
Moscow, Russia,
Verhnyaya
Radishchevskaya str.,
16–18, room 223,
109240

The journal is included in the list
of the leading peer-reviewed scholarly
journals the Higher Attestation
Commission of the Ministry of Science
and Higher Education of the Russian
Federation recommended to PhD
candidates and those working
for their habilitation who wish to publish
the results of their research

The journal has been published
since 2011

The journal is published 4 times a year

E-mail: izdat_mgopu@mail.ru

Information on journal can be
accessed via: soc-ecol.ru

Редакционная коллегия

Главный редактор

Марина Викторовна Костина – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

Заместитель главного редактора

Зинаида Ивановна Гордеева – кандидат географических наук, профессор; профессор кафедры экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

Ответственный секретарь

Екатерина Олеговна Королькова – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет; доцент кафедры клеточной биологии факультета биологии и биотехнологии, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва

Павел Алексеевич Агапов – кандидат биологических наук; доцент кафедры анатомии и физиологии человека и животных Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет; научный сотрудник лаборатории анатомии и архитектоники мозга Отдела исследований мозга, Научный центр неврологии, г. Москва

Ирина Олеговна Алябина – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры географии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Ирина Вениаминовна Беляева-Чемберлен – доктор биологических наук; редактор содержания (номенклатура и таксономия) баз данных растений и грибов отдела «Биоразнообразие, биоинформатика и анализ распространения растений», Королевские ботанические сады, Кью, Великобритания

Владимир Владимирович Бобров – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории сохранения биоразнообразия и использования биоресурсов, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва

Алексей Владимирович Богданов – доктор биологических наук; главный научный сотрудник лаборатории прикладной физиологии высшей нервной деятельности человека, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

Василий Николаевич Бурдь – доктор химических наук (ВАК Республики Беларусь); профессор кафедры химии и химической технологии факультета биологии и экологии, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Республика Беларусь

Владимир Павлович Викторов – доктор биологических наук, доцент; заведующий кафедрой ботаники Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

Юлия Константиновна Виноградова – доктор биологических наук; главный научный сотрудник отдела флоры, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, г. Москва

Юрий Никифорович Водяницкий – доктор сельскохозяйственных наук, доцент; профессор кафедры общего почвоведения факультета почвоведения, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Ольга Владимировна Галанина – кандидат биологических наук; доцент кафедры биогеографии и охраны природы Института наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет

Владимир Борисович Дорохов – доктор биологических наук; заведующий лабораторией нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, г. Москва

Александр Сергеевич Зернов – доктор биологических наук; профессор кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Василий Иванович Ерошенко – кандидат педагогических наук, доцент; заведующий кафедрой экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

Сергей Вячеславович Левыкин – доктор географических наук, профессор; заведующий отделом степеведения и природопользования, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург

Дмитрий Леонидович Лопатников – доктор географических наук, доцент; старший научный сотрудник лаборатории географии мирового развития, Институт географии РАН, г. Одинцово Московской обл.

Татьяна Михайловна Лысенко – доктор биологических наук, доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории проблем фиторазнообразия, Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти Самарской области; ведущий научный сотрудник лаборатории общкой геоботаники, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

Ирина Владимировна Лянгузова – доктор биологических наук, старший научный сотрудник; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии растительных сообществ, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

Наталья Олеговна Минькова – кандидат биологических наук, доцент; заместитель проректора по учебной работе, Севастопольский государственный университет

Сергей Владимирович Наугольных – доктор геолого-минералогических наук, профессор; главный научный сотрудник лаборатории палеофлористики, Геологический институт РАН, г. Москва

Наталия Борисовна Панкова – доктор биологических наук, доцент; главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии, г. Москва

Светлана Камильевна Пятунина – кандидат биологических наук, доцент; директор Института биологии и химии, Московский педагогический государственный университет

Владимир Николаевич Сальков – доктор медицинских наук; старший научный сотрудник лаборатории функциональной морфохимии Отдела исследований мозга, Научный центр неврологии, г. Москва

Олег Викторович Созинов – доктор биологических наук, доцент (ВАК Республики Беларусь); заведующий кафедрой ботаники, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

Владимир Семёнович Фридман – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории экологии, биологических инвазий и охраны природы кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Алексей Владимирович Чернов – доктор географических наук, доцент; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Андрей Викторович Щербаков – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник лаборатории экологии, биологических инвазий и охраны природы кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Михаил Сергеевич Яблоков – кандидат биологических наук; представитель от России, Международный союз охраны природы и природных ресурсов, г. Глен, Швейцария; координатор, Ассоциация заповедников и национальных парков Северо-запада России, пос. Пржевальское, Смоленская обл.; главный специалист, Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела, г. Москва

Editorial Board

Editor-in-Chief

Marina V. Kostina – professor at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

Deputy Chief Editor

Zinaida I. Gordeeva – professor at the Department of Ecology and Environmental Sciences at the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Russia

Executive secretary

Ekatерина О. Королкова – associate professor at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University; Associate Professor at the Department of Cell Biology of the Faculty of Biology and Biotechnologies, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Pavel A. Agapov – associate professor at the Department of Anatomy and Physiology at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University; researcher at the Anatomy and Architectonics Laboratory at the Brain Research Department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

Irina O. Alyabina – professor at the Soil Geography Department at the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Russia

Irina V. Belyaeva-Chamberlain – content editor – Plant & Fungal Names, Biodiversity Informatics & Spatial Analysis, Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom

Vladimir V. Bobrov – senior researcher at the Laboratory of Biodiversity Conservation and Use of Biological Resources, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Aleksej V. Bogdanov – head at the Laboratory of General Physiology of Temporary Connections, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Vasilii N. Burd – professor at the Department of Chemistry and Chemical Technology at the Faculty of Biology and Ecology, Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus

Aleksei V. Chernov – leading researcher at the N.I. Makkaveev Research Laboratory of Soil Erosion and Channel Processes at the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Russia

Vladimir B. Dorohov – head at the Laboratory of Neurobiology of Sleep and Wakefulness, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Vasilii I. Eroshenko – head at the Department of Ecology and Environmental Sciences at the Faculty of Geography, Moscow Pedagogical State University, Russia

Vladimir S. Friedman – senior researcher at the Laboratory of Ecology, Biological Invasions and Conservation at the Department of Higher Plants of Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

Olga V. Galanina – associate professor at the Department of Biogeography and Environmental Protection at the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Russia

Sergey V. Levykin – Head at the Department of Steppe Studies and Nature Management, Institute of Steppe, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

Dmitry L. Lopatnikov – senior researcher at the World Development Geography Laboratory, Institute of Geography RAS, Odintsovo, Moscow region, Russia

Irina V. Lyanguzova – leading researcher at the Laboratory of Ecology of Plant Communities, Komarov Institute of Botany, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Tatyana M. Lysenko – senior researcher at the Laboratory of Phytodiversity Problems, Institute of Ecology of the Volga River Basin, Russian Academy of Science, Togliatti, Samara region, Russia

Natalia O. Minkova – deputy vice-rector for Academic Affairs, Sevastopol State University, Russia

Serge V. Naugolnykh – chief scientific officer at the Laboratory of Paleofloristics, Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, ,Russia

Natalia B. Pankova – chief scientific officer at the Laboratory of Physical-Chemical and Environmental Pathophysiology, Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

Svetlana K. Piatunina – director at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

Vladimir N. Salkov – senior researcher at the Laboratory of Functional Morphochemistry, Research Center of Neurology, Moscow, Russia

Andrei V. Scherbakov – leading researcher at the Laboratory of Ecology, Biological Invasions and Nature Protection of Higher Plants at the Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

Oleg V. Sozinov – head at the Department of Botany, Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus

Yulia K. Vinogradova – chief researcher at the Flora Department, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Vladimir P. Viktorov – head at the Department of Botany at the Institute of Biology and Chemistry, Moscow Pedagogical State University, Russia

Yury N. Vodyanitsky – professor at the Department of General Soil Science at the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Russia

Mikhail S. Yablokov – International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland; coordinator, Association of Nature Reserves and National Parks of North-West Russia, Przhevalskoye, Smolensk region; Chief Specialist, Information and Analytical Center for Support of Conservation Affairs, Moscow

Aleksandr S. Zernov – professor at the Department of Higher Plants at the Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russia

Содержание

ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Ю.А. Насимович, Р.А. Муратаев

- Populus × rasumovskoe (Salicaceae)* в Москве:
морфологические и другие признаки,
родительские виды 259

М.Н. Стаменов

- Некоторые особенности строения кроны
у Tilia cordata Mill. в горах Южного Урала
в окрестностях Белорецка (Башкортостан) 270

О.А. Шемякина

- Влияние рекреационной нагрузки на орнитофауну
экологической тропы заповедника «Полистовский» 284

ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И УРБОЭКОЛОГИЯ

А.В. Чернышев, В.М. Зубкова

- Расчет выноса элементов питания растений
(азот, фосфор, калий) инвазионным *Solidago gigantea* Ait.
в условиях г. Москвы 302

АНТРОПОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Н.В. Лигун

- Когнитивно-поведенческая терапия бессонницы 315

Contents

STUDY AND CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY

Yu.A. Nasimovich, R.A. Murataev

- Populus × rasumovskoe (Salicaceae)*
in Moscow: Morphological
and other traits, parent species 259

M.N. Stamenov

- Some features of the crown structure
of *Tilia cordata* Mill. in the Southern Ural Mountains
near Beloretsk (Bashkortostan) 270

O.A. Shemyakina

- Impact of recreational load on avifauna
of the ecological trail of Polistovsky Nature Reserve 284

ANTHROPOGENICALLY MODIFIED ECOSYSTEMS AND URBAN ECOLOGY

A.V. Chernyshev, V.M. Zubkova

- Calculation of the removal of plant nutrition elements
(Nitrogen, Phosphorus, Potassium)
by invasive *Solidago gigantea* Ait.
in Moscow 302

ANTHROPOECOLOGICAL RESEARCH

N.V. Ligun

- Cognitive-behavioral therapy for insomnia 315

Изучение и сохранение
биологического
разнообразия

Оригинальное исследование и обзор литературы

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-259-269

УДК 582.623.2

Ю.А. Насимович¹, Р.А. Муратаев^{2, 3}

¹ Государственный природоохранный центр,
119192 г. Москва, Российская Федерация

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991 г. Москва, Российская Федерация

³ Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта
Российской академии наук,
119991 Москва, Российская Федерация

Populus × rasumovskoe (Salicaceae) в Москве: морфологические и другие признаки, родительские виды

Тополь Разумовского (*Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.) – это массово распространенный, но забытый культивар московского озеленения, который долгое время фигурировал под ошибочными названиями. Он был идентифицирован на основании молекулярных, морфологических и историко-краеведческих данных, после чего подробно описан морфологически и фенологически. Основными диагностическими признаками являются овальные и т.п. листья с резко оттянутым «носиком» длиной 1–1,5 см на вершине, а также «плакучая» корона. Весной этот тополь раскрывает листья раньше других московских тополей, а осенью сбрасывает листву существенно позже тополя сибирского (наиболее массового в Москве), но раньше других культиваров. Родительскими видами тополя Разумовского, вероятно, являются *P. nigra* и *P. suaveolens*, причем, вероятнее, это

© Насимович Ю.А., Муратаев Р.А., 2025



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

возвратный гибрид: *Populus suaveolens* × (*P. nigra* × *P. suaveolens*), т.к. признаки тополя душистого выражены лучше и на молекулярно-генетической дендрограмме он «встает» ближе к тополю душистому, чем к тополю черному.

Ключевые слова: *Populus × rasumovskoe*, тополь Разумовского, озеленение Москвы, таргетное глубокое секвенирование, молекулярно-генетическое разнообразие, *Populus × sibirica*, Р.И. Шредер

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-20122, <https://rscf.ru/project/24-24-20122/>

Благодарим также сотрудников Гербария Главного ботанического сада РАН (МНЯ) за содействие в работе и возможность пользоваться гербарными сборами.

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Насимович Ю.А., Муратаев Р.А. *Populus × rasumovskoe* (*Salicaceae*) в Москве: морфологические и другие признаки, родительские виды // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 3. С. 259–269.
DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-259-269

Original research and literature review

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-259-269

Yu.A. Nasimovich¹, R.A. Murataev^{2, 3}

¹ State Environmental Protection Budgetary Institution of Moscow “State Nature Conservation Centre”, Moscow, 119192, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation

³ Engelhardt Institute of Molecular Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation

Populus × rasumovskoe (*Salicaceae*) in Moscow: Morphological and other traits, parent species

Razumovskii poplar (*Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.) is a massively distributed but forgotten cultivar of Moscow landscaping, which for a long time appeared under erroneous names. It was identified on the basis

of molecular, morphological and historical and local history data, after which it was described in detail morphologically and phenologically. The main diagnostic features are oval or similar leaves with a sharply retracted 'spout' 1–1.5 cm long at the apex, and a 'weeping' crown. In spring, this poplar opens its leaves earlier than other Moscow poplars, and in autumn it sheds its leaves much later than Siberian poplar (the most common in Moscow), but earlier than other cultivars. The parental species of Razumovsky poplar are probably *Populus nigra* and *P. suaveolens*, and it is more likely to be a reciprocal hybrid: *P. suaveolens* × (*P. nigra* × *P. suaveolens*), since the traits of the fragrant poplar are better expressed and on the molecular genetic dendrogram it 'stands' closer to the fragrant poplar than to the black poplar.

Key words: *Populus × rasumovskoe*, Razumovsky's poplar, Moscow landscaping, targeted deep sequencing, molecular genetic diversity, *Populus × sibirica*, R.I. Schroeder

Acknowledgements. The study was funded by the Russian Science Foundation Grant No. 24-24-20122, <https://rscf.ru/project/24-24-20122/>

We also thank the staff of the Herbarium of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MHA) for assistance in the work and the opportunity to use herbarium collections.

CITATION: Nasimovich Yu.A., Murataev R.A. *Populus × rasumovskoe* (*Salicaceae*) in Moscow: Morphological and other traits, parent species. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 3. Pp. 259–269. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-259-269

Данная статья является третьей и заключительной в серии публикаций [Молекулярно-генетическое разнообразие..., 2024; Насимович и др., 2025] о тополе Разумовского (*Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.) – массовом культиваре в озеленении Москвы, название которого к настоящему времени оказалось забыто российскими ботаниками и озеленителями. По численности в Москве он уступает только тополю сибирскому (*P. × sibirica* G.V. Krylov et G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov), тополю канадскому (*P. × canadensis* Moench) и тополю петровскому (*P. × petrovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.), а в некоторых районах, в том числе в Тимирязевском, даже выходит на второе место – 29% всех тополей [Насимович и др., 2019]. В среде озеленителей в настоящее время он ошибочно принимается за *P. suaveolens* Fisch. или за *P. × moscoviensis* R.I. Schrod. ex Wolkenst., а еще чаще не имеет никакого названия и по этой причине игнорируется.

В первой статье мы представили клonalную структуру тополя Разумовского, сравнив ее с клonalной структурой других культивируемых московских тополей, а также с клonalной структурой «чистых» видов [Молекулярно-генетическое разнообразие..., 2024]. Во второй статье рассмотрели вопросы, связанные с идентификацией тополя Разумовского, и привели обзор литературы о данном культиваре [Насимович и др., 2025]. В настоящей статье, третьей, подробно описываются признаки тополя Разумовского, чтоб этот культивар не был «потерян» снова, если в озеленении появятся какие-либо похожие таксоны. Кроме того, мы возвращаемся к вопросу о родительских видах тополя Разумовского, рассматривая некоторые спорные «моменты», связанные с нашей идентификацией.

Материал и методика

В основу рассуждений положены молекулярно-генетические данные, полученные нашим творческим коллективом ранее; эти данные и методика их получения опубликованы [Borkhert et al., 2023; Черные и бальзамические тополя..., 2024].

Специально для нашей новой публикации уточнено морфологическое описание *Populus × rasumovskoe*, представленное ранее в литературных источниках [Чужеродная флора..., 2020; Черные и бальзамические тополя..., 2024]. Уточнения сделаны в 2025 г. отчасти в Гербарии Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН, отчасти – при натуральных обследованиях насаждений *P. × rasumovskoe* в Москве.

Осенью 2023 г. и в течение 2024 г. мы также произвели фенологические наблюдения за *P. × rasumovskoe* и другими тополями Москвы, чтобы сравнить их по срокам раскрытия и сбрасывания листьев, что может иметь диагностическое значение. Изучены 21 дерево тополя Разумовского: 9 – близ проезжей части, 12 – в иных условиях (3 – на некотором удалении от проезжей части, 9 – во дворе).

Кроме того, мы собрали и проанализировали литературные сведения, имеющие отношение к вопросу о родительских видах тополя Разумовского.

Морфологические признаки *Populus × rasumovskoe*

Теперь, когда мы уверенно относим наш московский культивар к возникшему именно здесь *P. × rasumovskoe*, целесообразно привести подробное его описание, чтоб отличить от похожих культиваров, если они вдруг будут найдены в Москве или где-нибудь еще. Описание

выполнено Ю.А. Насимовичем в 2010-е гг. на основании наблюдений в московском озеленении, а также на основании изучения собственных гербарных образцов, часть из которых потом была передана в Гербарий Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (МНА). Это описание было проверено и дополнено нами в 2024 г. и в начале 2025 г.

Дерево средней высоты, несколько уступает по высоте *Rorillus × sibirica*, а по мощности ствола – *P. × petrovskoe* и *P. × canadensis*. Крона раскидистая, неравномерная. Концы многих веточек свисают, образуя плети до 0,5–1 м длиной, т.е. крона полуплакучая, хотя имеются отдельные деревья, у которых данный признак не выражен или выражен слабо, но окончания ветвей не бывают направлены вверх, как у *P. × petrovskoe*.

Молодые ростовые веточки (оси 2–3-годичных побегов) голые, светло-бежевые, цилиндрические, иногда слабо или даже сильно угловатые (но не ребристые), с довольно крупными голыми бежевыми почками: верхушечными – длиной до 1,8 см, пазушными – до 1,5 см. Укороченные веточки в кроне взрослого дерева чуть опущенные.

Черешки у листьев на укороченных веточках слабо или сильно опущенные (иногда кажутся сильно опущенными из-за налипшего пуха), длиной от 1 до 4–5 (7) см, в 1,5–4 раза короче листовых пластинок, слабо сплюснутые с боков или почти округлые в сечении, без бороздки сверху или с узкой прерывающейся бороздкой.

Листовые пластинки голые или чуть опущенные по жилкам, длиной до 8–9 (11) см и шириной до 5–6 (8) см (длина чуть-чуть или в 1,5–2 раза превосходит ширину, но, в основном, за счет узко оттянутой верхушки); яйцевидные, округло-эллиптические, чуть реже округлые или широко-яйцевидные, с максимальным расширением, сильно или слабо смещенным к основанию (если пренебречь оттянутой верхушкой, то максимальное расширение находится почти в середине листовой пластинки). Основание ширококлиновидное или округлое, плавно переходящее в выпуклый округлый боковой край. Боковой край неглубоко-городчатопильчатый с тупыми зубцами (3–4 зубца на 1 см), с узкой просвечивающей каймой и редкими ресничками. Верхушка листа острыя, всегда резко оттянута в узкий кончик длиной (0,5) 1–1,5 (2) см, который мы для простоты называем «носиком». Верхняя поверхность светло-зеленая, нижняя – серовато-зеленоватая, но разница в цвете не очень резкая. Главная жилка на верхней стороне листа бледно-зеленая, шириной до 0,5 мм. Желёзки на стыке черешка и листовой пластинки (базальные желёзки) отсутствуют.

Это описание относится к характерным листьям с укороченных побегов средней части ветки в кроне взрослого дерева. Листья в других частях кроны или с других побегов могут обладать разной формой и походить на листья некоторых других межсекционных гибридов (*Populus × petrovskoe*, *P. × sibirica*). Искажается форма листа также при обрезке дерева. Коробочки не наблюдались, т.е. культивируются мужские клонь.

