

ISSN 2500-2961

УДК 55:57:58:59:61:91

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

2025. Т. 15. № 2

Природа и человек: экологические исследования

Учредитель и издатель:

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

Издается 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. 2

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, Verh-
nyaya
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 (БАК Республики Беларусь); профессор кафедры химии и химической технологии факультета биологии и экологии, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Республика Беларусь

Владимир Павлович Викторov – 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 общей геоботаники, Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург

Ирина Владимировна Лягузова – 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

Наталья 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 (БАК 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

Ekaterina O. Korolkova – 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, Przhivalskoye, 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, С.Р. Майоров,
Р.А. Муратаев

Идентификация *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae)
в Москве 137

ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И УРБОЭКОЛОГИЯ

И.Е. Зыков, Л.В. Федорова

Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.)
как индикатор техногенного загрязнения окружающей среды
Восточного Подмосквья 156

А.Д. Мальцева, О.З. Еремченко,
П.Ш. Сайранова, Н.А. Кобелев

Формирование урбопочв на песчаных террасах
реки Камы 173

М.Б. Рюмин

Оценка экологического состояния почв
на объектах скопления строительной техники 192

ОПЫТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Е.А. Шишконокова, Н.А. Аветов,
Т.Ю. Толтышева, Ю.А. Лебедь

Разнообразие сосново-кустарничково-сфагновых болот
природного парка «Нумто» (ХМАО – Югра) 208

Contents

STUDY AND CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY

*Yu.A. Nasimovich, S.R. Mayorov,
R.A. Murataev*

Identification of *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae)
in Moscow. 137

ANTHROPOGENICALLY MODIFIED ECOSYSTEMS AND URBAN ECOLOGY

I.E. Zykov, L.V. Fedorova

Scots pine (*Pinus silvestris* L.) as an indicator
of manmade environmental pollution
of the Eastern Moscow region 156

*A.D. Maltseva, O.Z. Eremchenko,
P.Sh. Sairanova, N.A. Kobelev*

Formation of urban soils on the sandy terraces
of the Kama river 173

M.B. Ryumin

Assessment of the ecological state of soils
at sites of accumulation of construction machinery 192

EXPERIENCE ENVIRONMENTAL STUDY AREAS

*E.A. Shishkonankova, N.A. Avetov,
T.Yu. Tolpysheva, Yu.A. Lebed*

Diversity of pine-shrub-sphagnum bogs
of the Numto Nature Park
(Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra) 208

Оригинальное исследование
и обзор литературы

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-137-155

УДК 582.623.2

**Ю.А. Насимович¹, С.Р. Майоров²,
Р.А. Муратаев^{2, 3}**

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

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

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

Идентификация *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) в Москве

Собраны аргументы в пользу того, что обычный московский культурный тополь (культивар) с овальными листьями и резко оттянутой вершиной листа в виде узкого «носика» длиной 1–2 см, а также с чуть провисающими («плакучими») концами ветвей – это *Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst., т.е. тополь Разумовского. Он возник на территории Московской (Петровской) сельскохозяйственной академии в результате спонтанной гибридизации *P. nigra* и *P. suaveolens* во второй половине XIX в., был замечен и вегетативно размножен садовником Р.И. Шредером, а в 1882 г.



выставлен на обозрение и продажу на сельскохозяйственной выставке в Петровско-Разумовском. В том же году он был очень кратко, но точно описан П.Е. Волкенштейном (Wolkenstein, 1882), посетившим эту выставку, причем какие-либо убедительные конкурирующие описания тополя Разумовского, выполненные в нашей стране или за рубежом, отсутствуют. После череды войн и революций начала XX в. связь поколений нарушилась, и тополь Разумовского (его облик) был забыт в российском озеленении, но не исчез, использовался без названия или под ошибочными названиями. Возможно, тополь Разумовского – это возвратный гибрид, т.к. признаки *Populus suaveolens* выражены лучше. Такие состав и соотношение родительских видов подтверждаются морфологическими и молекулярно-генетическими, а также отчасти историческими и географическими данными.

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

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: 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

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-137-155

Yu.A. Nasimovich¹, S.R. Mayorov², 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

Identification of *Populus × rasumovskoe* (Salicaceae) in Moscow

Arguments in favour of the fact that the common Moscow cultivated poplar (cultivar) with oval leaves and sharply retracted leaf apex in the form of a narrow ‘spout’ 1–2 cm long, as well as with slightly sagging (‘weeping’) branch ends, is *Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst., i.e. Razumovskii poplar. It originated on the territory of the Moscow (Petrovskaya) Agricultural Academy as a result of spontaneous hybridisation of *P. nigra* and *P. suaveolens* in the second half of the 19th century, was noticed and vegetatively propagated by the gardener R.I. Schroder, and in 1882 it was exhibited and sold at the agricultural exhibition in Petrovsko-Razumovskoe. That same year it was very briefly but accurately described by P.E. Wolkenstein (1882), who visited the exhibition. There are no convincing competing descriptions of Razumovsky poplar made in Russia or abroad. After a series of wars and revolutions in the early 20th century, the link between generations was broken, and the Razumovsky poplar (its appearance) was forgotten in Russian landscaping, but it did not disappear, it was used without a name or under erroneous names. It is possible that Razumovsky poplar is a returning hybrid, as the traits of *P. suaveolens* are better expressed. Such composition and correlation of parental species are confirmed by morphological and molecular-genetic, as well as partly by historical and geographical data.

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 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.

FOR CITATION: 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

Данная статья – вторая в задуманном цикле публикаций о тополе Разумовского (*Populus × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst.) – массовом культиваре в озеленении Москвы. В предыдущей статье [Муратаев и др., 2024] мы проанализировали молекулярно-генетическое разнообразие тополя Разумовского, выделив 5 клонов этого гибрида и проанализировав их распространение по Москве. Кроме того, мы сравнили по этим показателям тополь Разумовского с другими массовыми культиварами московских тополей. В нашей новой публикации рассматривается идентификация (определение) тополя Разумовского, т.к. он в течение более чем 100 лет был забыт российскими озеленителями, ошибочно принимался за другие культивары или никак не назывался. Кроме того, мы предприняли попытку объединения литературных данных (преимущественно старых) об этом культиваре.

Материал и методика

В данной публикации обсуждаются результаты, полученные нами ранее в ходе молекулярно-генетического изучения *P. × rasumovskoe* и других культиваров московского озеленения, чему были посвящены наши предыдущие публикации [Borkhert et al., 2023; Черные и бальзамические тополя..., 2024; Молекулярно-генетическое разнообразие..., 2024].

Мы используем также результаты инвентаризации видов, гибридов и культиваров тополей в Тимирязевском районе Москвы [Насимович и др., 2019], а также в Москве в целом и в подмосковных городах в 2024 г. (данные Р.А. Муратаева и Ю.А. Насимовича, частично опубликованы в [Муратаев, 2024]).

Кроме того, мы используем наши морфологические описания тополей, выполненные в 2024 г. и ранее в полевой обстановке (в городском озеленении Москвы) и в Гербарии Главного ботанического сада РАН (МНА).

Значительное внимание уделено поиску и анализу литературных источников, где фигурирует тополь Разумовского, и среди них оказались старые публикации, которые мало известны в России.