Фенологические признаки *Populus × rasumovskoe*

Populus × rasumovskoe весной 2024 г. прошел в Москве близ проезжей части различные фазы весеннего развертывания листвы на 1–3,5 дня раньше тополя сибирского, считающегося самым ранним тополем. В среднем это на 2 дня раньше, т.е. тополь Разумовского оказался весной (по крайней мере, весной 2024 г. в Тимирязевском районе Москвы) самым ранним тополем.

Деревья вдали от проезжей части в 2024 г. прошли соответствующие весенние фазы на 0,5–2 дня раньше (в среднем на 1,5 дня раньше) тополя сибирского, т.е. повели себя сходно с деревьями близ проезжей части, значит, такое раннее развитие – это не случайность.

Осенью 2023 г. *P. × rasumovskoe* в Москве во дворах сбросил 80% листвы на 18 дней позже, чем *P. × sibirica*, но опередил другие московские культивары: *P. × canescens* (Aiton) Sm. – на 2–3 дня, *P. × petrovskoe* и *P. × canadensis* – на 6 дней, *P. deltoides* Bartram ex Marshall – на 10 дней, *P. simonii* Carriere f. *pendula* C.K. Schneid. – на 11–12 дней, *P. nigra* var. *nigra* × *P. nigra* var. *italica* Du Roi (северную раину) – на 13–14 дней. Сходный результат был получен для деревьев близ проезжей части, хотя здесь мы смогли сопоставить не все московские культивары, т.к. некоторые из них не высаживаются в таких условиях. В общем, по сбрасыванию листвы тополь Разумовского – это относительно ранний, хотя и не самый ранний тополь.

Во дворах аналогичная осенняя фенофаза наступила у *P. × rasumovskoe* на 9–12 дней позже, чем близ проезжей части, т.е. тополь Разумовского отчасти угнетается близостью автотранспорта, но пока мы знаем лишь такое проявление этого угнетения.

Весенние листья у тополя Разумовского зеленые (без характерного для некоторых культиваров оранжевого или красноватого оттенка). Осенью листья становятся желтовато-зеленоватыми, бледно-зеленоватыми, иногда желтовато-буроватыми, но только не чисто желтыми, как, например, у тополя сибирского.

К вопросу о родительских видах *Populus × rasumovskoe*

Выше уже говорилось (см. п. 2 в подразделе «Идентификация...» в нашей предыдущей статье [Насимович и др., 2025]), что несколько исследователей независимо посчитали *Populus × rasumovskoe* гибридом *P. nigra* и *P. suaveolens*. Приведены были также соответствующие морфологические объяснения. Но это было сказано лишь для доказательства, что речь идет о том же самом культиваре: при взгляде на него у разных людей возникают сходные мысли. Тем не менее, это не означает, что родительские виды достоверно выяснены.

В наших предыдущих работах [Borkhert et al., 2023; Черные и бальзамические тополя..., 2024] на основании молекулярно-генетических данных мы представили *P. × rasumovskoe* как гибрид *P. nigra* (женское дерево) × *P. suaveolens* (мужское дерево). Такая половая принадлежность родительских видов совпала с указанием П.Е. Волкенштейна [Wolkenstein, 1882], что является еще одним доказательством правильной идентификации данного культивара.

Тем не менее, мы тогда не стали интерпретировать тот факт, что *P. × rasumovskoe* расположился на дендрограмме [Borkhert et al., 2023, fig. 5] значительно ближе к *P. suaveolens*, чем к *P. nigra*. Это, однако, может означать возвратную гибридизацию. Признаки тополя душистого выражены лучше, чем тополя черного: листовая пластинка овальная, совсем без ромбовидности, даже сложенной, а «носик» совсем узкий. Поэтому нужно рассматривать возможность, что это возвратный гибрид: *P. suaveolens* × (*P. nigra* × *P. suaveolens*). И все-таки секционные признаки черных тополей представлены тоже хорошо: черешок, как правило, заметно сплюснут с боков, а листья вне укороченных побегов бывают чуть ромбовидными; контраст верхней и нижней поверхности листа не очень большой.

Нужно также отдавать себе отчет, что *P. × rasumovskoe* возник в дендропарку, где, по данным Р.И. Шредера (1899), выращивались 30 видов, гибридов и форм тополей. Поэтому бальзамическая составляющая нашего культивара может быть представлена и несколькими видами тополей, хотя в любом случае преобладает влияние *P. suaveolens*.

Напоминаем также, что Р.И. Шредер (1899) в своей поздней публикации, т.е. на 17 лет позже П.Е. Волкенштейна, привел иные родительские виды для данного гибрида: «Получен посевом семян *P. Wobstii* [*P. × wobstii*], оплодотворенного *P. Laurifolia*» (сам Шредер вряд ли что-то высевал, а просто соответствующим образом интерпретировал спонтанные гибриды). Тополь Вобста – это сам по себе не вполне понятный

гибрид, приведенный, но, по сути, никак не описанный Р.И. Шредером: «Быстро растущее дерево средней величины, найденное близ Москвы покойным садовником ботанического сада Императорского Московского университета, Густавом Фёдоровичем Вобстъ [Вобстом], и представляющее без сомнения [!] гибрид между *P. candicans* [тополь Джека в нашем понимании] и *suaveolens*». Оба указанные вида имеют сердцевидное основание листа; у первого оно глубокосердцевидное (как у липы), у второго – слегка сердцевидное у самого черешка, но тогда их гибрид должен иметь широкие, округлые и чуть сердцевидные листья, чего у тополя Вобста в современном понимании [Цвёлов, 2001; Чужеродная флора..., 2020] не наблюдается. А у тополя Разумовского не наблюдается ребристых осей побегов, которые должны были бы перейти гибриду от тополя лавролистного. В общем, тополь Разумовского, по данному описанию Шредера, не соответствует тополю Разумовского в понимании П.Е. Волкенштейна.

Мы по многим причинам предпочли ориентироваться на статью П.Е. Волкенштейна (см. [Насимович и др., 2025]). Но все же обязаны напомнить, что в этом же перечне 1899 г. Р.И. Шредер упоминает тополь екатерининский – «*Populus Catherinae*» R.I. Schrod., для которого приводит следующие сведения: «Северная Россия, Сибирь, в садах. Огромной величины дерево с широко распущенной кроной, полученное мною из Екатеринбурга и разводимое поэтому под названием Екатерининского; несомненно [!] гибрид от *P. nigra* и *suaveolens*» [Шредер, 1899]. В общем, у тополя Разумовского, если в нашем смысле, появляется конкурирующее название. В формальном отношении это противоречие можно разрешить, посчитав тополь екатерининский простым гибридом, а тополь Разумовского – возвратным гибридом с преобладанием генов и признаков тополя душистого. Тогда тополь Разумовского мог возникнуть при гибридизации тополя екатерининского (женское дерево) с тополем душистым (мужское дерево). Тополь екатерининский в качестве предполагаемого родительского вида вполне мог быть принят Р.И. Шредером за *Populus × candicans*, что объясняет противоречие между текстом П.Е. Волкенштейна и поздними взглядами Р.И. Шредера. В каких-либо других литературных источниках мы пока не нашли упоминания о тополе екатерининском.

Выводы

1. Тополь Разумовского (*P. × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.) – это среднее по мощности дерево, очень часто с плакучей кроной. Оси 2–3-годичных побегов цилиндрические, без «ребрышек». Черешки

слабо сплюснутые с боков, без бороздки сверху или со слабо намеченной бороздкой. Листовые пластинки на укороченных побегах в кроне взрослого дерева яйцевидные или округло-эллиптические. Их основания ширококлиновидные или овальные. Верхушка листа острая, всегда резко оттянута в узкий «носик» длиной 1–1,5 см. Базальные желёзки отсутствуют.

2. Весной тополь Разумовского раскрывает листву чуть раньше тополя сибирского или вместе с ним, опережая другие обычные московские культивары.

3. Осенью он сбрасывает листву существенно позже тополя сибирского, но раньше других московских культиваров.

4. Родительскими видами тополя Разумовского, вероятно, являются *Populus nigra* и *P. suaveolens*, причем, вероятнее всего, это возвратный гибрид: *P. suaveolens* × (*P. nigra* × *P. suaveolens*), т.к. признаки тополя душистого выражены лучше, а на молекулярно-генетической дендрограмме он «встал» ближе к тополю душистому, чем к тополю черному.

Библиографический список / References

Молекулярно-генетическое разнообразие *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) в Москве / Р.А. Муратаев, Ю.А. Насимович, Е.В. Борхерт и др. // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14. № 4. С. 413–434. DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-4-413-434 [Murataev R.A., Nasimovich Yu.A., Borkhert E.V. et al. Molecular genetic diversity of *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) in Moscow. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2024. Vol. 14. No. 4. Pp. 413–434. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-4-413-434]

Насимович Ю.А., Майоров С.Р., Муратаев Р.А. Идентификация *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) в Москве // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 137–155. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-137-155 [Nasimovich Yu.A., Mayorov S.R., Murataev R.A. Identification of *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) in Moscow. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 137–155. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-137-155]

Цвелеев Н.Н. О тополях (*Populus*, Salicaceae) Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Ботанический журнал. 2001. Т. 86. № 2. С. 70–78. [Tsvelev N.N. About poplars (*Populus*, Salicaceae) of St. Petersburg and the Leningrad region. *Botanicheskii Zhurnal*. 2001. Vol. 86. No. 2. Pp. 70–78. (In Rus.)]

Черные и бальзамические тополя России, их природные и культурные гибриды: молекулярно-генетические данные, родственные связи, статус / Ю.А. Насимович, М.В. Костина, Е.В. Борхерт и др. // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14. № 1. С. 9–69. DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-9-69 [Nasimovich Yu.A., Kostina M.V., Borchert E.V. et al. Black and balsam poplars

of Russia, their natural and cultural hybrids: Molecular genetic data, relationships, status. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2024. Vol. 14. No. 1. Pp. 9–69. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-9-69]

Чужеродная флора Московского региона: состав, происхождение и пути формирования / С.Р. Майоров, Ю.Е. Алексеев, В.Д. Бочкин и др. М., 2020. [Mayorov S.R., Alekseev Yu.E., Bochkin V.D. et al. Chuzherodnaya flora Moskovskogo regiona: sostav, proiskhozhdenie i puti formirovaniya [Alien flora of the Moscow region: Composition, origin and ways of formation]. Moscow, 2020.]

Шредер Р.[И.] Указатель растений Дендрологического сада Московского сельскохозяйственного института. М., 1899. [Schroeder R.[I.] Ukazatel rasteniy Dendrologicheskogo sada Moskovskogo selskohozyaystvennogo instituta [Index of plants of the Dendrological Garden of the Moscow Agricultural Institute]. Moscow, 1899.]

Borkhert E.V., Pushkova E.N., Nasimovich Yu.A. et al. Sex-determining region complements traditionally used in phylogenetic studies nuclear and chloroplast sequences in investigation of Aigeiros Duby and Tacamahacas pach poplars. *Frontiers in Plant Science*. 2023. No. 14. 1204899. DOI: 10.3389/fpls.2023.1204899

[Wolkenstein P.E.]. P.W. New plants at the Moscow exhibition. The gardeners' chronicle. *A weekly Illustrated Journal or Horticulture and Allied Subjects*. 1882. Vol. XVIII. Newseries. July to December. P. 108.

Статья поступила в редакцию 19.02.2025, принята к публикации 09.04.2025
The article was received on 19.02.2025, accepted for publication 09.04.2025

About the authors / Сведения об авторах

Насимович Юрий Андреевич – эксперт в области сохранения биоразнообразия, Государственное природоохранное бюджетное учреждение г. Москвы «Государственный природоохранный центр»

Yuri A. Nasimovich – biodiversity conservation expert, State Environmental Protection Budgetary Institution of Moscow “State Nature Conservation Centre”, Moscow, Russian Federation

E-mail: nasimovich@mail.ru

Муратаев Рамиль Айдарович – аспирант кафедры генетики, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; старший лаборант лаборатории постгеномных исследований, Институт молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта Российской академии наук, г. Москва

Ramil A. Murataev – PhD student at the Department of Genetics, Lomonosov Moscow State University; research assistant at the Laboratory of Postgenomic Research, Engelhardt Institute of Molecular Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3632-3835>

E-mail: ramil.murataev@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Ю.А. Насимович – организация исследования, сбор и анализ полевого, гербарного и литературного материала, проведение фенологических наблюдений

Р.А. Муратаев – участие в сборе и анализе полевого, гербарного и литературного материала, проведение фенологических наблюдений

Contribution of the authors

Yu.A. Nasimovich – organisation of the research, collection and analysis of field, herbarium and literary material, phenological observations

R.A. Murataev – participation in the collection and analysis of field, herbarium and literary material, phenological observations

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-270-283

УДК 582.795

М.Н. Стаменов

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН,
445003 г. Тольятти, Самарская обл., Российская Федерация

Некоторые особенности строения кроны у *Tilia cordata* Mill. в горах Южного Урала в окрестностях Белорецка (Башкортостан)

Через Южный Урал проходит восточная граница сплошного распространения такого ценотически и хозяйствственно важного вида, как липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.). Для лучшего понимания адаптивных свойств видов важно исследовать их популяции в краевых частях ареалов. В связи с этим в ходе рекогносцировочного обследования фитоценозов горы Малиновая Первая в Белорецком районе Башкортостана описаны местообитания и проанализировано строение кроны у девяти особей *T. cordata* Mill. Установлено, что деревья *T. cordata* произрастают в окне в березово-сосновом лесу на склоне западной экспозиции, в привершинной части горы в смешанном лесу и в сосновом лесу на склоне юго-восточной экспозиции. Обнаружены имматурная, виргинильные, молодые и средневозрастные генеративные особи одноствольной, немногоствольной и порослеобразующей жизненных форм. Крона особей образована ортотропным либо растущим по диагонали вверх стволом, вдоль которого в акропетальном направлении угол отхождения ветвей становится более острым. У молодой генеративной особи, растущей в окне, лучше всего выражена дифференциация кроны на три высотных зоны, которые состоят из поникающих, плахиотропных и восходящих ветвей соответственно. У всех молодых и средневозрастных генеративных особей из почек в нижней части ствола отходят один или 2–3 дополнительных ствола, высота которых может достигать 60% от высоты всей особи.



Ключевые слова: липа сердцевидная, онтогенетическое состояние, крона, ствол, ветви, биоморфология, жизненная форма, местообитание, горные леса

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания Института экологии Волжского бассейна Российской академии наук – филиала Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук «Комплексная оценка состояния биологических ресурсов и мониторинг природных экосистем Волжского бассейна (FMRW-2025-0047)» (регистрационный номер 1024032600230-5-1.6.19).

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Стаменов М.Н. Некоторые особенности строения кроны у *Tilia cordata* Mill. в горах Южного Урала в окрестностях Белорецка (Башкортостан) // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 3. С. 270–283. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-270-283

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-270-283

M.N. Stamenov

Samara Feral Research Center RAS,
Institute of Ecology of Volga River Basin RAS,
Togliatti, Samara region, 445003, Russian Federation

Some features of the crown structure of *Tilia cordata* Mill. in the Southern Ural Mountains near Beloretsk (Bashkortostan)

The Southern Urals mark the eastern boundary of the continuous distribution of the small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), a coenotically and economically important species. To better understand the adaptive properties of the species, it is important to study their populations at the margins of their ranges. Therefore, during a reconnaissance survey of the phytocenoses of Malinovaya Pervaya Mountain in the Beloretsky District of Bashkortostan, the habitats of nine *T. cordata* Mill. specimens were described and their crown structure analyzed. It was established that *T. cordata* trees grow in a gap within the birch-pine forest on a western-facing slope, in a mixed forest near the mountain's summit, and in a pine forest on a southeastern-facing slope.

Immature, virginile, young, and middle-aged generative specimens of single-stemmed, multi-stemmed, and coppice-forming life forms were identified. The crown of these specimens is formed by an orthotropic or diagonally upward-growing trunk, along which the branching angle becomes more acute in the acropetal direction. In a young generative specimen growing in a gap, the crown is best differentiated into three altitudinal zones that contain drooping, plagiotropic, and ascending branches respectively. All young and middle-aged generative specimens have one or two or three additional trunks emerging from buds in the lower part of the trunk, the height of which can reach 60% of the total height of the specimen.

Key words: small-leaved linden, ontogenetic stage, crown, trunk, branches, biomorphology, life form, habitat, mountain forests

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Samara Feral Research Center of the Russian Academy of Sciences “Comprehensive assessment of the state of biological resources and monitoring of natural ecosystems of the Volga basin (FMRW-2025-0047)” (registration number 1024032600230-5-1.6.19).

CITATION: Stamenov M.N. Some features of the crown structure of *Tilia cordata* Mill. in the Southern Ural Mountains near Beloretsk (Bashkortostan). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 3. Pp. 270–283.
DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-270-283

Липа сердцевидная, или мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) является одной из важнейших лесообразующих пород России¹ и одним из основных видов восточноевропейских широколиственных лесов [Восточноевропейские..., 2004]. Велико ее хозяйственное-культурное значение: древесина липы используется в производстве декоративных изделий [Удалова, 2016], а цветущие деревья выступают в качестве прекрасных медоносов [Мурахтанов, 1981]. Участие *T. cordata* в пчеловодстве особенно актуально для Башкирии, где сосредоточены крупные массивы липовых лесов, а население издавна занимается заготовкой липового меда [Кадымов, Хисамов, Кулагин, 2011]. В то же время в горах Южного Урала, в том числе в пределах Башкортостана, проходит восточная граница ареалов большинства видов широколиственных лесов, в частности, дуба черешчатого *Quercus robur* L. [Горчаковский, 1968;

¹ Национальный атлас. 2021. URL: <https://nationalatlas.ru/tom3/356-357.html> (дата обращения: 10.10.2025).

Горичев, Давыдышев, Юсупов, 2015]. Несмотря на то, что островные популяции *Tilia cordata* встречаются и в Западной Сибири [Науменко, 2009], область сплошного распространения популяций и целых древостоев, образованных липой, также ограничивается западными макросклонами Южного Урала. В связи с этим изучение биоэкологических особенностей *T. cordata* в восточной части ее ареала представляет особый интерес. Поэтому целью нашего сообщения является краткое описание условий произрастания и строения надземных вегетативных органов у деревьев *T. cordata* на склонах горы Малиновая Первая в окрестностях г. Белорецка (Башкортостан).

Материалы и методы

Район исследований расположен в Белорецком районе Республики Башкортостан, в 1,8–4 км к западу и северо-западу от окраин районного центра (рис. 1). С точки зрения физико-географического районирования он относится к Приверхнебельскому округу Прибельско-Уралтауской горно-лесной подпровинции со светлохвойной тайгой и березовыми лесами горно-лесной провинции области гор Южного Урала [Физико-географическое районирование..., 1964].

Исследования проводили на южных, юго-западных и юго-восточных склонах хребта с останцовыми горами Малиновая Первая – Малиновая Третья с абсолютными высотами от 600 до 910 м над уровнем моря. Хребет сложен метаморфизированными породами докембрия. Четвертичные отложения представлены грубообломочными и сильнощебнистыми образованиями.

Средние температуры июля и января: $-16,5$ и $+16$ °С соответственно. Годовое количество осадков – 450–550 мм, средняя мощность снежного покрова – до 50 см, продолжительность безморозного периода – 70–90 дней.

В почвенном покрове преобладают светло-серые лесные груboskeletalные почвы. Растильный покров представлен сосновыми, сосново-березовыми и осиновыми лесами, вблизи вершины г. Малиновая Первая – также участками пихтарников и осинников с елью. Травяной покров злаково-разнотравный и широкотравно-разнотравный с boreальными элементами.

Деревья *T. cordata* искали в мае 2025 г. в ходе рекогносцировочного обхода горы Малиновая Первая от подножия к вершине и последующего спуска к подножию по другому маршруту. Общая длина маршрута в пределах хребта превысила 15 км.

Особи *T. cordata* обнаружены в трех местообитаниях.



Рис. 1. Район исследований

На врезке показан космоснимок той части хребта, в которой обнаружены особи *Tilia cordata*. Использован скриншот с платформы inaturalist.