Идентификация *Populus × rasumovskoe*

Мы давно вычленили данный культивар в озеленении Москвы, но его название не знали, а потому представили в «Адвентивной флоре Москвы и Московской области» (2012) как безымянный гибрид *Populus nigra* и *P. suaveolens*. Позднее мы познакомились с заметкой московского любителя ботаники и садоводства Петра Ермолаевича Волкенштейна [Wolkenstein, 1882] в английском сельскохозяйственном журнале и пришли к выводу, что имеем дело с тополем Разумовского – *P. × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst. [Чужеродная флора..., 2020]. Под таким названием он упомянут нами в «Концепции вида...» [Насимович и др., 2019], но только в «Чужеродной флоре...» (2020) приведены некоторые аргументы в пользу такой идентификации данного культивара. Наша настоящая публикация является первой (после более чем столетнего перерыва), где это делается уверенно и с приведением всех имеющихся аргументов. (Напомним также, что до 2019 г., в том числе в «Адвентивной флоре...», мы несколько раз использовали название «*P. × rasumovskoe*», но по ошибке относили его к *P. × petrovskoe*, о чем подробнее говорится ниже). Итак, перечислим аргументы в пользу нашего современного понимания *P. × rasumovskoe*.

1. Описание, приведенное П.Е. Волкенштейном, соответствует признакам нашего московского культивара. Приведем его полностью: «*Populus Rasumovskoe* ×, Schr. – A hybrid between *P. nigra*, fertilised with the pollen of *P. suaveolens*. A large tree, leaves roundish, smaller than in the previous variety. Shoots cylindrical» («*Populus × rasumovskoe*, Schr. – Гибрид с участием *P. nigra*, опыленного пыльцой *P. suaveolens*. Большое дерево, листья округлые, меньше, чем у предыдущего сорта. Побеги цилиндрические») [Wolkenstein, 1882, p. 108]. Здесь названы четыре независимых морфологических признака:

- 1) дерево большое;
- 2) листья округлые;
- 3) меньше, чем у предыдущего сорта (перед этим описан *P. × petrovskoe*);
- 4) побеги цилиндрические.

Наш московский культивар несколько уступает по предельным размерам (по высоте дерева и по диаметру ствола) трем другим массовым культиварам тополей московского озеленения – *Populus × sibirica*, *P. × petrovskoe* и *P. × canadensis*, но разница невелика, это тоже крупное дерево, и вряд ли Волкенштейн в 1882 г. мог сравнить предельные размеры этих деревьев, т.к. на сельскохозяйственной выставке в Петровско-Разумовском выставлены были, конечно, молодые экземпляры. Листья у нашего культивара овальные, с «аккуратным» (без крупных зубцов) округлым основанием, с узким «носиком» 1–2 см длиной на вершине, а также, если пренебречь этим «носиком», с максимальным расширением в середине, т.е. вполне подходят под определение «округлые». Они действительно чуть меньше, чем у *P. × petrovskoe*: длиной до 8–9 (11) см против 9 (12) см, шириной до 5–6 (8) см против 8 (10) см, с черешком 1–5 см против 1,5–6 см (наши измерения в гербариях и в посадках, сравниваются хорошо развитые листья с укороченных пробегов в кроне взрослого дерева вне окончаний ростовых побегов). Кроме того, здесь приведены предельные размеры, а для средних размеров разница еще заметнее, хотя ее трудней измерить, т.к. выбрать самый крупный лист на гербарном листе проще, чем «самый средний» или самый маленький, но, тем не менее, полностью развитый, не угнетенный. Молодые ростовые веточки (оси 1–2-летних побегов) нашего культивара могут быть угловатыми, но чаще они цилиндрические, т.е. округлые в сечении, без ребрышек.

2. Предполагаемые родительские виды нашего культивара совпадают с теми, которые приведены Волкенштейном, – *P. nigra* и *P. suaveolens*. С одной стороны, это не может быть строгим доказательством, т.к. речь идет о спонтанном гибриде, а в дендрсаду выращивалось много видов и форм тополей, т.е. и Р.И. Шредер, и П.Е. Волкенштейн могли ошибиться в определении родительских видов. Тем не менее, гибрид это простой, и садовод Волкенштейн, интересующийся деревьями, конечно, знал облик *P. nigra* и *P. suaveolens*, которые мало похожи один на другой, представляют противоположные морфологические «полюса» тополей в пределах Евразии [Насимович, Васильева, 2019; Насимович и др., 2019]. Такие резко различающиеся виды заметно проявляют себя в своих гибридах.

Напомним основные признаки нашего гибрида, которые указывают на родство с *P. suaveolens*: округлые листья, округлое основание (без крупных зубцов, выемок и т.п.), «носик» на вершине листа (хоть и в 2–3 раза длиннее, чем у *P. suaveolens*). Признаки *P. nigra* менее выражены, но тоже имеются: маленькие листья (если вместо *P. nigra*

был бы *Populus deltoids* Bartram ex Marshall, то листья были бы крупней, а в северных широтах при определении «черной составляющей» выбирать приходится только между этими двумя видами, т.к. другие черные тополя не выдерживают наш климат), «носик» длинней, чем у *P. suaveolens* (*P. nigra* обладает широко и длинно оттянутой вершиной листа, такая вершина должна вытянуть узкий и короткий «носик» *P. suaveolens*). Кроме того, напомним, что у нашего культивара имеется комплекс признаков межсекционного гибрида черных и бальзамических тополей (см. [Адвентивная флора..., 2012; Чужеродная флора..., 2020]), хотя признаки бальзамических тополей выражены лучше (прежде всего, почти не проявляется ромбовидность листовой пластинки). Интересно, что независимо от нас ижевский ботаник А.Н. Пузырёв тоже признал данный культивар гибридом *P. nigra* и *P. suaveolens* (личное сообщение).

3. В Москве отсутствуют другие культивары, хоть сколько-нибудь похожие на интересующий нас культивар (с округлыми, овальными и т.п. листьями, причем маленькими); за несколько десятилетий интереса к московским тополям такие культивары не были нами обнаружены. Сходную форму листовой пластинки имеет сам *P. suaveolens* (тоже овальную, с «носиком»), но он обладает всем комплексом признаков бальзамических тополей (прежде всего, округлый в сечении черешок с широким желобком, а также цветовой контраст верха и низа листа и т.д.) и совсем коротким «носиком» на вершине листа. Не нашли мы упоминаний о культиварах с такими признаками (в т.ч. упоминаний и о тополе Разумовского) также в озеленительной литературе середины XX в. [Альбенский, 1954; Котелова, Стельмахович, 1963; Богданов, 1965; Рекомендации..., 1976]. Среди перечисленных источников для нашего региона особенно важна книга Н.В. Котеловой и М.Л. Стельмахович, т.к. авторы жили и работали в Московской области близ Москвы. Тем не менее, другие «претенденты» на название «тополь Разумовского» не наблюдались и в других обследованных с нашим участием городах России, в том числе в Дубне [Сосудистые растения..., 2017], Рязани [О некоторых интересных древесных..., 2016], Иркутске [Костина и др., 2018], Череповце [Гарин, Насимович, 2018], Саратове [Костина, Насимович, 2018], Хабаровске [Борзенкова и др., 2022], а также в обследованных нами в 2024 г. подмосковных городах (Дмитров, Пушкино, Ивантеевка, Раменское, Шатура, Коломна, Можайск). А.Н. Пузырёв для Ижевска сообщает только об этом же культиваре (личное сообщение).

4. В Москве наибольшая численность нашего культивара, 29% всех тополей, свойственна Тимирязевскому району [Насимович и др., 2019],

который существует на месте бывшего пос. Петровско-Разумовское, где (в дендросаду или рядом с ним на землях Петровской сельскохозяйственной академии) Р.И. Шредер обнаружил *Populus × rasumovskoe*, а П.Е. Волкенштейн описал его. В других районах Москвы этот культивар тоже распространен, но, по нашей оценке, составляет не более 5–10% всех тополей.