Цифры 1–3 на врезке обозначают местообитания *T. cordata*

Fig. 1. Study area

The inset shows a satellite image of the part of the ridge where *Tilia cordata* specimens were found. A screenshot from the inaturalist platform was used. Numbers 1–3 in the inset indicate *T. cordata* habitats

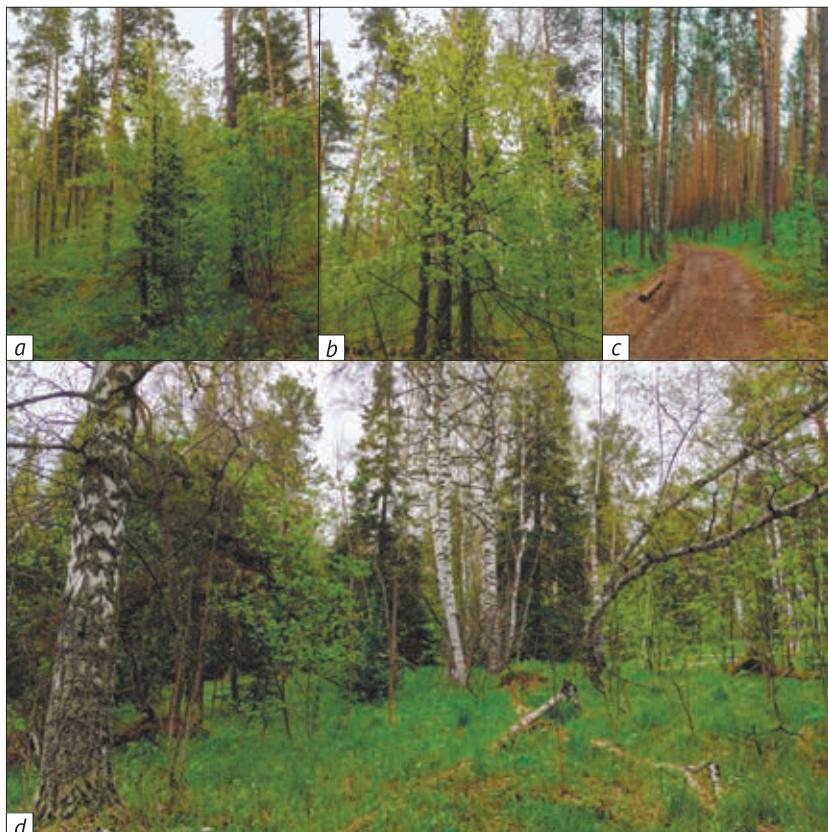


Рис. 2. Местообитания *Tilia cordata*:

a – общий вид местообитания 1; b – особь *Tilia cordata* в местообитании 1;
c – местообитание 3; d – местообитание 2

Fig. 2. Habitats of *Tilia cordata*:

a – general view of habitat 1; b – individual of *Tilia cordata* in habitat 1;
c – habitat 3; d – habitat 2

1. 53.97518 N, 58.31306 E; 53.97555719 N, 58.31302804E (здесь и далее указаны координаты крайних деревьев *Tilia cordata* в описываемом местообитании). Склон западной экспозиции крутизной 16–20°. Высота н.у.м. – около 700 м. Покрыт березово-сосновым разнотравно-широкотравным лесом с бореальными видами (рис. 2a, b). Сомкнутость древостоя – 0,7–0,8, также выражены крупные окна. Подрост состоит из *Abies sibirica* Ledeb., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Betula pendula*

Roth и *Tilia cordata*. Подлесок состоит преимущественно из *Sorbus aucuparia* L., изредка встречается *Daphne mezereum* L. Сомкнутость подроста и подлеска – 0,3–0,5. В травяном ярусе преобладают *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem., *Aegopodium podagraria* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Primula veris* L. Также отмечены *Trollius europaeus* L., *Orthilia secunda* (L.) House, *Pyrola rotundifolia* L., *Oxalis acetosella* L. Особи *Tilia cordata* произрастают в окне.

2. 54.0037197 N, 58.31351175 E; 54.00370014 N, 58.31355717 E. Выровненный участок вблизи основания скальных останцов, образующих вершину горы Малиновая Первая. Высота н.у.м. – около 850 м. Покрыт елово-пихтово-березовым разнотравно-широкотравным лесом с boreальными видами (рис. 2d). В древостое единично присутствуют *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L. и *Tilia cordata*. Сомкнутость древостоя – 0,6–0,8, выражены крупные окна. Подрост состоит преимущественно из *Abies sibirica* и *Populus tremula*, реже встречаются *Prunus padus* L. и *Malus* sp. В подлеске преобладает *Sorbus aucuparia*, также представлены *Lonicera xylosteum* L. и *Rosa* sp. Сомкнутость подроста и подлеска – 0,3–0,5. В травяном ярусе преобладают *Calamagrostis arundinacea*, *Primula veris*, *Aegopodium podagraria*, *Trollius europaeus*. Также отмечены *Aconitum septentrionale* Koelle, *Glechoma hederacea* L., *Geranium sylvaticum* L.

3. 53.99293334 N, 58.32320023 E; 53.99038824 N, 58.32720923 E. Склон юго-восточной экспозиции крутизной 5–10°. Высота н.у.м. – 630–670 м. Покрыт сосновым разнотравно-широкотравно-кустарничковым лесом (рис. 2c). В древостое присутствует примесь *Betula pendula*, единично встречается *Tilia cordata*. Сомкнутость древостоя – 0,7–0,8. Особи *T. cordata* произрастают главным образом вблизи грунтовой дороги. В подросте представлена в основном *Abies sibirica*, единично – *Tilia cordata*. В подлеске преобладает *Sorbus aucuparia*. Сомкнутость подроста и подлеска – 0,5–0,8. В травяно-кустарниковом ярусе представлены *Calamagrostis arundinacea*, *Primula veris*, *Rabelera holostea* L., *Glechoma hederacea*, *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea*, *Anemona strumbiarmiense* (Juz.) Holub.

Всего найдено девять деревьев *Tilia cordata*.

У каждой обнаруженной особи *T. cordata* устанавливали онтогенетическое состояние и жизненную форму [Диагнозы и ключи..., 1989]. Описывая строение кроны, отмечали направление роста ствола и крупных ветвей от ствола. К крупным относили такие ветви, у которых отношение диаметра у основания к диаметру ствола в месте отхождения ветви превышает 0,5. Также обращали внимание на раздваивания

осей с образованием вильчатых структур и на перевершивания ствола и ветвей. Отмечали факты реитерации. Под ветвью-реитератом понимали более слабую по развитию ось, входящую в состав неравновильчатой структуры [Millet, Bouchard, Edelin, 1998]. Такая ось уступает по мощности стволу, но значительно превосходит «обычные» ветви. У имматурных и виргинильных особей учитывали календарный возраст надземной части растения. Строение подземных органов не анализировали. В связи с этим имматурную особь с диагонально растущим стволом отнесли к одноствольной жизненной форме.

У всех особей измерены высота, диаметр ствола на уровне почвы или на высоте груди, радиус кроны.

У всех деревьев отмечены координаты. Фотографии практически всех особей добавлены на платформу *inaturalist*.

Результаты

Имматурное состояние

Отмечена одна одноствольная особь в местообитании 3. Особь достигает высоты 1,2 м, диаметр ствола у основания – 1 см, возраст – четыре года. Ее ствол направлен по диагонали вверх под углом 50–60° к поверхности почвы. Дистальная часть ствола отмирает и замещается двумя восходящими ветвями (рис. 3а).

Виргинильное состояние

Отмечено по одной особи в местообитаниях 1 и 3. Особь в местообитании 1 имеет высоту 2,5 м. Диаметр ствола на высоте груди составляет 1,1 см, радиус кроны – до 1,5 м. Возраст – пять лет. Ее крона образована двумя стволами. От каждого ствола отходит по три крупные ветви. Наиболее длинная ветвь расположена в средней части ствола. Угол отхождения ветвей уменьшается снизу вверх вдоль ствола (рис. 3б).

Особь в местообитании 3 имеет высоту 2,2 м. Диаметр ствола на уровне почвы составляет 2,2 см, радиус кроны – 0,7–0,8 м. Возраст особи – шесть лет. Она относится к одноствольной жизненной форме. В нижней части ствол разделяется на дочерние оси, одна из которых обкусана. Сохранившаяся дочерняя ось, в свою очередь, снова раздваивается, при этом одна из осей функционально продолжает ствол, а вторая выполняет функцию ветви-реитерата. «Обычные» ветви имеют плагиотропное либо восходящее (под углом около 60° к вертикальному отрезку ствола) направление роста. Ряд ветвей в дистальной части отклоняется вниз к поверхности почвы (рис. 3с).

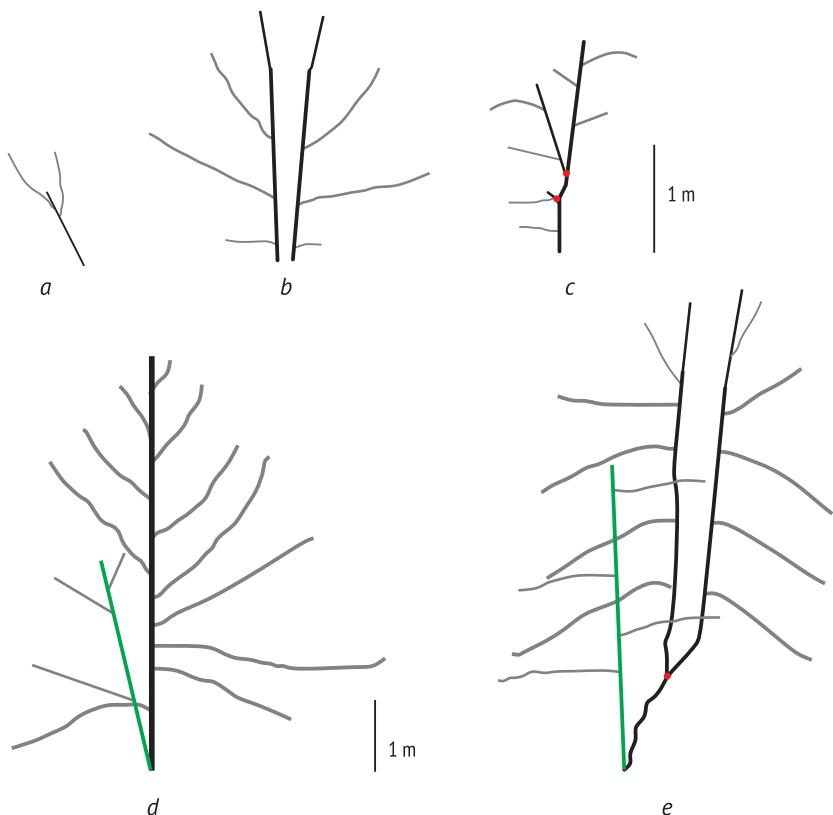


Рис. 3. Схема строения кроны у особей *Tilia cordata*:

a – имматурное состояние; b, c – виргинильное состояние;
d, e – молодое генеративное состояние

Зеленым цветом показаны дополнительные стволы.

Красным кружком обозначены вилльчатые структуры

Fig. 3. Diagram of the crown structure of *Tilia cordata* specimens:

a – immature stage; b, c – virginile stage; d, e – young generative stage
Additional trunks are shown in green.

Forked structures are indicated by the red circle

Молодое генеративное состояние

Отмечено по одной особи порослеобразующей жизненной формы в местообитаниях 1 и 3. Высота особи в местообитании 1 достигает почти 6 м, а диаметр ствола на высоте груди – 18 см. Радиус кроны достигает 2,5–2,7 м. Ствол растет ортотропно, вдоль него снизу вверх

сменяются поникающие, плахиотропные и восходящие ветви. Наиболее длинные ветви сформированы в нижней трети ствола. От основания главного ствола отходит более слабый дополнительный ствол, достигающий примерно половины высоты дерева. От него отходит несколько восходящих ветвей (рис. 3d).

В местообитании 3 особь имеет высоту 6,5 м и диаметр ствола 23 см. Радиус кроны составляет 2–2,5 м. Основной ствол в нижней трети несколько раз перевершинивается, что придает оси «ломанный» вид. Затем он раздваивается на близкие по развитию дочерние оси. От них отходят преимущественно плахиотропные и поникающие ветви, которые в верхней трети кроны сменяются восходящими. Дополнительный ствол достигает примерно 60% от высоты кроны. Он растет ортотропно и несет несколько плахиотропных и поникающих ветвей (рис. 3e).

Средневозрастное генеративное состояние

Отмечено по две особи порослеобразующей жизненной формы в местообитаниях 2 и 3. В местообитании 2 особи достигают высоты 15–18 м, а диаметр ствола на высоте груди составляет 30–35 см. Радиус кроны достигает 3–5 м. От ортотропного ствола отходят плахиотропные ветви, поникающие в дистальной части. Ветви регулярно перевершинаются. В верхней трети они сменяются восходящими ветвями. Из области основания ствола отходят два–три дополнительных ствола высотой до 2 м. Часть стволов саблевидно изогнута в базальной части (рис. 4a).

В местообитании 3 крона особи образована стволом, растущим по диагонали от основания. На его «нижней» стороне ветви растут ступенчато вниз к поверхности почвы, а на «верхней» стороне вначале отходят под прямым углом, а затем выпрямляются. От нижней части ствола отходят 2–3 косонаправленных дополнительных ствола высотой до 2,5 м. Крупные ветви на них не образуются (рис. 4b).

Обсуждение

Начиная с молодого генеративного состояния, у обследованных нами деревьев *Tilia cordata* прослеживается общая закономерность. От нижней к верхней части ствола сменяют друг друга три типа ветвей:

- 1) ветви, которые уже в своей базальной части растут вниз к поверхности субстрата;
- 2) ветви, растущие плахиотропно хотя бы до середины; далее в сторону своей верхушки они либо поникают, либо выпрямляются;
- 3) ветви, у которых плахиотропный отрезок короткий либо отсутствует; они растут по диагонали вверх.

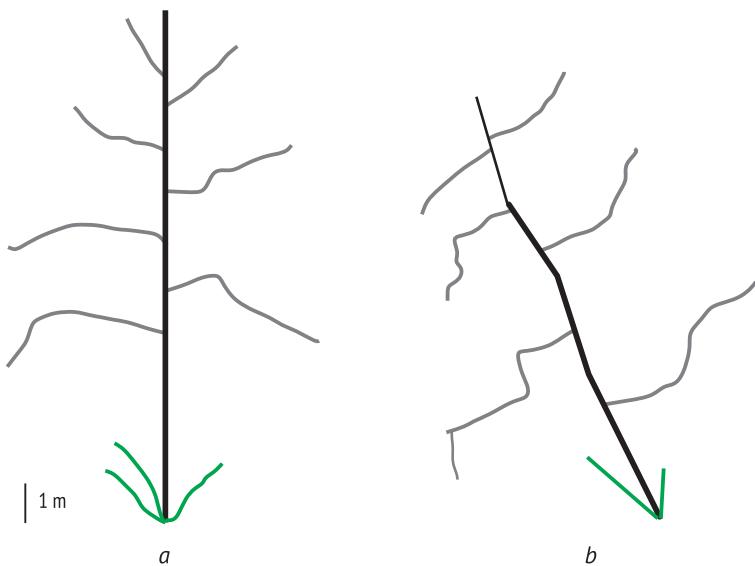


Рис. 4. Схема строения кроны у особей *Tilia cordata* в средневозрастном генеративном состоянии
Зеленым цветом показаны дополнительные стволы

Fig. 4. Diagram of the crown structure of *Tilia cordata* specimens in the middle-aged generative stage
Additional trunks are shown in green

Подобная «трехзонность» лучше всего выражена у молодой генеративной особи, растущей в окне на склоне. Дифференциация кроны на три высотных уровня и формирование «юбки» из поникающих ветвей в целом соответствует габитусу солитера в парковых насаждениях Москвы [Разумовский, 1991].

В более сомкнутых сообществах и у более старых особей зонирование кроны выражено слабее: основная масса крупных ветвей распределяется плахиотропно, часть из них образует «колено-образные» перегибы и в дистальной части начинает поникать. Сходный механизм описан у стареющих деревьев в городских посадках [Там же]. Сходство между центральной и краевой частями ареала *Tilia cordata* по типам ветвей и характеру их отхождения от ствола свидетельствует о том, что данный способ формирования кроны является устойчиво наследственно закрепленным.

У *Tilia cordata* строение подземных органов и их роль в формировании жизненных форм и расселении вида [Чистякова, 1978, 1979] описаны полнее, чем организация надземных побеговых систем. А.А. Чистякова отмечает, что в северо-восточной части ареала (Висимский заповедник) в ценопопуляциях вида преобладают распространенные жизненные формы [Чистякова, 1979]. Мы выявили только немногостольную и порослеобразующую жизненные формы [Диагнозы и ключи..., 1989]. Возможно, имматурная и одна из виргинильных особей имеют ксилоризомное происхождение и представляют собой парциальные образования, а «исходные» деревья уже выпали из древостоя.

Для оценки распространения стелющихся форм и ксилоризомных образований у *T. cordata* в восточной части ареала необходимы дальнейшие исследования биоморфологии вида за пределами полосы распространения широколиственных лесов на Южном Урале. Кроме того, важно проанализировать строение ветвей более высоких порядков ветвлений и измерить годичные приросты у основных скелетных осей кроны.

Заключение

В ходе рекогносцировочного обследования фитоценозов горы Малиновая Первая (окрестности Белорецка, Башкортостан) выявлено девять особей *T. cordata*. Они произрастают в окне березово-соснового леса на склоне западной экспозиции, на выровненном участке привершинной части горы в смешанном лесу и на склоне юго-восточной экспозиции в сосновом лесу.

Особи *T. cordata* относятся к имматурному, виргинильному, молодому и средневозрастному генеративным состояниям. У них сформированы одноствольная, немногостольная и порослеобразующая жизненные формы.

У генеративных особей вдоль ствола поникающие ветви сменяются плахиотропными, а затем восходящими. Протяженность каждой высотной зоны кроны зависит от сомкнутости сообщества и биологического возраста особи. Наиболее полно трехзонная структура кроны выражена у молодой генеративной особи в окне березово-соснового леса на склоне.

Библиографический список / References

Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. М., 2004. [Vostochnoevropeskie lesa: istoriya v golotsene i sovremennost [Eastern European forests: Holocene history and modernity]. Moscow, 2004.]

Горичев Ю.П., Давыдышев А.Н., Юсупов И.Р. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) в Южно-Уральском заповеднике // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 247–249. [Gorichev Yu.P., Davydych A.N., Yusupov I.R. *Quercus robur* L. in the South Ural Nature Reserve. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2015. No. 10 (185). Pp. 247–249. (In Rus.)]

Горчаковский П.Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала // Тр. ин-та экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР. Свердловск, 1968. Вып. 59. [Gorchakovskiy P.L. Plants of European broad leaf forests at the eastern limit of their range. *Trudy Instituta ekologii rastenii i zhivotnykh Uralskogo filiala AN SSSR*. Sverdlovsk, 1968. Issue 59. (In Rus.)]

Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. М., 1989. [Diagnozy i klyuchi vozrastnykh sostoyanii lesnykh rastenii. Derevya i kustarniki [Diagnoses and keys of age conditions of forest plants. Trees and shrubs]. Moscow, 1989.]

Кадымов И.Г., Хисамов Р.Р., Кулагин А.А. Оценка запасов и особенности использования недревесных ресурсов леса в Бугульминско-Белебеевской возвышенности в пределах Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5 (3). С. 51–54. [Kadymov I.G., Khisamov R.R., Kulagin A.A. Estimation of stocks and feature of use of not wood resources of wood in the Bugulminsko-Belebeevsky height in Republic of Bashkortostan. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011. Vol. 13. No. 5 (3). Pp. 51–54. (In Rus.)]

Мурахтанов Е.С. Липа. М., 1981. [Murakhtanov E.S. Lipa [Linden]. Moscow, 1981.]