5. В Тимирязевском районе, как уже говорилось выше, наблюдались, с одной стороны, максимальное молекулярное (клональное) разнообразие *P. × rasumovskoe*, а с другой – высокая доля наиболее старых клонов этого культивара (вся группа IV – 57%; а самый старый клон IVb – 35% против 20%, 14%, 13% в трех районах и 0% еще в трех районах). Конечно, при выборке всего в 41 дерево и обследовании лишь 7 районов Москвы данный результат может быть случайным, но в совокупности с другими аргументами он, тем не менее, «работает» в пользу нашей версии о принадлежности популярного московского культивара с овальными листьями и длинным «носи́ком» к *P. × rasumovskoe*.

6. Наш московский культивар с овальными листьями и «носи́ком» на вершине, согласно нашим молекулярным данным (см. [Муратаев и др., 2024]), существенно моложе, чем *P. × sibirica*, возраст которого мы оценили в 2–3 века [Молекулярно-генетическое разнообразие..., в печати]. Напомним, что у нашего культивара молекулярные расстояния между шестью наиболее удаленными клонами в 2,5 раза меньше, чем у тополя сибирского, аклональная структура существенно проще (всего один, а не три-четыре центра «сгущения» слабо различающихся старых клонов на дендрограмме). Значит, возраст нашего культивара вполне может составлять 1,5 века, что соответствует времени возникновения *P. × rasumovskoe* по литературным данным [Wolkenstein, 1882; Шредер, 1899].

***Populus × rasumovskoe* в отечественной и зарубежной литературе**

Мы составили довольно большую коллекцию аргументов в пользу нашей идентификации данного московского культивара, но все эти аргументы по отдельности не очень убедительны. Интересно было бы обнаружить независимые и более убедительные свидетельства нашей правоты (или неправоты) в старой литературе или в старых гербарных сборах, т.е. подробные морфологические описания, типовые гербарные образцы, рисунки и т.п.

Публикация П.Е. Волкенштейна [Wolkenstein, 1882] прошла в России незамеченной. Или она не казалась существенной: описаны не новые виды, а всего лишь культивары, причем до предела кратко, без типового

гербарного образца или хотя бы рисунка. По крайней мере, в конце XIX и в XX в. на нее не ссылались.

Садовод-практик Рихард Иванович Шредер (24.01.1822, Дания – 25.04.1903, Москва) не был «человеком пишущим», хотя и опубликовал несколько популярных руководств по выращиванию растений. Так или иначе, но научные работы он практически не писал и собственное описание тополя Разумовского опубликовал лишь в 1899 г., на 17 лет позже Волкенштейна, сделав это в возрасте 77 лет (за 4 года до смерти). Тогда им был опубликован «Указатель растений Дендрологического сада Московского сельскохозяйственного института» объемом 78 страниц, по сути, просто список видов растений.

Процитируем данное описание целиком: «[*Populus*] *razumowskoensis* Sr. Получен посевом семян *P. Wobsti*, оплодотворенного *P. laurifolia*» [Шредер, 1899]. Такая информация повторена в ряде поздних западных работ. Тем не менее, это «описание» дает нам больше вопросов, чем ответов: морфология не описана совсем, а родительские виды сомнительны. Сам тополь Вобста описан здесь же и столь же неопределенно: «Быстро растущее дерево средней величины, найденное близ Москвы покойным садовником ботанического сада Императорского Московского университета, Густавом Фёдоровичем Вобст [Вобстом], и представляющее без сомнения гибрид между *P. candicans* и *suaveolens*». Если под *P. candicans* Aiton Вобст и Шредер понимали американский гибрид с крупными сердцевидными листьями (правильней – *P. × jackii* Sarg., тополь Джека), а *P. suaveolens* сам имеет слегка сердцевидные (у самого черешка) или округлые листья, то их гибрид тоже должен обладать сравнительно широкими и слегка сердцевидными листьями. Это относится и к другим гибридам, которые похожи на *P. candicans*; мы вообще считаем, что это сборная группа, и таким образом определяют гибриды весьма разных видов, если у них сердцевидные листья [Адвентивная флора..., 2012]. Так или иначе, но гибрид этого гибрида с *P. laurifolia* может иметь разнообразные по форме листья из-за изменчивости *P. laurifolia*, но они не могут быть с узким «носиком» на вершине (т.к. доля *P. suaveolens* составляет всего 25%), а оси 1–2-годичных побегов должны быть чуть ребристыми (влияние *P. laurifolia*), т.е. это совсем другой тополь, а не *P. × razumovskoe* в нашем понимании.