Науменко Н.И. Островное местонахождение *Tilia cordata* Mill. в лесостепи Тобол-Ишимского междуречья: к 45-летию работы П.Л. Горчаковского о западносибирском крыле ареала липы мелколистной // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2009. Вып. 2. С. 49–60. [Naumenko N.I. The location of *Tilia cordata* Mill. in the forest steppe of the Tobol-Ishim watershed: The 45th anniversary of the article of P.L. Gorchakovskiy published for the West-Siberian geographic location of the small-leaved linden. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2009. Issue 2. Pp. 49–60. (In Rus.)]

Разумовский Ю.В. Особенности развития липы *Tilia cordata* Mill. в городе // Биологические науки. 1991. № 8. С. 151–160. [Razumovsky Yu.V. Features of development of *Tilia cordata* Mill. in urban area. *Biologicheskie nauki*. 1991. No. 8. Pp. 151–160. (In Rus.)]

Удалова Н.Н. Применение дерева в дизайне // Инновации в науке. 2016. № 4 (53). С. 35–39. [Udalova N.N. Application of the tree in design. *Innovatsii v naune*. 2016. No. 4 (53). Pp. 35–39. (In Rus.)]

Чистякова А.А. О жизненной форме и вегетативном разрастании липы сердцевидной // Бюллетень МОИП. Отдел Биологический. 1978. Т. 83. № 2. С. 129–136. [Chistyakova A.A. On the life form and vegetative spreading of the small-leaved lime *Tilia cordata* Mill. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1978. Vol. 83. No. 2. Pp. 129–136. (In Rus.)]

Чистякова А.А. Большой жизненный цикл *Tilia cordata* Mill. // Бюллетень МОИП. Отдел Биологический. 1979. Т. 84. № 1. С. 85–98. [Chistyakova A.A. The great life cycle of *Tilia cordata* Mill. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. 1979. Vol. 84. No. 1. Pp. 85–98. (In Rus.)]

Физико-географическое районирование Башкирской АССР // Ученые записки. Серия географическая. 1964. Т. 16. № 1. С. 6–191. [Physical and geographical zoning of the Bashkir ASSR. *Uchhyony ezapiski. Seriya geograficheskaya*. 1964. Vol. 16. No. 1. Pp. 6–191. (In Rus.)]

Millet J., Bouchard A., Édelin C. Plagiotropic architectural development of four tree species of the temperate forest. *Canadian Journal of Botany*. 1998. Vol. 76. Pp. 2100–2118.

Статья поступила в редакцию 19.06.2025, принята к публикации 09.08.2025
The article was received on 19.06.2025, accepted for publication 09.08.2025

Сведения об авторе / About the author

Стаменов Мирослав Найчев – кандидат биологических наук; младший научный сотрудник лаборатории исследования экосистем, Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти, Самарская обл.

Miroslav N. Stamenov – PhD in Biology; junior researcher at the Laboratory of Ecosystem Research, Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS – Branch of the Samara Feral Research Center of RAS, Togliatti, Samara region, Russian Federation

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2500-7925>

E-mail: mslv-eiksb@inbox.ru

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-284-301

УДК 502.474

О.А. Шемякина

Псковский государственный университет,
180000, г. Псков, Российская Федерация;

Государственный природный заповедник «Полистовский»,
182840, п. Бежаницы, Псковская обл., Российская Федерация

Влияние рекреационной нагрузки на орнитофауну экологической тропы заповедника «Полистовский»

В период 2012–2025 гг. изучена орнитофауна на экологической тропе «Плавнице болото» в государственном природном заповеднике «Полистовский». Даны характеристика видового состава и стабильности орнитофауны на отдельных участках тропы. Показана многолетняя динамика потока туристов на экотропе и изменения в распределении туристической нагрузки в течение года. На основании результатов мониторинга оценено влияние рекреационной нагрузки на число видов, численность и видовое разнообразие орнитофауны экологической тропы. Выявлены наиболее уязвимые к антропогенному воздействию участки тропы. В целях сохранения биоразнообразия предложено расширить систему индикаторов при осуществлении мониторинга влияния рекреационной нагрузки на орнитофауну. В качестве фактора, лимитирующего рекреационную нагрузку, предложено ограничение доступа на экотропу в период размножения птиц (апрель–июнь).

Ключевые слова: экологическая тропа, заповедник «Полистовский», рекреационная нагрузка, рекреационный мониторинг, экологический мониторинг, видовое богатство орнитофауны, видовое разнообразие орнитофауны, биологическое разнообразие, Псковская область



ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шемякина О.А. Влияние рекреационной нагрузки на орнитофауну экологической тропы заповедника «Полистовский» // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 3. С. 284–301. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-284-301

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-284-301

O.A. Shemyakina

Pskov State University,
180000, Pskov, Russia

Polistovsky Nature Reserve,
Bezhanitsy, 182840, Pskov region, Russian Federation

Impact of recreational load on avifauna of the ecological trail of Polistovsky Nature Reserve

In the period 2012–2025, avifauna was studied on the «Plavnitskoye bog» ecological trail in the “Polistovsky” state nature reserve. Characteristics of species composition and stability of avifauna on separate sections of the trail are given. The long-term dynamics of tourist flow on the eco-trail and changes in the distribution of tourist load during the year are shown. Based on the monitoring results, the impact of recreational load on the number of species, abundance and species diversity of avifauna of the ecological trail was assessed. The most vulnerable sections of the trail to anthropogenic impact were identified. In order to preserve biodiversity, it was proposed to expand the system of indicators when monitoring the impact of recreational load on avifauna. As a factor limiting the recreational load, it is proposed to limit access to the ecotrope during the breeding season of birds (April–June).

Key words: ecological trail, Polistovsky Nature Reserve, recreational load, recreational monitoring, ecological monitoring, species richness of avifauna, species diversity of avifauna, biological diversity, Pskov region

FOR CITATION: Shemyakina O.A. Impact of recreational load on avifauna of the ecological trail of Polistovsky Nature Reserve. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 3. Pp. 284–301. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-284-301

Введение

Исследование структурной организации орнитофауны и ее трансформации в ходе рекреационной нагрузки наиболее актуальны для территорий с особо охраняемым статусом, где развитие экологического просвещения и туризма должно быть сбалансировано с основной задачей, поставленной перед охраняемыми территориями, – сохранением биологического разнообразия и невмешательством в природные процессы.

В 2010 г. в Государственном природном заповеднике «Полистовский» для осуществления экотуризма и просветительской работы была оборудована тропа «Плавницкое болото». В целях сохранения биоразнообразия экотропы необходим мониторинг ее состояния, в том числе и по экологическим параметрам, что подразумевает проведение регулярного рекреационного мониторинга, который предоставляет данные о состоянии объектов живой и неживой природы в зоне тропы. Первые результаты мониторинга состояния экотропы были получены для растительных сообществ [Королькова, 2015]. Нормирование рекреационной нагрузки с применением новой методики¹ было выполнено для Плавницкой экотропы по результатам туристического сезона 2023 г. [Королькова, 2024].

Одним из заметных и важных компонентов биоразнообразия на Плавницкой экотропе являются птицы. Они привлекают внимание, служат популярным и доступным объектом для показа туристам и наблюдений. С другой стороны, орнитофауна рядом с экологической тропой находится в уязвимом положении, которое вызвано многолетней рекреационной нагрузкой в виде работ по обустройству тропы (установка настила и площадок из досок по всему маршруту, строительство моста на реке и наблюдательной вышки на болотном острове), посещений экскурсионными группами и учеными в исследовательских целях.

По литературным данным, воздействие рекреационной нагрузки отрицательно действует на птиц. Установлено, что количество посещений

¹ Постановление Правительства РФ от 31 октября 2023 года №1811 «Об утверждении Правил расчета предельно допустимой рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий федерального значения при осуществлении туризма». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1303569359?marker=6540IN> (дата обращения: 14.09.2025).

влияет на встречаемость птиц и состав их сообществ [Kangas et al., 2010]. Даже низкий уровень посещаемости может оказывать негативное влияние на некоторые виды и группы птиц (с большой дистанцией вспугивания, кормящихся в ветвях, открыто гнездящихся), что снижает видовое богатство [Bötsch, Tablado, Jenni, 2017]. Воздействие рекреации на редкие и охраняемые виды птиц оценивалось на экотропе заповедника «Рдейский» (Новгородская область), который также расположен в пределах Полистово-Ловатской болотной системы и граничит с заповедником «Полистовский». Для обитающих в районе экотропы редких видов птиц были выявлены реакции на присутствие людей (вспугивание, сильное беспокойство у гнезд и кладок, снижение успешности добывания корма и др.) и определены периоды их наибольшей уязвимости к рекреации [Особенности экологического туризма..., 2017].

Исследование качественного и количественного состава орнитофауны на экотропе «Плавнице болото» позволит оценить состояние и дать прогноз перспектив существования орнитоценозов, оценить благополучие экосистемы при варьирующей антропогенной нагрузке и выявить дополнительные лимитирующие факторы в определении предельно допустимой рекреационной емкости при осуществлении туризма.

Целью исследования стало изучение влияния рекреационной нагрузки (туристического потока) на орнитофауну экологической тропы. Задачи исследования включали анализ многолетней динамики видового разнообразия, численности птиц, стабильности видового состава на разных участках тропы и их зависимость от количества туристов, выявление наиболее уязвимых участков тропы, разработку системы индикаторов для дальнейшего мониторинга состояния биоразнообразия.

Материалы и методы

Государственный природный заповедник «Полистовский» (Псковская область) расположен в западной части Полистово-Ловатской верховой болотной системы. Значительная часть территории заповедника относится к болотному массиву со своеобразным обликом растительности, обусловленным господством сфагновых мхов, карликовых форм сосны, что придает этому интразональному ландшафту сходство с лесотундрой.

Экологическая тропа «Плавнице болото» имеет протяженность 4,5 км и проходит через основные биотопы заповедника: верховое болото, болотные острова, р. Плавницу, расположенные по краю болота леса, и наглядно демонстрирует разнообразие типичной флоры и фауны.

Антропогенная трансформация растительности на экотропе соответствует I стадии рекреационной дигрессии, кроме о. Еловый, где выявлена III стадия дигрессии [Королькова, 2015].

Туристический сезон охватывает бесснежный период, с апреля по ноябрь (240 дней). Экскурсии на тропе проводятся в группах до 7 человек, допускается не более двух групп в день, продолжительность экскурсии 3 часа². В период с 15 апреля до 30 июня (11 недель) тропу может посетить не более одной группы в неделю, т.е. в сумме не более 77 человек [Королькова, 2024]. На всем протяжении туристы перемещаются по настилу из досок, только в сопровождении экскурсовода, поэтому сход с тропы и повреждение почв и растительности практически исключены. Для остановок и осмотра окрестностей на маршруте построено несколько площадок и вышка.

Количество посетителей тропы учитывалось с 2012 г. (в том числе по месяцам – с 2013 г.) по 2025 г.

Орнитологические учеты на тропе проведены маршрутным методом в 2012, 2014, 2016 и 2025 гг., в период с 16 по 21 мая, в один день, в отсутствие осадков и сильного ветра, на рассвете, продолжительностью 2–2,5 часа. Учитываются все встреченные на тропе птицы, с разделением по отрезкам тропы в разных биотопах (лес, пойма реки, болото, болотные острова).

Маршрут тропы кольцевой, длина участков тропы с разными типами биотопов различна, и их протяженность невелика, поэтому применять стандартную методику учета птиц на маршруте с последующим пересчетом на плотность населения [Равкин, Челинцев, 1999] нецелесообразно. Для анализа видового разнообразия и богатства использованы индексы Шеннона и Менхиника [Мэггарран, 2012].

Для оценки влияния рекреационной нагрузки на орнитофауну применялся непараметрический критерий Спирмена. При $p < 0,05$ с выборкой из 11 членов критическое значение коэффициента составляет 0,61.

Статистическую обработку данных проводили в программе Microsoft Excel 2016.

Названия таксонов у птиц приведены по работе Е.А. Коблика и В.Ю. Архипова [Коблик, Архипов, 2014].

² Экскурсии и туры. Плавницкое болото. URL: <https://polistovsky.ru/node/18436> (дата обращения: 14.09.2025).

Результаты

С мая 2013 г. по июль 2025 г. Плавницкую экотропу посетили 4371 чел. В течение одного года количество туристов составляло от 109 до 649 чел. (без учета текущего 2025 г.), в среднем 352 чел. В течение года нагрузка распределена неравномерно, основное число посещений приходится на период с мая по сентябрь. С 2013 по 2021 гг. на апрель–июнь приходилось 40–56% от всех посетителей за год. Исключением стал 2020 г., когда из-за пандемии туристов не было до июля. В 2022–2024 гг. основной поток туристов сместился на июль–август (рис. 1).

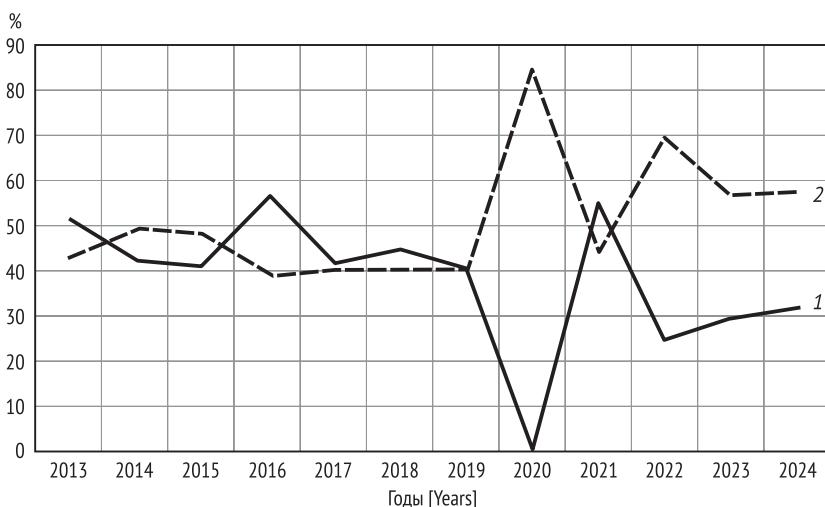


Рис. 1. Доля туристов на экологической тропе от годовой нагрузки (в %) в периоды:

1 – апрель–июнь; 2 – июль–сентябрь

Fig. 1. The share of tourists on the ecological trail from the annual load (in %) in the periods:

1 – April–June; 2 – July–September

С 2012 г. на экотропе отмечено пребывание 86 видов птиц из 11 отрядов (табл. 1). Ежегодно отмечается от 31 до 47 видов общей численностью от 107 до 247 особей. Из редких охраняемых видов встречаются 8 видов: лебедь-кликун *Cygnus cygnus* L., черный аист *Ciconia nigra* L., погоныш *Porzana porzana* L., большой веретенник *Limosa limosa* L.,

средний *Numenius phaeopus* L. и большой кроншнеп *N. arquata* L., большой улит *Tringa nebularia* Gunn., серый сорокопут *Lanius excubitor* L. [Красная книга, 2014; Бардин и др., 2025].

Таблица 1

**Систематический состав орнитофауны
экологической тропы «Плавницкое болото»
[Taxonomic composition of the avifauna
of the “Plavnitskoye bog” ecological trail]**

Отряды [Orders]	Число видов [Number of species]
Galliformes	1
Anseriformes	8
Ciconiiformes	2
Falkoniformes	3
Gruiformes	3
Charadriiformes	9
Columbiformes	1
Cuculiformes	1
Strigiformes	1
Piciformes	6
Passeriformes	51

В умеренных широтах активность птиц носит сезонный характер, с максимумом проявления весной и в начале лета, когда происходит занятие гнездовый территорий, пение и брачные игры, выведение потомства и рождение выводков. Особенно это заметно на верховом болоте, где численность птиц в принципе не велика, и за исключением периода с апреля по начало июня оно выглядит почти безжизненным. Для туристов, интересующихся птицами, апрель и май являются наиболее привлекательными для посещения экотропы, но они же будут периодом наибольшей уязвимости для птиц. Туристический поток в разные годы составлял от 0 до 320 человек за указанные два месяца. В годы с максимальной туристической нагрузкой в апреле–мае (2016–2018 гг.) численность птиц имела минимальные значения, а в 2016 г. также и минимальное разнообразие видов (рис. 2).

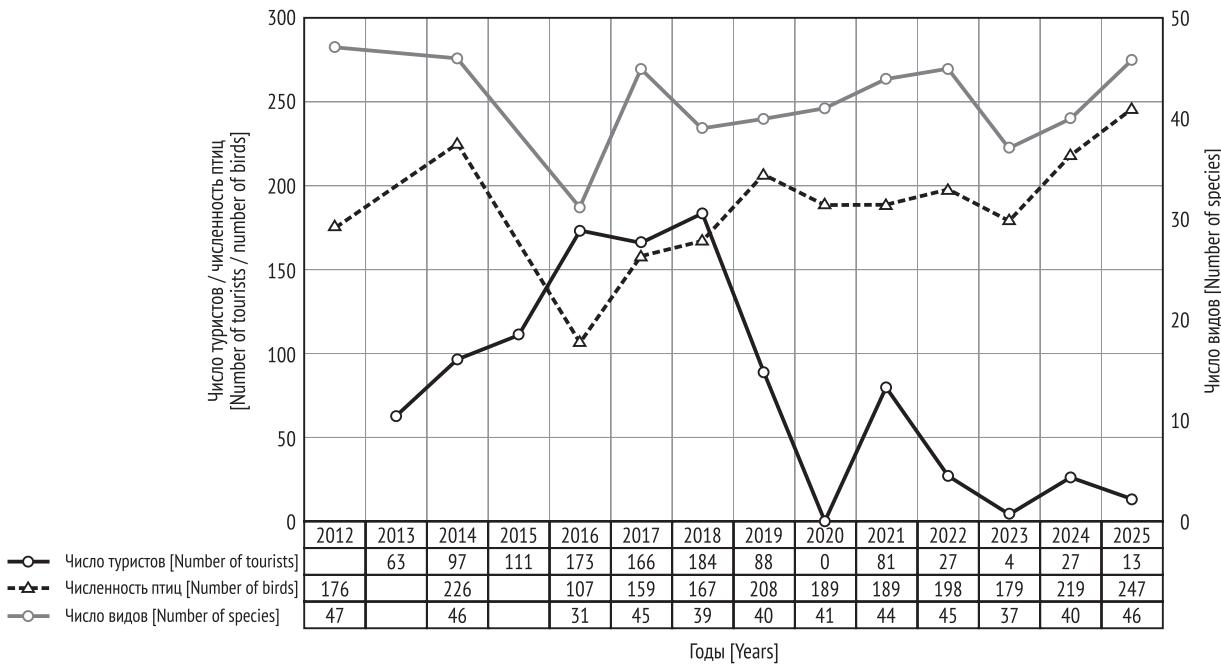


Рис. 2. Динамика туристического потока (апрель–май), числа видов и численности птиц на Плавницкой экотропе с 2012 по 2025 гг.

Fig. 2. Dynamics of tourist flow (April–May), number of species and number of birds on the Plavnytskaya Ecotrail from 2012 to 2025

За последние три года, на фоне сокращения числа туристов и смещения туристической активности на более поздние месяцы происходит рост разнообразия и численности птиц.

Леса на экотропе представлены мелколиственными породами: березой *Betula* sp., серой *Alnus incana* L. и черной ольхой *A. glutinosa* L., осиной *Populus tremula* L. и имеют средний возраст около 60 лет [Королькова, 2015]. За весь период исследований в лесах вдоль экотропы установлено обитание 51 вида птиц из 6 отрядов. В разные годы встречалось от 20 до 31 видов птиц общей численностью от 60 до 113 особей. Редкие виды не отмечены. Из всех видов только 23 (45%) встречаются ежегодно и составляют «ядро» лесной орнитофауны. Еще 11 видов встречаются нерегулярно. В течение одного года отмечены 17 видов (33%). Доминируют зяблик *Fringilla coelebs* L. и пеночка-трещотка *Phylloscopus sibilatrix* Bech., что характерно для лесов средней полосы европейской части России [Бутьев, 1985].

Верховое болото на экотропе неоднородно и включает два типа участков:

- 1) переходный, облесенный березой и сосной *Pinus sylvestris* L.;
- 2) грядово-мочажинный комплекс с сосной.

На этих участках за весь период работы было учтено 40 видов птиц из 7 отрядов, в разные годы от 7 до 18 видов общей численностью от 17 до 64 особей. Из редких видов встречаются 5: регулярно – средний кроншнеп, в отдельные годы – большой веретенник, большой кроншнеп, большой улит, серый сорокопут. Из 40 видов только 9 отмечаются ежегодно (22% авифауны). В течение одного года наблюдались 16 видов (40%). Нерегулярно встречались 15 видов. На переходном участке болота доминируют пеночка-весничка *Phylloscopus trochilus* L. и серая славка *Sylvia communis* Lath., в грядово-мочажинном комплексе – лесной конек *Anthus trivialis* L. и луговой чекан *Saxicola rubetra* L.

Экологическая тропа проходит через два внутриболотных острова, Алексеевский (Еловый) ($N\ 57^{\circ}06,119'$ $E\ 030^{\circ}23,366'$) и Сосновый ($N\ 57^{\circ}06,306'$ $E\ 030^{\circ}25,298'$), представляющие собой повышения рельефа, выступающие над поверхностью болотного массива, и имеющие площадь 5,1 и 0,84 га соответственно. Остров Алексеевский покрыт смешанным лесом из осины, березы и ели. На краю острова построена вышка для наблюдений за птицами на болоте. Остров Сосновый покрыт сосняком-черничником с примесью березы. В составе орнитофауны этих двух островов было отмечено 45 видов из 5 отрядов, от 13 до 24 в разные годы. Редкие виды не встречались. Численность птиц варьировала от 21 до 50 особей. Основу населения составляют лесные

виды, из которых регулярно встречаются 17 (38%), периодически – 19 видов. Однократно отмечены 9 видов птиц (20%). Как и в лесах, доминируют зяблик и пеночка-трещотка.

Маршрут экотропы дважды пересекает пойму р. Плавницы. Река берет начало в болотном массиве. Берега ее заболочены и покрыты травянистой растительностью. Переход туристов через реку первый раз происходит по приподнятому настилу из досок, во второй – по понтонному мосту. На воде и по берегам р. Плавницы отмечено 49 видов птиц из 6 отрядов, в отдельные годы от 6 до 17 видов. Из редких отмечены пять видов: лебедь-кликун, черный аист, погоныш, большой веретенник, большой улит. Численность птиц составляла от 9 до 42 особей. Стабильно встречаются только 10 видов (20%), периодически – 17, однократно – 22 (45%). Доминируют кряква *Anas platyrhynchos* L. и серая славка.

Динамика числа видов и численности птиц в целом на тропе и на отдельных ее участках были сопоставлены с динамикой туристического потока при помощи коэффициента корреляции Спирмена (табл. 2). Для анализа брали число туристов в апреле–мае, что предшествует времени проведения учета (конец мая) и соответствует периоду наибольшей активности птиц на тропе. Статистически значимым оказалось отрицательное воздействие туристического потока на численность птиц в лесах ($-0,761$) и число видов птиц на реке ($-0,780$).

Таблица 2

**Связь числа видов и численности птиц
с рекреационной нагрузкой на Плавницкой экотропе**
**[The relationship between the number of species and abundance
of birds and the recreational load on the Plavnitskaya ecotrail]**

Участок экотропы [Section of the ecotrail]	Действие на число видов [Effect on the number of species]	Действие на численность птиц [Effect on the number of birds]
Леса [Forests]	0,075	$-0,761^*$
Болото [Bog]	-0,257	-0,161
Острова [Islands]	-0,095	-0,325
Река [River]	$-0,780^*$	-0,341
В общем по тропе [In general on the trail]	0,039	-0,427

Примечание. * – статистически значимые связи.

[Note. * – statistically significant relationships.]

Оценить видовое богатство и разнообразие птиц на тропе и отдельных ее участках можно при помощи индексов Менхиника и Шеннона. Среднее видовое богатство, вычисленное за период 12 лет, постепенно снижается в ряду «острова (3,12) – река (2,64) – леса (2,61) – болото (2,25)». Динамика индексов видового богатства была сопоставлена с динамикой рекреационной нагрузки в апреле–мае при помощи непараметрического коэффициента корреляции Спирмена (табл. 3). Достоверно значимое отрицательное воздействие рекреационная нагрузка оказывает на видовое богатство птиц р. Плавница ($-0,816$).

Индекс Шеннона учитывает не только видовое богатство, но и обилие видов. Среднее видовое разнообразие понижается в ряду «лес (2,83) – острова (2,69) – река (2,34) – болото (2,14)». Минимальные значения индекса на всех участках тропы, кроме лесных, отмечены в 2016 г. при максимальном числе туристов в апреле–мае. Динамика индексов видового разнообразия была сопоставлена с динамикой рекреационной нагрузки при помощи непараметрического коэффициента корреляции Спирмена (табл. 4). Выявлено, что на реке индекс видового разнообразия имеет достоверную отрицательную связь с величиной туристического потока в апреле–мае ($-0,834$).

Обсуждение

Результаты исследования показывают, что на разных участках экотропы состав и стабильность состава орнитофауны различаются. Видовой состав наиболее разнообразен в лесах, здесь же он из года в год наиболее стабилен. Сообщество птиц в лесах характеризуется высокими индексами Менхиника и Шеннона.

На болотных облесенных островах видов птиц встречается меньше, чем в лесу, в силу ограниченной площади островов, но больше, чем на окружающем их болотном массиве. Подобная тенденция отмечена и для бореальных птиц островных лесов в зоне тундры, где при относительной изоляции пригодных для гнездования участков древесно-кустарниковой растительности, окруженных обширными открытыми пространствами, происходит локальное повышение плотности поселений птиц [Симонов, Матанцева, 2023]. Средний индекс видового богатства Менхиника на болотных островах оказался даже выше, чем в лесах. Однако видовой состав на островах подвержен значительным ежегодным изменениям, и «ядро» орнитофауны образуют меньшее число видов. На реке при большом числе видов, отмеченном за весь период наблюдений, стабильно учитываемый состав орнитофауны включает только 20% видов от возможных.

Таблица 3

**Видовое богатство (индекс Менхиника) орнитофауны на Плавницкой экотропе в 2012–2025 гг.
и его корреляция с рекреационной нагрузкой**
**[Species richness (Menhinick index) of the avifauna on the Plavnitskaya Ecotrail in 2012–2025
and its correlation with recreational load]**

Участок экотропы [Section of the ecotrail]	Годы [Years]											Коэффициент корреляции [Correlation coefficient]	
	2012	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Леса [Forests]	3,02	2,77	2,58	3,21	2,50	2,39	2,30	2,67	2,41	2,12	2,43	2,92	0,498
Болото [Bog]	1,96	1,92	1,70	1,41	2,44	2,43	2,43	2,08	2,20	1,87	2,45	4,04	-0,314
Острова [Islands]	3,48	3,39	2,84	3,31	3,13	3,02	2,92	3,16	3,10	2,74	3,04	3,29	0,334
Река [River]	3,16	1,86	2,00	2,59	2,29	2,45	3,27	2,94	2,62	3,13	2,56	2,84	-0,816*
В общем по тропе [In general on the trail]	3,47	3,06	3,00	3,57	3,02	2,77	2,84	3,14	3,13	2,73	2,70	2,86	0,484

Примечание. * – достоверно значимое воздействие.

[Note: * – statistically significant effect.]

Таблица 4

**Видовое разнообразие (индекс Шеннона) орнитофауны на Плавницкой экотропе в 2012–2025 гг.
и его корреляция с рекреационной нагрузкой**
**[Species diversity (Shannon index) of the avifauna on the Plavnitskaya Ecotrail in 2012–2025
and its correlation with recreational load]**

Участок экотропы [Section of the ecotrail]	Годы [Years]											Коэффициент корреляции [Correlation coefficient]	
	2012	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
Леса [Forests]	2,89	2,84	2,67	2,97	2,79	2,63	2,82	2,96	2,71	2,58	2,97	3,13	-0,030
Болото [Bog]	1,94	2,12	1,71	1,85	2,33	2,54	2,32	2,07	2,23	2,12	2,47	2,00	-0,202
Острова [Islands]	2,94	2,93	2,40	2,73	2,55	2,81	2,51	2,69	2,67	2,52	2,63	2,95	0,052
Река [River]	2,64	1,90	1,74	2,21	2,13	2,22	2,60	2,55	2,59	2,53	2,45	2,47	-0,834*
В общем по тропе [In general on the trail]	3,38	3,30	3,00	3,34	3,20	3,18	3,19	3,33	3,41	3,09	3,34	3,40	-0,180

П р и м е ч а н и е. * – достоверно значимое воздействие.

[Note: * – statistically significant effect.]

На верховом болоте при наименьшем разнообразии видов из всех биотопов, ядро орнитофауны, как и на реке, включает только 22% ее состава. При этом стоит обратить внимание, что редкие виды птиц встречаются только на болотном массиве и на реке. Таким образом, участки экотропы, проходящие через эти биотопы, можно отнести к требующим особого внимания.

Анализируя влияние рекреационной нагрузки на общий состав и структуру орнитофауны тропы, можно отметить, что по полученным значениям показателей воздействие оказывается статистически недостоверным, что, в свою очередь, дает не точного представления о влиянии числа туристов на птиц. Более эффективной оказывается оценка влияния по отдельным биотопам. При таком подходе достоверно значимое отрицательное воздействие рекреационной нагрузки выявлено на орнитофауну р. Плавница и на численность птиц в лесах.

Одной из задач рекреационного мониторинга является разработка оцениваемых параметров и стандартов их состояния. Система стандартов определяется по результатам предварительных многолетних работ, которые должны показать оптимальные значения оцениваемых параметров, их вариативность в нормальном состоянии, без нагрузки [Непомнящий, Завадская, Чижова, 2021].

В случае с Плавницкой экотропой предварительные работы не проводились, что затрудняет понимание нормальной вариативности состава и структуры орнитофауны. Однако последующий мониторинг в 2012–2025 гг. позволяет сделать некоторые выводы о допустимой величине туристического потока на ней в весенний период, критический для птиц.

В 2024 г. для рекреационного мониторинга за орнитофауной экотропы были предложены индикаторы, которые позволяют оценивать состояние тропы и планировать рекреационную нагрузку на следующий сезон [Шемякина, 2024]. В их состав вошли характеристики видового разнообразия (общее число видов птиц на тропе, число и численность редких видов, число и численность птиц на острове Алексеевский), показатели трибуализации орнитофауны (наличие синантропных видов и их доля в населении), влияния фактора беспокойства (брошенные гнезда вдоль тропы). Учитывая полученные в ходе данного исследования результаты, перечень индикаторов для мониторинга можно расширить, добавив к ним численность птиц в лесах, число видов и видовое разнообразие на р. Плавница, с уточнением шкалы оценки в перспективе, по мере накопления данных в ходе мониторинга (табл. 5).

Таблица 5

Дополнительные индикаторы, шкалы оценки и стандарты для осуществления мониторинга рекреационной нагрузки на орнитофауну экологической тропы
[Additional indicators, assessment scales and standards for monitoring recreational load on the avifauna of the ecological trail]

Индикаторы [Indicators]	Экологическое состояние экосистемы [Ecological state of the ecosystem]			Стандарт (предельно допустимое значение индикатора) [Standard (indicator limit)]
	Условно ненарушенное [Conditionally undisurbed]	Слабо нарушенное [Slightly disturbed]	Сильно нарушенное [Strongly disturbed]	
Численность птиц на лесных участках (особей) [Number of birds in forest areas (individuals)]	>90	80–90	70–79	<70 [Conditionally undisturbed, >90]
Число видов птиц в пойме реки [Number of bird species in the floodplain of the river]	>17	15–17	13–14	<13 [Slightly disturbed, 15–17]
Видовое богатство (по Менхинику) в пойме реки [Species wealth (Menhinik) in the floodplain of the river]	>2,90	2,57–2,90	2,21–2,56	<2,21 [Conditionally undisturbed, >2,90]
Видовое разнообразие (по Шеннону) в пойме реки [Species diversity (Shannon) in the floodplain of the river]	≥2,55	2,40–2,54	2,24–2,39	<2,24 [Conditionally undisturbed, from 2,55]

Фактором, лимитирующим рекреационную нагрузку, может стать количество туристов, посещающих экотропу в период размножения птиц (апрель–май). По имеющимся данным, допустимым можно считать количество менее 100 человек в указанный период, с их равномерным распределением по дням или неделям.

Выводы

1. Состав орнитофауны экологической тропы включает от 31 до 47 видов птиц в разные годы наблюдений, численность встреченных птиц варьирует от 107 до 247 особей. Показатель видового разнообразия птиц максимальен для лесных участков экотропы, минимальен на верховом болоте. Наибольшая динамичность видового состава и численности птиц характерна для участков, проходящих через верховое болото и у реки.
2. Отрицательная зависимость от величины рекреационной нагрузки выявлена для численности птиц в лесах и видового состава птиц на реке.
3. Участки тропы, проходящие через мелколиственный лес, пойму реки, а также верховое болото, где встречаются редкие охраняемые виды птиц, можно считать уязвимыми к антропогенному влиянию.
4. Численность птиц в лесах, число видов и видовое разнообразие на р. Плавница рекомендуется использовать в качестве дополнительных индикаторов для орнитологического мониторинга.

Библиографический список / References

Бардин А.В., Фетисов С.А., Шемякина О.А. Виды (подвиды) птиц, занесенные в 2025 году в обновленную Красную книгу Псковской области // Русский орнитологический журнал. 2025. Т. 34. № 2518. С. 1576–1580. [Bardin A.V., Fetisov S.A., Shemyakina O.A. Species (subspecies) of birds included in the updated Red Book of the Pskov Region in 2025. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal*. 2025. Vol. 34. Pp. 1576–1580. (In Rus.)]

Бутьев В.Т. Некоторые общие закономерности структуры населения птиц лесов Европейского центра СССР // Фауна и экология наземных позвоночных животных на территории с разной степенью антропогенного воздействия. М., 1985. С. 83–98. [Butyev V.T. Some general patterns of the structure of the bird population in the forests of the European Center of the USSR. *Fauna i ekologiya nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh na territorii s raznoy stepenyu antropogenennogo vozdeystviya*. Moscow, 1985. Pp. 83–98. (In Rus.)]

Коблик Е.А., Архипов В.Ю. Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов // Зоологические исследования. 2014. № 14. [Koblik E.A., Arkhipov V.Iu. Avifauna of the states of Northern Eurasia (former USSR): Checklists. *Zoologicheskie Issledovaniya*. 2014. No. 14. (In Rus.)]

Королькова Е.О. Мониторинг рекреационного использования особо охраняемых природных территорий на примере Полистовского государственного природного заповедника // Социально-экологические технологии. 2015. № 1–2. С. 30–39. [Korolkova E.O. Monitoring of recreational use of protected areas on the example of Polistovsky State Nature Reserve. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2015. No. 1–2. Pp. 30–39. (In Rus.)]

Королькова Е.О. Нормирование экологического туризма на болотных ООПТ (на примере «Полистовского заповедника») // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Материалы V Международного научного семинара. Минск, 2024. С. 78–82. [Korolkova E.O. Regulation of ecological tourism in marsh protected areas (on the example of the Polistovsky Nature Reserve). *Rastitelnost bolot: sovremennoye problemy klassifikatsii, kartografirovaniya, ispolzovaniya i okhrany. Materialy V Mezhdunarodnogo nauchnogo seminara*. Minsk, 2024. Pp. 78–82. (In Rus.)]

Красная книга Псковской области. Псков, 2014. [Krasnaya kniga Pskovskoi oblasti [Red Book of the Pskov Region]. Pskov, 2014.]

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М., 2012. [Magarran E. Ekologicheskoye raznoobrazhiye i ego izmereniye [Ecological diversity and its measurement]. Moscow, 2012.]

Непомнящий В.В., Завадская А.В., Чижова В.П. Методические рекомендации по организации системы комплексного рекреационного мониторинга на особо охраняемых природных территориях. Новосибирск, 2021. [Nepomnyashchii V.V., Zavadskaya A.V., Chizhova V.P. Metodicheskie rekomendatsii po organizatsii sistemy kompleksnogo rekreatsionnogo monitoringa na osobo okhranyaemykh prirodnnykh territoriyakh [Methodological recommendations on the organization of a system of integrated recreational monitoring in specially protected natural areas]. Novosibirsk, 2021.]

Особенности экологического туризма на болотных экосистемах на примере Рдейского заповедника / Е.О. Королькова, Н.В. Зуева, В.Ю. Архипов и др. // Социально-экологические технологии. 2017. № 4. С. 78–93. [Korolkova E.O., Zueva N.V., Arkhipov V.Yu. et al. Features of ecological tourism in marsh ecosystems: The case of the Rdeysky Nature Reserve. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2017. No. 4. Pp. 78–93. (In Rus.)]

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по маршрутному учету населения птиц в заповедниках // Организация научных исследований в заповедниках и национальных парках. М., 1999. С. 143–155. [Ravkin E.S., Chelintsev N.G. Methodological recommendations for route monitoring of bird populations in nature reserves. *Organizatsiya nauchnykh issledovaniy v zapovednikakh i natsionalnykh parkakh*. Moscow, 1999. Pp. 143–155. (In Rus.)]

Симонов С.А., Матанцев М.В. Островные леса в зоне тундры – очаги концентрации boreальных птиц в заполярье // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. 2023. Т. 1. № 13. 2023. С. 34–48. [Simonov S.A., Matantsev M.V. Island forests in the tundra zone are hotspots of boreal bird concentration in the Arctic. *Arktika 2035: aktualnyye voprosy, problemy, resheniya*. 2023. Vol. 1. No. 13. Pp. 34–48. (In Rus.)]

Шемякина О.А. Использование результатов орнитологического мониторинга в оценке предельно допустимой рекреационной емкости Плавницкой экотропы // Наука на службе территориальной охраны природы: экологопросветительский и социальный аспекты: материалы научно-практического семинара, посвященного 30-летию Полистовского государственного природного заповедника / под ред. Н.П. Кораблева. Архангельск, 2024. С. 113–117. [Shemyakina O.A. Use of ornithological monitoring results in assessment of the maximum allowable recreational capacity of the Plavnitskaya ecotrope. *Nauka na sluzhbe territorialnoi okhrany prirody: ekologo-prosvetitel'skii i sotsialnyi aspekty: materialy nauchno-prakticheskogo seminara, posvyashchennogo 30-letiyu Polistovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika.* N.P. Korablev (ed.). Arkhangelsk, 2024. Pp. 113–117. (In Rus.)]

Bötsch Y, Tablado Z, Jenni L. Experimental evidence of human recreational disturbance effects on bird-territory establishment. *Proc Biol Sci.* 2017. Jul 12. DOI: 10.1098/rspb.2017.0846

Kangas K., Luoto M., Ihantola A. et al. Recreation-induced changes in boreal bird communities in protected areas. *Ecological Applications.* 2010. No. 20 (6). Pp. 1775–1786.

Статья поступила в редакцию 30.06.2025, принята к публикации 11.08.2025
The article was received on 30.06.2025, accepted for publication 11.08.2025

Сведения об авторе / About the author

Шемякина Оксана Александровна – кандидат биологических наук; доцент кафедры общей биологии и биомедицины Института медицины и экспериментальной биологии, Псковский государственный университет; научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Полистовский»

Oksana A. Shemyakina – PhD in Biology; associate professor at the Department of General Biology and Biomedicine of the Institute of Medicine and Experimental Biology, Pskov State University; researcher, Polistovsky State Nature Reserve, Russian Federation

E-mail: oksshem@mail.ru

Исследования
антропогенно-измененных
экосистем и урбоэкология

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-302-314

УДК 581.524.2:(631.81.1+.811.2+811.3)

А.В. Чернышев, В.М. Зубкова

Российский государственный социальный университет,
129226 г. Москва, Российская Федерация

**Расчет выноса элементов питания
растений (азот, фосфор, калий)
инвазионным *Solidago gigantea* Ait.
в условиях г. Москвы**

В статье приведены результаты исследований инвазионного *Solidago gigantea* Ait. в качестве фиторемедиатора элементов минерально-го питания растений (азота, фосфора и калия) в условиях парковых зон города Москвы. Установлено, что вынос отчуждения золотарника гигантского варьировал от 480,50 до 1253,55 г/м², содержание исследуемых элементов в его вегетативной и генеративной частях изменялось от 0,22–0,27% для азота и фосфора и 2,82 г/кг для калия в бутонах до 0,87–0,63% для азота и фосфора и 8,29 г/кг для калия в корнях. Рас-считаны выносы этих элементов и ежегодное снижение их содержания в почвах исследуемых участков, при условии отчуждения надземной массы золотарника гигантского.