Как нам трактовать данное обстоятельство? Составившийся Шредер за 17 лет забыл открытый им культивар и ошибся? Ошибся сотрудник типографии, не сумевший понять почерк Шредера? Ошибся студент, ставивший таблички на сельскохозяйственной выставке в 1882 г.?

Наверное, для нас это уже не должно иметь значения, и мы принимаем версию П.Е. Волкенштейна по следующим причинам:

1) он описал тополь Разумовского первым, причем на английском языке, как принято в современной систематике;

2) он видел его своими глазами (в отличие от некоторых авторов, писавших о нем позднее);

3) он описал его сразу же после выставки и в тот же год опубликовал описание;

4) это описание лишено внутренних противоречий (у соответствующих видов может быть гибрид, особенно возвратный, с таким обликом);

5) это описание соответствует облику одного из массовых культиваров в Москве, который при отказе от версии Волкенштейна окажется безымянным;

6) этого культивара больше всего в Тимирязевском районе Москвы, где находился пос. Петровско-Разумовское, в котором Волкенштейн описал тополь Разумовского, и т.д.

Рассмотрим другие указания, сделанные до Р.И. Шредера. В «Русской дендрологии...» Э. Регеля (1889) тополь Разумовского фигурирует как *Populus rasumovskiana* Schroder: «Молодые ветки и черешки красноватые. Листья плодоносящих веток схожие с листьями *P. suaveolens*, а не плодоносящих походят на листья *P. candicans*. Вероятно, это помесь обоих видов». Как видим, Э. Регель отчасти противоречит Р.И. Шредеру, т.к. среди родителей не значится *P. laurifolia*. Данное описание ближе к нашим представлениям, т.к. фигурирует *P. suaveolens* (50%), хотя сердцевидные листья у нашего культивара могут быть разве что на поросли от пня. В общем, описание тоже недостаточное и неубедительное, чтобы положить его в основу наших представлений.

Л. Диппел [Dippel, 1892] в своей дендрологической сводке описывает тот же культивар как «*Populus Rasumowskiana*» (Schroder nach Reg. Russ. Dendrol. S. 133. 1889) и при этом опирается на работу Регеля (1889), но вроде бы указывает еще некоторые морфологические детали: листья плодоносящих ветвей овальные, округло-овальные до широкояйцевидных, при основании суженные или округлые, обычно заостренные или с короткой выступающей верхушкой (имеется в виду «носик», но почему он короткий?); длина – 5–9 см, ширина – 3–6,5 см; на бесплодных ветвях листья округлые до широкояйцевидных, неглубоко сердцевидные в основании, длиной 8–12 см, шириной 6–9 см. Это описание с натяжкой соответствует нашему культивару, но создается впечатление, что Диппел не видел тополь Разумовского и просто переписал

описание Регеля, хотя не называл *Populus suaveolens* и *P. candicans*, а вместо них вписал их признаки.

Более «солидное» описание вроде бы приведено в «The trees of Great Britain and Ireland» [Elwes, Henry, 1913]. Авторы упоминают «округло-яйцевидные, округлые или подсердцевые у основания» листья, которые «наверху сужены в заостренную верхушку с железистым кончиком» [Ibid., p. 1843], и это соответствует описанию Волкенштейна и Регеля. Но они также говорят об угловатых веточках с выступающими ребрами, т.е. об участии в гибридизации *P. laurifolia*, и такой культивар – с округлыми листьями и одновременно ребристыми осями побегов – в московском озеленении отсутствует. Значит, английские авторы просто воспроизвели странное указание Р.И. Шредера (1899) или других авторов, опиравшихся на работу Шредера.