Ключевые слова: *Solidago gigantea*, азот, фосфор, калий, вынос элементов питания, NPK



ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Чернышев А.В., Зубкова В.М. Расчет выноса элементов питания растений (азот, фосфор, калий) инвазионным *Solidago gigantea* Ait. в условиях г. Москвы // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 3. С. 302–314. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-302-314

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-302-314

A.V. Chernyshev, V.M. Zubkova

Russian State Social University,
Moscow, 129226, Russian Federation

Calculation of the removal of plant nutrition elements (Nitrogen, Phosphorus, Potassium) by invasive *Solidago gigantea* Ait. in Moscow

The article presents the results of studies of the invasive *Solidago gigantea* Ait. (giant goldenrod) as a phytoremediator of plant mineral nutrition elements (Nitrogen, Phosphorus and Potassium) in park areas of the city of Moscow. The removal of giant goldenrod ranged from 480.50 to 1253.55 g/m², the content of the studied elements in its vegetative and generative parts varied from 0.22–0.27% for Nitrogen and Phosphorus and 2.82 g/kg for Potassium in the buds to 0.87–0.63% for Nitrogen and Phosphorus and 8.29 g/kg for Potassium in the roots. The removal of these elements and the annual decrease in their content in the soils of the studied areas were calculated, subject to the alienation of the aboveground mass of giant goldenrod.

Key words: *Solidago gigantea*, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, removal of nutrition elements, NPK

FOR CITATION: Chernyshev A.V., Zubkova V.M. Calculation of the removal of plant nutrition elements (Nitrogen, Phosphorus, Potassium) by invasive *Solidago gigantea* Ait. in Moscow. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 3. Pp. 302–314. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-302-314

Введение

Минеральное питание растений как один из факторов, способствующих активизации важнейших физиологических процессов – фотосинтеза, дыхания, обмена веществ в целом, – играет существенную роль в повышении устойчивости растений, в том числе инвазионных, к неблагоприятным факторам окружающей среды [Чернышев, 2022].

Вместе с тем, в литературе практически отсутствуют данные о содержании в инвазионных растениях основных элементов питания (азота, фосфора, калия и др.), которые могут отчуждаться из почвы в больших количествах, что приводит к отрицательным, с точки зрения химического взаимодействия, последствиям для растительных сообществ [Минеральный состав..., 2018; Роева, 2018].

Известно, что инвазионные растения способствуют снижению обилия и численности аборигенных видов, изменяют гидрологический режим и почвенные условия, приводят к снижению естественного биологического разнообразия, активно гибридизируя с другими растениями [McGeoch, Butchart, Spear et al., 2010; Haubrock, Turbelin, Cuthbert et al., 2020]. С целью предупреждения их распространения, контроля их численности и изучения их взаимодействия с биотой во вторичном ареале необходимо всестороннее изучение адвентивной флоры [Майоров, Виноградова, 2024].

Объектом нашего исследования стал североамериканский вид *Solidago gigantea* Ait. (золотарник гигантский), встречающийся на территории Москвы, общая характеристика которого дана нами ранее [Чернышев, 2022; Чернышев, Зубкова, Гапоненко, 2023].

Цель исследования заключалась в проведении анализа содержания основных элементов питания: азота, фосфора и калия в различных органах золотарника гигантского и размеры их отчуждения из почвы в антропогенно-измененных условиях Москвы.

Задачами исследования стали определение продуктивности золотарника гигантского в условиях Москвы, определение содержания биогенных элементов в органах *S. gigantea*, расчет выноса этих элементов организмами данного растения.

Материалы и методы

Для исследования были определены 4 опытных участка на территории Москвы, на которых отбирали растения *S. gigantea* (рис. 1). Выбор участков осуществлен на основании обобщения материалов гербария Главного Ботанического сада им. М.В. Цицина РАН и Гербария Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова¹.

¹ Депозитарий живых систем «Ноев Ковчег». URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 15.02.2025).



Рис. 1. Опытные участки на схеме Москвы:

- 1 – Леоновская роща (55.843350, 37.627943); 2 – Яузский лесопарк (55.825813, 37.691496); 3 – природно-исторический парк Кузминки-Люблино (55.690105, 37.802175); 4 – Бирюлевский лесопарк (55.596028, 37.715637)

Fig. 1. Experimental plots on the map of Moscow:

- 1 – Leonovskaya Grove (55.843350, 37.627943); 2 – Yauzsky Forest Park (55.825813, 37.691496); 3 – Kuzminki-Lyublino Natural and Historical Park (55.690105, 37.802175); 4 – Biryulevsky Forest Park (55.596028, 37.715637)

Растения отбирали в первой декаде сентября 2022 г. в трехкратной повторности (по 7 растений с каждого участка), разделяли по органам (соцветия, листья, стебли и корни), высушивали до воздушно-сухого состояния и подготавливали для дальнейших лабораторных анализов.

Лабораторные анализы растительных образцов выполнены в ООО ЦСЭМ «Московский», в соответствии с общепринятыми методиками: после мокрого озоления с серной кислотой в присутствии перекиси водорода азот и фосфор определяли по ГОСТ 13496.4–2019² и ГОСТ 26657–97³ титриметрическим методом, калий – по ГОСТ 32250–2013⁴ методом пламенно-эмиссионной спектрометрии на фотоэлектрическом фотометре КФК-3-«ЗОМЗ» (страна-производитель Россия, ОАО «Загорский оптико-механический завод», заводской номер 1670707) и пламенном фотометре «PFP7» (страна-производитель Великобритания, «Bibby Scientific Ltd.», заводской номер 12194).

Результаты

Содержание таких элементов, как азот, фосфор, калий и особенно распределение их по органам *Solidago gigantean*, ранее не изучалось. Данные по накоплению азота, фосфора и калия органами золотарника представлены в табл. 1.

Нами определено, что изучаемые элементы на всех участках накапливаются в корнях растений. Содержание азота и калия было минимальным в бутонах, при этом меньшее содержание азота выявлено в Яузском лесопарке, калия – в Кузьминках-Люблино, равно как и фосфора, минимальное содержание которого обнаружено в стеблях.

² ГОСТ 13496.4–2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина = Fodder, mixed fodder and raw mixed fodder. Methods of nitrogen and crude protein determination: межгосударственный стандарт: издание официальное. Введен в действие Приказом Росстандарта от 08.08.2019 № 488-ст. М., 2019.

³ ГОСТ 26657–97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора = Fodders, mixed fodders, mixed fodder raw materials. Methods for determination of phosphorus content: межгосударственный стандарт: издание официальное. Утвержден и введен в действие Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 12 от 21 ноября 1997 года). Мин., 2002.

⁴ ГОСТ 32250–2013 Корма, комбикорма. Метод определения содержания калия и натрия с применением пламенно-эмиссионной спектрометрии = Feeds, mixed feeds. Method for determination of potassium and sodium using flame-emission spectrometry: межгосударственный стандарт: издание официальное. Утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14.12.2013 г. № 44). М., 2014.

Таблица 1

**Содержание азота, фосфора и калия в органах *Solidago gigantea*
[N, P and K content in the organs of *Solidago gigantea*]**

Орган [Organs]	Элемент [Element]	Участки [Plots]				$X_{\text{median}} \pm SD_x$
		Леоновская роща [Leonovskaya Grove]	Яузский лесопарк [Yauzsky Forest Park]	Парк Кузьминки- Люблино [Kuzminki- Lyublino Park]	Бирюлевский лесопарк [Biryulevsky Forest Park]	
Соцветия [Inflorescences]	N, %	0,25 ± 0,06	0,22 ± 0,06	0,42 ± 0,07	0,34 ± 0,06	0,31 ± 0,08
	P, %	0,35 ± 0,06	0,33 ± 0,06	0,27 ± 0,05	0,27 ± 0,05	0,31 ± 0,03
	K, g/kg	3,29 ± 1,09	3,75 ± 1,26	2,82 ± 1,01	3,53 ± 1,12	3,35 ± 0,34
Листья [Leaves]	N, %	0,53 ± 0,07	0,49 ± 0,07	0,53 ± 0,07	0,45 ± 0,06	0,50 ± 0,03
	P, %	0,42 ± 0,08	0,30 ± 0,06	0,24 ± 0,05	0,33 ± 0,06	0,32 ± 0,06
	K, g/kg	4,76 ± 1,32	3,65 ± 1,14	3,24 ± 1,08	3,35 ± 1,09	3,75 ± 0,56
Стебли [Stems]	N, %	0,56 ± 0,07	0,60 ± 0,06	0,56 ± 0,07	0,56 ± 0,07	0,57 ± 0,02
	P, %	0,39 ± 0,07	0,41 ± 0,07	0,30 ± 0,06	0,35 ± 0,06	0,36 ± 0,04
	K, g/kg	6,12 ± 1,54	5,00 ± 1,36	4,94 ± 1,19	5,00 ± 1,36	5,26 ± 0,49
Корни [Roots]	N, %	0,72 ± 0,06	0,64 ± 0,07	0,87 ± 0,08	0,70 ± 0,07	0,73 ± 0,08
	P, %	0,58 ± 0,10	0,59 ± 0,10	0,63 ± 0,11	0,60 ± 0,11	0,60 ± 0,02
	K, g/kg	7,94 ± 1,83	7,18 ± 1,71	6,47 ± 1,60	8,29 ± 1,89	7,47 ± 0,62

В среднем по участкам азота в корнях содержится больше, чем в соцветиях, в 2,48 раза, в листьях – в 1,47 раза и в стеблях – в 1,29 раза; фосфора в соцветиях – в 2 раза, в листьях – в 1,95 раза и в стеблях – в 1,67 раза; калия в соцветиях – в 2,24 раза, в листьях – в 2,03 раза и в стеблях – в 1,43 раза. Для всех элементов распределение по органам имело вид: корни > стебли > листья > бутоны.

Превышение содержания надземной массы к соцветиям по азоту, фосфору и калию составило для листьев 1,63, 1,06 и 1,12; для стеблей – 1,85, 1,19 и 1,57; для корней – 2,38, 1,97 и 2,23 соответственно (рис. 2).

Для учета выносов элементов минерального питания нами была оценена продуктивность золотарника гигантского (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность растений *Solidago gigantea*, г/м²
[Productivity of *Solidago gigantea* plants, g/m²]

Участок [Plot]	Соцветия [Inflorescences]	Листья [Leaves]	Стебли [Stems]	Корни [Roots]
Леоновская роща [Leonovskaya Grove]	199,47	300,08	753,99	164,84
Яузский лесопарк [Yauzsky Forest Park]	76,88	160,66	486,66	92,26
Парк Кузьминки-Люблино [Kuzminki-Lyublino Park]	46,44	116,85	353,73	118,06
Бирюлевский Лесопарк [Biryulevsky Forest Park]	109,91	225,19	657,08	186,23
<i>c_v</i>	0,63	0,41	0,33	0,36

В период активного цветения *Solidago gigantea* накапливал, в зависимости от участка, от 635,08 до 1428,38 г/м² сухой массы. Рассчитано, что в Леоновской роще в среднем сухая масса растений превышает среднюю сухую массу в Яузском лесопарке в 1,74 раза, в Кузьминках-Люблино – в 2,23 раза и в Бирюлевском лесопарке – в 1,20 раз. Наименьшую сухую массу золотарник гигантский аккумулирует в соцветиях: в среднем, отношение листьев к соцветиям составило 1,86, стеблям – 5,20, корням – 1,30. Выносы отчуждения для исследуемых участков составили 1253,54 для Леоновской рощи, 724,2 – для Яузского лесопарка, 517,02 – для парка Кузьминки-Люблино и 992,18 – для Бирюлевского лесопарка.

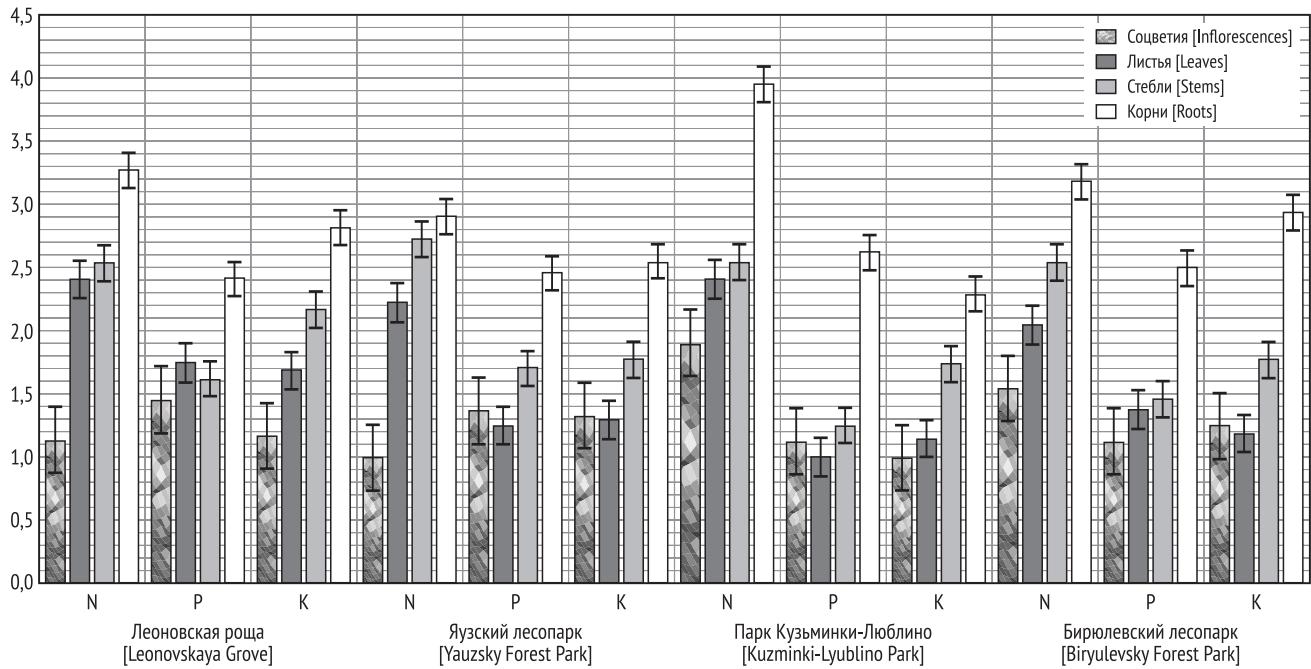
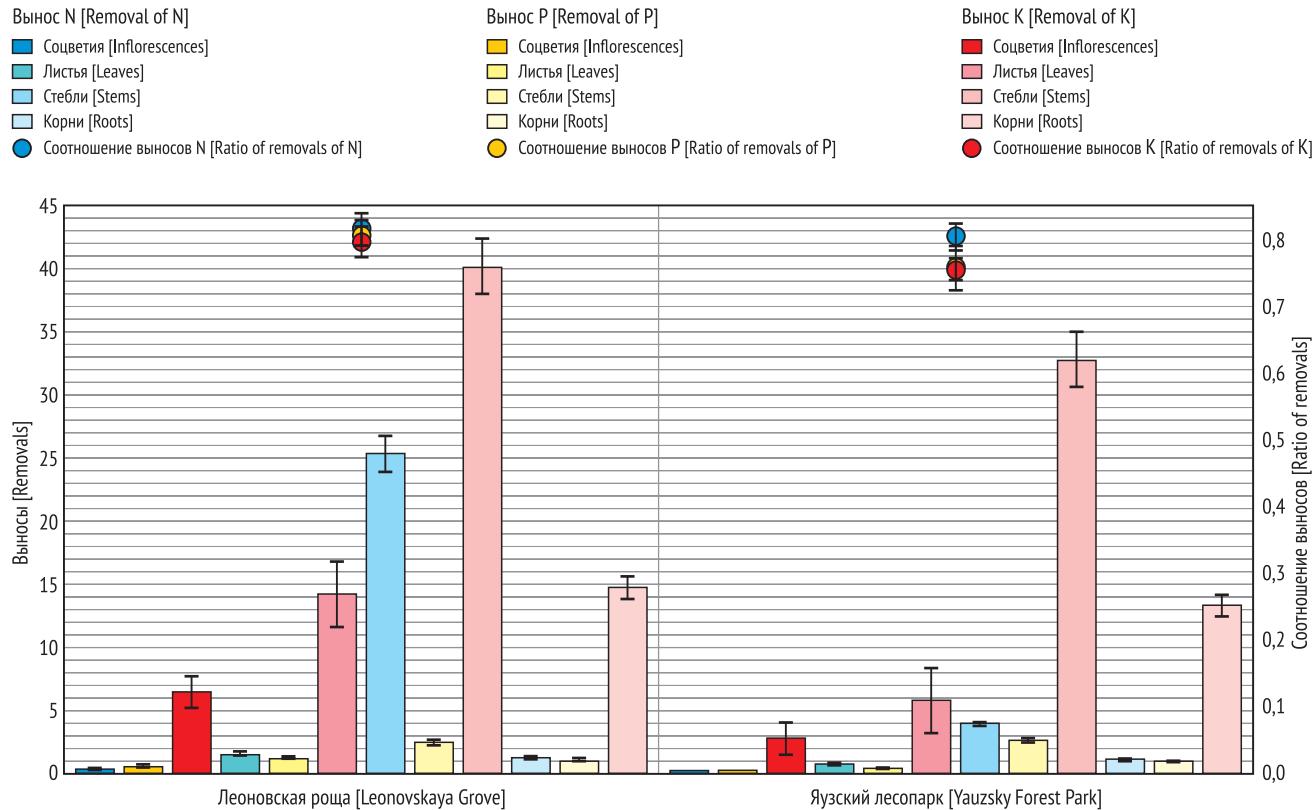


Рис. 2. Превышение минимального значения азота, фосфора и калия в органах *Solidago gigantea*

Fig. 2. Exceeding the minimum value of nitrogen, phosphorus and potassium in the organs of *Solidago gigantea*



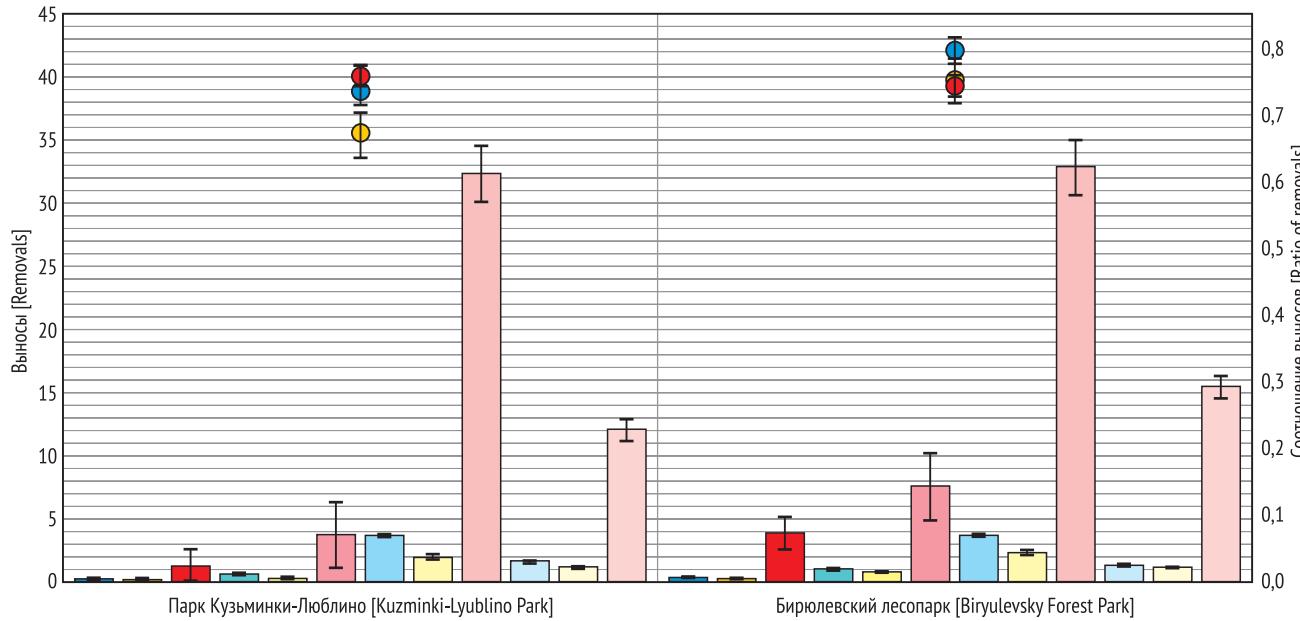


Рис. 3. Выносы и соотношение выносов азота, фосфора и калия органами *Solidago gigantea* (г/га)

Fig. 3. Removal and ratio of removal of N, P and K by organs of *Solidago gigantea* (g/ha)

Нами установлено, что основная концентрация азота, фосфора и калия наблюдается в стеблях: в среднем, содержание азота выше в 1,18 раза, фосфора – в 1,12 раза и калия – в 1,30 раза. Также установлено, что органами золотарника в основном выносится калий. Выносы калия превышают выносы натрия и фосфора в соцветиях в 6,71–17,05 и 9,40–13,07 раз, в листьях – в 6,11–8,98 и 10,15–13,50 раз, в стеблях – в 8,33–10,93 и 12,20–15,69 раз, в корнях – в 7,44–11,84 и 10,27–13,82 раза соответственно. В среднем отношение выносов азота фосфора и калия всеми органами растения к выносам этих элементов вегетативной частью составило 0,77, при этом в Леоновской роще частное принимает наибольшее значение, а в парке Кузьмики–Люблино – наименьшее.

Наблюдается акропетальное распределение элементов по органам.

Обсуждение и выводы

Изучение содержания элементов питания растений различными органами инвазионным *Solidago gigantea* рассчитано впервые. Содержание и вынос азота, фосфора и калия изучается больше для пищевых и кормовых культур, нежели для сорных растений. Так же изучается реакция таких растений на привнесение элементов питания в почву.

По сравнению с сорнями *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. изучаемый вид *Solidago gigantea* накапливает меньше азота (в 0,31; 0,32 раза), фосфора (в 0,54; 0,51 раза) и калия (в 0,32; 0,16 раза) соответственно в условиях города; и азота (в 0,20; 0,36 раза) фосфора (в 0,13; 0,17 раза) и калия (в 0,78; 0,79 раза) соответственно в условиях лесостепи [Пестерева, Сорока, 2013; Брухаль, Красюк, 2018].

Полученные данные позволяют рассчитать ежегодное снижение содержания калия надземными органами *S. gigantea*. Так, в условиях Леоновской рощи содержание калия ежегодно будет убывать на 0,0049 г/кг, в условиях Яузского лесопарка – на 0,0057 г/кг, в условиях парка Кузьминки–Люблино – на 0,0072 г/кг и в условиях Бирюлевского лесопарка – на 0,0045 г/кг.

Снижение содержания азота и фосфора в исследуемых почвах незначительно (от 0,00046 до 0,00087 и от 0,00034 до 0,00047 соответственно), в связи с чем оценивать способность по выносу этих элементов золотарником гигантским нецелесообразно.

Библиографический список / References

Брухаль Ф., Красюк Л. Биогенный вынос питательных веществ соевого агроценоза в условиях лесостепи Украины // Stiinta Agricola. 2018. № 2. С. 37–42. [Brukhal F., Krasyuk L. Biogenic removal of nutrients from soybean agrocenosis

in the forest-steppe conditions of Ukraine. *Stiinta Agricola*. 2018. No. 2. Pp. 37–42. (In Rus.)]

Майоров С.Р., Виноградова Ю.К. Введение в инвазионную биологию растений. М., 2024. [Mayorov S.R., Vinogradova Yu.K. Vvedenie v invazionnuyu biologiyu rasteniy [Introduction to plant invasive biology]. Moscow, 2024.]

Минеральный состав растений *Salvia verticillata* L. и *Salvia patens* Cav / О.А. Кораблева, Д.Б. Рахметов, Н.Е. Фролова и др. // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14. № 4. С. 382–389. [Korableva O.A., Rakhametov D.B., Frolova N.E. et al. Mineral composition of *Salvia verticillata* L. and *Salvia patens* Cav plants. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Vol. 14. No. 4. Pp. 382–389. (In Rus.)]

Пестерева А.С., Сорока С.В. Вынос основных элементов питания яровой тритикале и сорными растениями в органогенезе // Почвоведение и агрохимия. 2013. № 1 (50). С. 217–225. [Pestereva A.S., Soroka S.V. Removal of the main nutritional elements of spring triticale and weeds in the organic. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2013. No. 1 (50). Pp. 217–225. (In Rus.)]

Рoeва Т.А. Минеральное питание как фактор продуктивности и качества плодов вишни, черешни // Современное садоводство. 2018. № 2 (26). С. 48–69. [Roeva T.A. Mineral nutrition as a factor in the productivity and quality of cherry and sweet cherry fruits. *Sovremennoe sadovodstvo*. 2018. No. 2 (26). Pp. 48–69. (In Rus.)]

Чернышев А.В., Зубкова В.М., Гапоненко А.В. Влияние агрохимических показателей почвы и содержания в ней тяжелых металлов на накопление сухой массы *Solidago gigantea* Ait // Естественные и технические науки. 2023. № 7 (182). С. 55–62. [Chernyshev A.V., Zubkova V.M., Gaponenko A.V. The influence of agrochemical parameters of soil and the content of heavy metals in it on the accumulation of dry matter of *Solidago gigantea* Ait. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2023. No. 7 (182). Pp. 55–62. (In Rus.)]

Чернышев А.В. Получение и перспективы использования эфирных масел растений рода *Solidago*, произрастающих на территории Москвы и Московской области // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 85-2. С. 72–76. [Chernyshev A.V. Obtaining and prospects for using essential oils of plants of the genus *Solidago* growing in Moscow and the Moscow region. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022. No. 85-2. Pp. 72–76. (In Rus.)]

Чужеродная флора Московского региона: состав, происхождение и пути формирования / С.Р. Майоров, Ю.Е. Алексеев, В.Д. Бочкин и др. М., 2020. [Mayorov S.R., Alekseev Yu.E., Bochkin V.D. et al. Chuzherodnaya flora Moskovskogo regiona: sostav, proiskhozhdenie i puti formirovaniya [Alien flora of the Moscow region: Composition, origin and ways of formation]. Moscow, 2020.].

Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В. Агрохимические основы применения удобрений. Майкоп, 2013. [Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Kizinek S.V. Agrokhimicheskie osnovy primeneniya udobreniy [Agrochemical principles of fertilizer application]. Maykop, 2013.]

Haubrock P.J., Turbelin A.J., Cuthbert R.N. et al. Economic costs of invasive alien species across Europe. *NeoBiota*. 2020. Vol. 67. Pp. 153–190.

McGeoch M.A., Butchart S.H., Spear D. et al. Global indicators of biological invasion: Species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions*. 2010. Vol. 16. Pp. 95–108.

Статья поступила в редакцию 14.03.2025, принята к публикации 11.05.2025
The article was received on 14.03.2025, accepted for publication 11.05.2025

Сведения об авторах / About the authors

Чернышев Александр Валерьевич – аспирант кафедры экологии и природоохранной деятельности факультета комплексной безопасности и основ военной подготовки, Российской государственный социальный университет, г. Москва

Alexander V. Chernyshev – postgraduate student at the Department of Ecology and Environmental Protection of the Faculty of Comprehensive Security and Fundamentals of Military Training, Russian State Social University, Moscow

E-mail: sanchoys.28.03.98@yandex.ru

Зубкова Валентина Михайловна – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры экологии и природоохранной деятельности факультета комплексной безопасности и основ военной подготовки, Российской государственный социальный университет, г. Москва

Valentina M. Zubkova – Dr. Biol. Hab.; Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection of the Faculty of Comprehensive Security and Fundamentals of Military Training, Russian State Social University, Moscow

E-mail: vmzubkova@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов

А.В. Чернышев – постановка задач исследования, сбор и обработка материалов исследования, описание исследования и формулирование выводов

В.М. Зубкова – постановка цели исследования, корректировка текста введения, формулирование актуальности и выводов исследования

Contribution of the authors

A.V. Chernyshev – setting research objectives, collecting and processing research materials, describing the study, and formulating conclusions

V.M. Zubkova – setting the research objective, revising the introduction, formulating the relevance and conclusions of the study

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript

Обзорная статья

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-315-327

УДК 159.963.2

Н.В. Лигун

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,
117485 г. Москва, Российская Федерация

Когнитивно-поведенческая терапия бессонницы

Бессонница является одним из самых распространенных расстройств сна, влияющим на качество жизни миллионов людей. Распространенность среди взрослых составляет от 10 до 30%. Учитывая важность полноценного сна для здоровья, необходимость вмешательства в лечение бессонницы возрастает. Когнитивно-поведенческая терапия бессонницы зарекомендовала себя как метод первой линии в терапии бессонницы, превосходя традиционную фармакотерапию по эффективности и устойчивости результатов. Цель – обобщение и систематизация современных исследований по роли когнитивно-поведенческой терапии бессонницы в лечении бессонницы, анализ ее воздействия, преимуществ и ограничений, а также оценка места в стратегии управления пациентами с нарушениями сна. Исследовались материалы, представленные в ведущих научных базах данных (2015–2025 гг.), включая оригинальные исследования и систематические обзоры, изучающие эффективность когнитивно-поведенческой терапии бессонницы и ее влияние на качество сна, тревожность и депрессию. Особое внимание уделяется психологическому аспекту когнитивно-поведенческой терапии бессонницы с пояснением психологии процесса.

Вывод: современные исследования подтверждают высокую эффективность когнитивно-поведенческой терапии бессонницы, что делает ее предпочтительным методом для пациентов всех возрастных категорий.

Ключевые слова: бессонница, когнитивно-поведенческая терапия, психотерапия, качество сна, депрессия

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Лигун Н.В. Когнитивно-поведенческая терапия бессонницы // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 3. С. 315–327. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-315-327

Review article

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-315-327

N.V. Ligun

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,
Russian Academy of Science,
Moscow, 117485, Russian Federation

Cognitive-behavioral therapy for insomnia

Insomnia is one of the most common sleep disorders, affecting the quality of life of millions of people. The prevalence among adults ranges from 10 to 30%. Given the importance of adequate sleep for health, the need for intervention in the treatment of insomnia is increasing. Cognitive-behavioral therapy for insomnia (CBT-I) has proven to be a first-line treatment for insomnia, outperforming traditional pharmacotherapy in terms of effectiveness and sustainability of results. *Purpose.* Summary and systematization of modern research on the role of CBT-B in the treatment of insomnia, analysis of its effects, advantages and limitations, as well as assessment of its place in the management strategy of patients with sleep disorders. Data search was carried out in leading scientific databases from 2015 to 2025, including original studies and systematic reviews studying the effectiveness of CBT-B and its impact on sleep quality, anxiety and depression. Special attention is paid to the psychological aspect of CBT-B, with an explanation of the psychology of the process. Conclusions: modern research confirms the high effectiveness of CBT-B, making it the preferred method for patients of all age groups.

Key words: insomnia, cognitive-behavioral therapy, psychotherapy, sleep quality, depression

CITATION: Ligun N.V. Cognitive-behavioral therapy for insomnia. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 3. Pp. 315–327.
DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-3-315-327

Введение

Бессонница – это распространенное расстройство сна, которое значительно ухудшает качество жизни миллионов людей по всему миру и встречается у 50% пациентов, получающих первичную медицинскую помощь. Обеспечение полноценного и качественного сна становится важной задачей, учитывая, что распространенность бессонницы среди взрослых колеблется от 10 до 30%, а среди пожилых людей достигает тревожных 50%, причем примерно 10% страдает от хронической формы заболевания [Dopheide, 2020].

Это состояние характеризуется трудностями с засыпанием, частыми ночных пробуждениями и ранним утренним подъемом, приводящими к дневной усталости, снижению работоспособности и ухудшению настроения.

Важно отметить, что бессонница редко возникает изолированно. Часто она сочетается с другими медицинскими или психиатрическими заболеваниями, такими как сердечно-сосудистые патологии, хронический стресс, тревога и депрессия. Например, согласно некоторым источникам, около 50–80% пациентов с диагностированными психическими расстройствами сталкиваются с нарушениями сна. Более того, существует двусторонняя связь между нарушением сна и развитием психопатологий: нарушения сна могут усиливать проявления тревоги и депрессии, а сами психологические факторы способствуют развитию бессонницы [Mirchandaney, Barete, Asarnow, 2022].

Несмотря на широкое распространение бессонницы, лишь небольшая доля пациентов обращается за специализированной помощью, что обуславливает актуальность данного обзора. Так, лишь 10–20% страдающих бессонницей активно ищут врачебную консультацию, вероятно, вследствие недостаточной осведомленности общества о существовании эффективных методов коррекции нарушений сна [Asarnow, Manber, 2019].

Клиническая значимость бессонницы подчеркивается рекомендациями Американской коллегии врачей, которые указывают на необходимость особого внимания к этому состоянию. Согласно их рекомендациям, когнитивно-поведенческая терапия бессонницы (КПТ-Б) должна рассматриваться как метод выбора первой линии для лечения любых форм бессонницы, вне зависимости от наличия конкретной причины ее возникновения. Эти рекомендации отражают накопленные научные доказательства эффективности КПТ-Б, которая демонстрирует значительные преимущества перед фармакотерапией, особенно в плане устойчивости результатов после окончания курса лечения [Perlis, Posner, Riemann, 2022].

КПТ-Б изначально создавалась как альтернативный, нефармакологический метод лечения. Ее теоретическая основа – трехуровневая модель Шпильмана, утверждающая, что бессонница развивается на фоне индивидуальной предрасположенности (наследственности или особенностей образа жизни), запускается внешними триггерными факторами (например, онкологическим заболеванием) и сохраняется из-за поведенческих факторов (таких как увеличение времени пребывания в постели или несоблюдение правил гигиены сна).

КПТ-Б предполагает специальные вмешательства, такие как контроль стимулов (например, использование кровати только для сна), ограничение сна и перестройка когнитивных функций. Традиционно курс КПТ-И состоит из серии последовательных занятий длительностью шесть–восемь недель, каждое из которых развивает и закрепляет знания предыдущих этапов [Spiguel, 2025].

Таким образом, целью настоящего обзора является обобщение современных научных исследований, посвященных роли когнитивно-поведенческой терапии в лечении бессонницы, обсуждение механизмов ее воздействия, преимуществ и ограничений, а также оценка ее места в современной стратегии управления пациентами с нарушениями сна.

Материалы и методы

Поиск литературы был проведен в научных базах данных PubMed, Scopus, Science Direct и Web of Science. Применялись такие ключевые слова, как «бессонница», «когнитивно-поведенческая терапия», «психотерапия», «качество сна», «депрессия». Поиск был ограничен статьями, написанными на английском языке, и охватывал период с 2015 по 2025 гг. В анализ были включены оригинальные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, посвященные изучению

воздействия когнитивно-поведенческой терапии на бессонницу. Особое внимание уделялось статьям, исследующим эффективность КПТ в лечении различных фенотипов бессонницы, а также данным о влиянии терапии на различные группы населения, оценку их качества сна, уровень тревожности и депрессии. Также отдельное внимание уделялось применению и оценке эффективности цифровой КПТ при лечении бессонницы. Кроме того, анализировались исследования, касающиеся механизмов действия КПТ и ее влияние на психоэмоциональное состояние пациентов с нарушениями сна.

Бессонница как фактор риска психических заболеваний

По результатам анализируемых исследований, бессонница не только снижает качество жизни, но и выступает значительным предиктором развития серьезных психоэмоциональных расстройств, в частности, депрессии. Кроме того, нарушения сна и бессонница повышают риск будущего эпизода большого депрессивного расстройства через один-три года [Furukawa, Nagaoka, Sato et al., 2024]. Продольное исследование продемонстрировало, что расстройства сна увеличивают риск последующего появления тяжелой депрессии [Suh, Kim, Yang et al., 2013]. При этом постоянство симптомов бессонницы оказывается особенно актуальным для прогноза последующих депрессивных эпизодов [Furukawa, Nagaoka, Sato et al., 2024]. Кроме того, бессонница служит независимым фактором риска суицидальных мыслей и попыток, даже при учете отсутствия депрессии [Suh, Kim, Yang et al., 2013]. Данное исследование подчеркивает важность своевременного выявления и лечения бессонницы. В свою очередь, у пожилых людей бессонница способствует возникновению и рецидивированию депрессии, а постоянный недостаток сна многократно усиливает этот риск [Bao, Han, Ma. et al., 2017].

В следующем исследовании пациенты отмечали уменьшение уровней тревожности и депрессии при КПТ-Б, что подтверждается улучшением показателей по шкалам оценки качества сна [Hertenstein, Trinca, Wunderlin et al., 2022]. КПТ-Б превосходит традиционное лечение депрессии и тревоги, улучшая симптомы бессонницы у пациентов с сопутствующими психическими расстройствами. Это указывает на взаимосвязь между психическим состоянием и качеством сна. Кроме того, в данном исследовании эффективность КПТ-Б оказалась сопоставимой с ее применением у пациентов без сопутствующих психических расстройств [Hertenstein, Trinca, Wunderlin et al., 2022].

Психологические аспекты когнитивно-поведенческой терапии при бессоннице

Основной принцип КПТ-Б заключается в том, что негативные установки и поведение вызывают циклическое ухудшение сна. Человек, испытывающий беспокойство из-за отсутствия полноценного сна, создает порочный круг тревожности и усталости, ухудшая свое состояние. Когда восприятие меняется благодаря новым установкам и действиям, цикл прерывается, позволяя постепенно нормализовать процесс засыпания и поддержания сна.

В первую очередь, многие страдающие бессонницей испытывают страх перед отходом ко сну из-за постоянных проблем с засыпанием. Негативные ожидания относительно предстоящего отдыха усиливают тревогу и ухудшают качество сна. Исходя из этого, задачей КПТ становится выявление и исправление ошибочных представлений о сне, т.е. изменение негативного восприятия сна. Утверждения отрицательного характера замечаются рациональными мыслями [Salwen-Deremer, Siegel, Smith, 2020]. Кроме того, одним из эффективных методов является ограничение времени нахождения в кровати. Согласно этому подходу, пациент ограничивает количество часов, проводимых в постели, до фактического количества часов сна плюс некоторое дополнительное время. Постепенно, при улучшении сна, продолжительность увеличивается. Цель этого подхода – уменьшить негативное влияние привычки лежать в кровати долго без сна [Trauer, Qian, Doyle et al., 2015].

Также создание устойчивого распорядка сна играет ключевую роль в восстановлении нормального цикла сна. Четкое соблюдение расписания, особенно в отношении времени пробуждения утром, помогает организму сформировать устойчивые биологические часы. Кроме того, методы релаксации, такие как прогрессивная мышечная релаксация или медитация, снижают общий уровень стресса и способствуют лучшему качеству сна [Altena, Ellis, Camart et al., 2023]. Обучаясь управлять напряжением тела и умственной активностью, пациенты улучшают свою способность спокойно отдыхать ночью. Ко всему прочему, хорошая гигиена сна подразумевает отказ от стимуляторов (кофеин, никотин), ограничение использования электронных устройств перед сном, создание комфортной обстановки спальни и принятие теплой ванны или легкого ужина. Эти факторы существенно влияют на легкость засыпания и глубину сна.

Результаты когнитивно-поведенческой терапии бессонницы различных групп населения

В исследовании влияния КПТ-Б на хроническую бессонницу получены следующие результаты: улучшения качества сна (время засыпания сократилось на 19,03 минут, продолжительность улучшилась на 7,61 минуту, общее качество сна выросло на 9,91%) наблюдались также и через 6–12 месяцев после завершения терапии [Trauer, Qian, Doyle, 2015]. В другой работе также подчеркивается возможность увеличения общего времени сна на 30–60 минут за ночь у некоторых пациентов [Dopheide, 2020]. Отметим, что положительное воздействие КПТ-Б наблюдается как в краткосрочной, так и в среднесрочной перспективах [Hertenstein, Trinca, Wunderlin et al., 2022].

Положительное влияние КПТ-Б на симптомы бессонницы наблюдается не только у взрослых с бессонницей. Эффективность была также исследована среди подростков и детей. Результаты показали, что помимо уменьшения времени засыпания, увеличения общей продолжительности сна и улучшения его качества, как это было продемонстрировано в предыдущих исследованиях, наблюдалось снижение уровня тревожности [Dewald-Kaufmann, de Bruin, Michael, 2022]. В следующем исследовании участвовали беременные женщины с диагностированными проблемами сна. После шести недель КПТ-Б среднее значение по шкале ISI (индекс тяжести бессонницы) с 15,6 снизилось до 7,1, в то время как в контрольной группе изменения были незначительными. По шкале PSQI (Питтсбургский индекс качества сна) исходное значение 12,2 снизилось до 5,4 [Felder, Epel, Neuhaus et al., 2020]. После восьми недель лечения взрослых пациентов средний показатель по шкале ISI снизился с 15,0 до 8,5, количество бессонных ночей сократилось с 5,0 до 2,5, а улучшение по шкале PSQI составило 3,4 пункта [Luik et al., 2019].

Это наводит на мысль о том, что существует зависимость между начальными уровнями тревожности и депрессии и эффективностью КПТ-Б. Интересно, что пациенты с более высокими начальными уровнями тревожности и депрессии показывали лучшие результаты после терапии (возросла общая удовлетворенность сном) по сравнению с контрольной группой [Luik et al., 2019; Mirchandaney, Barete, Asarnow, 2022].

КПТ-Б показала высокую эффективность у военнослужащих и ветеранов: среднее значение ISI снизилось с 16,6 до 7,5, что указывает на улучшение. Шкала PSQI изменилась с 15,2 до 8,3. Более 60%

участников отметили снижение симптомов бессонницы после терапии [van der Zweerde, Bisdounis, Kyle et al., 2019]. Кроме того, интересно, что среди женщин эффективность КПТ-Б была еще выше. Улучшение по шкале ISI составило в среднем 8,0 пунктов, а КПТ-Б положительно сказалась на качестве сна у 70% женщин [Nowakowski, Meers, 2019]. Это демонстрирует эффективность данного метода терапии в разных группах населения.

Было опубликовано большое количество рандомизированных контролируемых испытаний, исследующих эффективность КПТ для программ бессонницы [Christensen, Batterham, Gosling et al., 2016; Lancee, van Straten, Morina et al., 2016; Barnes, Miller, Bostock, 2017; Freeman, Sheaves, Goodwin et al., 2017; McGrath, Espie, Power et al., 2017; Lancee, Effting, van der Zweerde et al., 2019; van der Zweerde, van Straten, Effting et al., 2019; He, Guo, McClure et al., 2023]. Так, изучалась эффективность КПТ для пациентов с фенотипом короткой продолжительности сна по сравнению с фенотипом нормальной продолжительности сна. Основным результатом было то, что КПТ-Б показала лучшую эффективность в отношении фенотипа с нормальной продолжительностью сна, при этом ответ был примерно на 30% выше, а ремиссия – примерно на 20% выше [He, Guo, McClure et al., 2023]. Соответственно, не все пациенты достигают полной ремиссии после завершения курса лечения. Дисрегуляция циркадных ритмов могут способствовать бессоннице, даже без явных расстройств сна и бодрствования [Brasure, Fuchs, MacDonald et al., 2016]. Пациентам с определенными фенотипами бессонницы могут помочь циркадные вмешательства: терапия ярким светом и замедленным тусклым, а также эктогенный мелатонин [Takano, Ibata, Machida et al., 2023].

Долгосрочность эффективности терапии

На данный момент все равно остается актуальной проблема долгосрочного эффекта КПТ-Б. Исследование, оценивающее 3-летний период наблюдения, не обнаружило устойчивого эффекта для снижения тяжести бессонницы, но это исследование показало, что участники, получившие КПТ-Б, использовали меньше снотворных, и что контрольная группа получала больше дополнительного лечения бессонницы в течение последующего периода [Blom, Jernelöv, Rück et al., 2016]. В другом исследовании результаты КПТ-Б сравнивали с фармакологическим лечением, и лишь у 30% пациентов, получавших лекарственные средства, сохранялись улучшения после их прекращения. Это указывает на высокую вероятность рецидива при использовании только лекарственной терапии [Perlis, Posner, Riemann et al., 2022]. Более того,

в одном из обзоров подчеркивается, что 60% пациентов смогли уменьшить дозировку снотворных средств на 50%, что говорит о снижении зависимости от медикаментов и долгосрочных преимуществах для здоровья [Buenaver, Townsend, Ong, 2019].

Цифровая когнитивно-поведенческая терапия бессонницы

В последние годы наблюдается растущий интерес к использованию цифровых технологий в лечении бессонницы, особенно в контексте КПТ. Одним из наиболее эффективных подходов является цифровая КПТ, которая демонстрирует значительные улучшения в различных аспектах здоровья и психического благополучия участников. Первое рандомизированное контролируемое исследование опубликовано в 2004 г. В нем описывается управляемая программа, в которой цифровая КПТ-Б сочеталась с поддержкой человека [Ström, Pettersson, Andersson, 2004]. Количество исследований с каждым годом увеличивается, и важно подчеркнуть необходимость клинических доказательств, т.к. они нацелены на изначально уязвимую группу населения, что сопровождается неизвестной эффективностью и рисками с возможностью причинения вреда. Следует отметить среднюю приверженность лечению при помощи цифровой КПТ-Б около 50% [Horsch, Lancee, Beun et al., 2015].

В целом, обзоры и мета-анализы демонстрируют, что данный вид метода лечения эффективен при лечении бессонницы [Ellis, 2019; Rajabi Majd, Broström, Ulander et al., 2020; Simon, Steinmetz, Feige et al., 2023; Knutzen, Christensen, Cairns et al., 2024]. Так, в одном из исследований отметили снижение симптомов бессонницы: результаты показывают диапазон от 45,5% до 84,0% улучшений, положительное воздействие на качество жизни, связанное со сном. Кроме того, участники испытывали более высокую удовлетворенность сном и улучшение повседневной функциональности [Espie, Emsley, Kyle et al., 2019].

Функциональные изменения в головном мозге

В недавнем обзоре совокупность исследований указывает на изменения в мозговой активности: в 12 из 20 из них отмечалось уменьшение активности в области миндалевидного тела на 24–30% после завершения КПТ. Кроме того, в восьми исследованиях наблюдалось увеличение объемов серого вещества в областях, связанных с регуляцией эмоций и стрессом, в то время как в 70% исследований отмечались изменения в функциональной активности участков мозга, ответственных за внимание и эмоциональное состояние [Sabot, Baumann, 2023].

Заключение

Отметим, что исходя из проведенного анализа данных, КПТ-Б продемонстрировала значительное сокращение симптомов бессонницы, что подтверждается улучшением показателей по шкалам оценки качества сна. Пациенты, проходившие КПТ, отмечали уменьшение уровней тревожности и депрессии, что указывает на взаимосвязь между психическим состоянием и качеством сна. Эффективность КПТ оказалась сопоставимой с ее применением у пациентов как без сопутствующих психических расстройств, так и с ними, подчеркивая универсальность этого метода.

В ходе обзора научной литературы было установлено, что КПТ-Б превосходит традиционные методы лечения бессонницы, такие как медикаментозная терапия, в плане долгосрочных результатов и устойчивого благополучия пациентов. Тем не менее, недостаточная доступность специализированных медицинских услуг и сложности внедрения КПТ-Б требуют внимания со стороны клиницистов и исследователей. Также необходима разработка оптимизированных стратегий профилактики и лечения бессонницы, связанной с депрессией и другими психоэмоциональными расстройствами. Это связано с тем, что пациенты с выраженными депрессивными симптомами могут преждевременно прерывать курс терапии. Мотивация пациентов и строгое соблюдение гигиенических норм сна становятся критически важными факторами для успеха лечения.

Таким образом, выбор и адаптация методов терапии должны учитывать индивидуальные особенности каждого пациента для максимально-го улучшения качества их сна и психоэмоционального состояния.

Библиографический список / References

Altena E., Ellis J., Camart N. et al. Mechanisms of cognitive behavioural therapy for insomnia. *Journal of Sleep Research*. 2023. No. 32 (6). Article number e13860. DOI: 10.1111/jsr.13860

Asarnow L.D., Manber R. Cognitive behavioral therapy for insomnia in depression. *Sleep Medicine Clinics*. 2019. No. 14 (2). Pp. 177–184. DOI: 10.1016/j.jsmc.2019.01.009

Bao Y.P., Han Y., Ma J. et al. Cooccurrence and bidirectional prediction of sleep disturbances and depression in older adults: Meta-analysis and systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2017. No. 75. Pp. 257–273. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2017.01.032

Barnes C.M., Miller J.A., Bostock S. Helping employees sleep well: Effects of cognitive behavioral therapy for insomnia on work outcomes. *The Journal of Applied Psychology*. 2017. No. 102 (1). Pp. 104–113. DOI: 10.1037/apl0000154

Blom K., Jernelöv S., Rück C. et al. Three-year follow-up of insomnia and hypnotics after controlled internet treatment for insomnia. *Sleep*. 2016. No. 39 (6). Pp. 1267–1274. DOI: 10.5665/sleep.5850

Brasure M., Fuchs E., MacDonald R. et al. Psychological and behavioral interventions for managing insomnia disorder: An evidence report for a clinical practice guideline by the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*. 2016. No. 165 (2). Pp. 113–124. DOI: 10.7326/M15-1782

Buenaver L.F., Townsend D., Ong J.C. Delivering cognitive behavioral therapy for insomnia in the real world: Considerations and controversies. *Sleep Medicine Clinics*. 2019. No. 14 (2). Pp. 275–281. DOI: 10.1016/j.jsmc.2019.01.008

Christensen H., Batterham P.J., Gosling J.A. et al. Effectiveness of an online insomnia program (SHUTi) for prevention of depressive episodes (the GoodNight Study): A randomised controlled trial. *The Lancet. Psychiatry*. 2016. No. 3 (4). Pp. 333–341. DOI: 10.1016/S2215-0366(15)00536-2

Dewald-Kaufmann J., de Bruin E., Michael G. Cognitive behavioral therapy for insomnia in school-aged children and adolescents. *Sleep Medicine Clinics*. 2022. No. 17 (3). Pp. 355–365. DOI: 10.1016/j.jsmc.2022.06.003

Dopheide J.A. Insomnia overview: Epidemiology, pathophysiology, diagnosis and monitoring, and nonpharmacologic therapy. *The American Journal of Managed Care*. 2020. No. 26 (4 Suppl). Article number S76–S84. DOI: 10.37765/ajmc.2020.42769

Ellis J.G. Cognitive behavioral therapy for insomnia and acute insomnia: Considerations and controversies. *Sleep Medicine Clinics*. 2019. No. 14 (2). Pp. 267–274. DOI: 10.1016/j.jsmc.2019.01.007

Espie C.A., Emsley R., Kyle S.D. et al. Effect of digital cognitive behavioral therapy for insomnia on health, psychological well-being, and sleep-related quality of life: A randomized clinical trial. *JAMA Psychiatry*. 2019. No. 76 (1). Pp. 21–30. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2018.2745

Felder J.N., Epel E.S., Neuhaus J. et al. Efficacy of digital cognitive behavioral therapy for the treatment of insomnia symptoms among pregnant women: A randomized clinical trial. *JAMA Psychiatry*. 2020. No. 77 (5). Pp. 484–492. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2019.4491

Freeman D., Sheaves B., Goodwin G.M. et al. The effects of improving sleep on mental health (OASIS): A randomised controlled trial with mediation analysis. *The Lancet. Psychiatry*. 2017. No. 4 (10). Pp. 749–758. DOI: 10.1016/S2215-0366(17)30328-0

Furukawa Y., Nagaoka D., Sato S. et al. Cognitive behavioral therapy for insomnia to treat major depressive disorder with comorbid insomnia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*. 2024. No. 367. Pp. 359–366. DOI: 10.1016/j.jad.2024.09.017

He D., Guo Z., McClure M.A. et al. Cognitive-behavioral therapy for insomnia with objective short sleep duration phenotype: A systematic review with meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*. 2023. No. 67. Article number 101736. DOI: 10.1016/j.smrv.2022.101736

Hertenstein E., Trinca E., Wunderlin M. et al. Cognitive behavioral therapy for insomnia in patients with mental disorders and comorbid insomnia: A systematic

review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*. 2022. No. 62. Article number 101597. DOI: 10.1016/j.smrv.2022.101597

Horsch C., Lancee J., Beun R.J. et al. Adherence to technology-mediated insomnia treatment: A meta-analysis, interviews, and focus groups. *Journal of Medical Internet Research*. 2015. No. 17 (9). Article number e214. DOI: 10.2196/jmir.4115

Knutzen S.M., Christensen D.S., Cairns P. et al. Efficacy of ehealth versus in-person cognitive behavioral therapy for insomnia: Systematic review and meta-analysis of equivalence. *JMIR Mental Health*. 2024. No. 11. Article number e58217. DOI: 10.2196/58217

Lancee J., Effting M., van der Zwaerde T. et al. Cognitive processes mediate the effects of insomnia treatment: Evidence from a randomized wait-list controlled trial. *Sleep Medicine*. 2019. No. 54. Pp. 86–93. DOI: 10.1016/j.sleep.2018.09.029

Lancee J., van Straten A., Morina N. et al. Guided online or face-to-face cognitive behavioral treatment for insomnia: A randomized wait-list controlled trial. *Sleep*. 2016. No. 39 (1). Pp. 183–191. DOI: 10.5665/sleep.5344

Luik A.I., van der Zwaerde T., van Straten A., Lancee J. Digital delivery of cognitive behavioral therapy for insomnia. *Current Psychiatry Reports*. 2019. No. 21 (7). Article number 50. DOI: 10.1007/s11920-019-1041-0

McGrath E.R., Espie C.A., Power A. et al. Sleep to lower elevated blood pressure: A randomized controlled trial (SLEPT). *American Journal of Hypertension*. 2017. No. 30 (3). Pp. 319–327. DOI: 10.1093/ajh/hpw132

Mirchandaney R., Barete R., Asarnow L.D. Moderators of cognitive behavioral treatment for insomnia on depression and anxiety outcomes. *Current Psychiatry Reports*. 2022. No. 24 (2). Pp. 121–128. DOI: 10.1007/s11920-022-01326-3

Mirchandaney R., Barete R., Asarnow L.D. Moderators of cognitive behavioral treatment for insomnia on depression and anxiety outcomes. *Current Psychiatry Reports*. 2022. No. 24 (2). Pp. 121–128. DOI: 10.1007/s11920-022-01326-3

Nowakowski S., Meers J.M. Cognitive behavioral therapy for insomnia and women's health: Sex as a biological variable. *Sleep Medicine Clinics*. 2019. No. 14 (2). Pp. 185–197. DOI: 10.1016/j.jsmc.2019.01.002

Perlis M.L., Posner D., Riemann D. et al. Insomnia. *Lancet*. 2022. No. 400 (10357). Pp. 1047–1060. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00879-0

Rajabi Majd N., Broström A., Ulander M. et al. Efficacy of a theory-based cognitive behavioral technique app-based intervention for patients with insomnia: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2020. No. 22 (4). Article number e15841. DOI: 10.2196/15841

Sabot D., Baumann O. Neuroimaging correlates of cognitive behavioral therapy for insomnia (CBT-I): A systematic literature review. *Journal of Cognitive Psychotherapy*. 2023. No. 37 (1). Pp. 82–101. DOI: 10.1891/JCPsy-D-21-00006

Salwen-Deremer J.K., Siegel C.A., Smith M.T. Cognitive behavioral therapy for insomnia: A promising treatment for insomnia, pain, and depression in patients with IBD. *Crohn's & Colitis*. 2020. No. 2 (3). Article number otaa052. DOI: 10.1093/crocol/ota052

Simon L., Steinmetz L., Feige B. et al. Comparative efficacy of onsite, digital, and other settings for cognitive behavioral therapy for insomnia: A systematic review and

network meta-analysis. *Scientific Reports*. 2023. No. 13 (1). Article number 1929. DOI: 10.1038/s41598-023-28853-0

Spiguel E. Assessing Efficacy of cognitive behavioral therapy for insomnia in the oncology population. *Clinical Journal of Oncology Nursing*. 2022. No. 26 (4). Pp. 399–405. DOI: 10.1188/22.CJON.399-405

Ström L., Pettersson R., Andersson G. Internet-based treatment for insomnia: A controlled evaluation. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 2004. No. 72 (1). Pp. 113–120. DOI: 10.1037/0022-006X.72.1.113

Suh S., Kim H., Yang H.C. et al. Longitudinal course of depression scores with and without insomnia in non-depressed individuals: A 6-year follow-up longitudinal study in a Korean cohort. *Sleep*. 2013. No. 36 (3). Pp. 369–376. DOI: 10.5665/sleep.2452

Takano Y., Ibata R., Machida N. et al. Effect of cognitive behavioral therapy for insomnia in workers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Sleep Medicine Reviews*. 2023. No. 71. Article number 101839. DOI: 10.1016/j.smrv.2023.101839

Trauer J.M., Qian M.Y., Doyle J.S. et al. Cognitive behavioral therapy for chronic insomnia: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*. 2015. No. 163 (3). Pp. 191–204. DOI: 10.7326/M14-2841

van der Zwerde T., Bisdounis L., Kyle S.D. et al. Cognitive behavioral therapy for insomnia: A meta-analysis of long-term effects in controlled studies. *Sleep Medicine Reviews*. 2019. No. 48. Article number 101208. DOI: 10.1016/j.smrv.2019.08.002

van der Zwerde T., van Straten A., Effting M. et al. Does online insomnia treatment reduce depressive symptoms? A randomized controlled trial in individuals with both insomnia and depressive symptoms. *Psychological Medicine*. 2019. No. 49 (3). Pp. 501–509. DOI: 10.1017/S0033291718001149

Статья поступила в редакцию 19.06.2025, принята к публикации 09.08.2025

The article was received on 19.06.2025, accepted for publication 09.08.2025

Сведения об авторе / About the author

Наталья Владимировна Лигун – кандидат когнитивных наук; научный сотрудник лаборатории нейробиологии сна и бодрствования, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, г. Москва

Natalia V. Ligun – PhD in Cognitive Sciences; Research Fellow at the Laboratory of Sleep and Wakefulness Neurobiology, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7358-0243>

E-mail: n.ligun@ihna.ru

Издание
подготовили
к печати:
редактор
А. А. Козаренко,
корректор
А. А. Алексеева,
обложка, макет,
компьютерная
верстка
Н. А. Попова

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

2025. Т. 15. № 3

Сайт журнала: soc-ecol.ru
E-mail: izdat_mgopu@mail.ru

Авторы статей несут полную ответственность за точность
приводимой информации, цитат, ссылок и списка литературы.

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале,
невозможна без письменного разрешения редакции.

Подписано в печать 29.09.2025.
Формат 60×90 1/16. Гарнитура «Liberation Serif».
Объем 4,9 п. л. Тираж 1000 экз.