В классической американской сводке Альфреда Редера тополь Разумовского упоминается, но в качестве гибрида *P. laurifolia* × *P. nigra* [Rehder, 1949], т.е. это тополь иртышский (*P. × irtyschensis* Chang Y. Yang), а потому мы можем проигнорировать данную информацию как заведомо ошибочную. Такие же сведения повторяет Михаэль Колтценбург в специализированной немецкой монографии по тополям [Koltzenburg, 1999], т.е. мы не сможем извлечь серьезную информацию из относительно поздних западных источников. Правда, последний автор приводит рисунок листа тополя Разумовского [Ibid., tafel 26, 13], и такой лист может принадлежать данному культивару (почти округлый, с узким «носом», хотя коротким), но рисунок «робкий», т.е. очень маленький, схематичный, хотя другие рисунки в этой книге крупны и детализированы. Наверное, Колтценбург откуда-то его перерисовал или «составил» сам по чужим описаниям. В целом этот рисунок, пусть и не явно, но все-таки подтверждает нашу идентификацию.

Российские источники после Р.И. Шредера столь же неинформативны. В лучшем случае мы можем извлечь из них убедительные сведения негативного плана. Так, например, Д.П. Сырейщиков в «Иллюстрированной флоре Московской губернии» не упоминает *P. × rasumovskoe* или какие-нибудь похожие гибриды и культивары ни в 1907 г., ни в 1914 г., хотя другие культивируемые тополя приведены – 13 видов! Ошибка в данном отношении никак не возможна, т.к. для каждого таксона опубликовано изображение ветки с 5–10 листьями. Значит, *P. × rasumovskoe* в то время выращивался почти исключительно в Петровско-Разумовском, а за его пределами мог быть только в дендросадах и т.п. учреждениях.

В последующих сводках по тополям и по городскому озеленению этот культивар либо не фигурирует совсем [Котелова, Стельмахович, 1963; Рекомендации..., 1976; Якушина, 1982], либо упомянут лишь в историческом плане [Цвелёв, 2001; Скворцов, 2010], причем только название, т.к. авторы, наверное, не могли сообщить о нем какие-либо сведения. Так, например, тополь Разумовского отсутствует в обстоятельной работе Э.И. Якушиной «Древесные растения в озеленении Москвы» (1982), хотя в ней представлены 15 видов, гибридов и форм тополей. Это странно, т.к. в Москве много старых деревьев *Populus × rasumovskoe*, которые во второй половине XX в. уже были. Н.Н. Цвелёв в систематической сводке по тополям Санкт-Петербурга пишет о *P. × rasumovskoe* только то, что он «вряд ли сколько-нибудь четко отличим от *P. × berolinensis*» [Цвелёв, 2001, с. 76]. Это означает только то, что автор ни разу не видел это дерево ни в культуре, ни в правильно определенном гербарии.

Первую попытку «воскрешения» тополя Разумовского мы приняли в «Адвентивной флоре...» (2012), но она оказалась неудачной: соответствующее бинарное название было ошибочно отнесено к *P. × petrovskoe*, а настоящий *P. × rasumovskoe* хоть и был замечен, но описан как *P. nigra × P. suaveolens*. После того, как С.Р. Майоров нашел статью Волкенштейна, ошибка была исправлена в «Чужеродной флоре...» (2020) и ряде последующих публикаций [Borkhert et al., 2023; Черные и бальзамические тополя..., 2024].

Встает вопрос, как ботаники и специалисты по озеленению более века могли не замечать данный культивар, который обычен в московском озеленении? В монографиях, рекомендациях по озеленению и т.п. публикациях его могли игнорировать, т.к. ничего не могли сказать о нем. Сводки по городской флоре стали популярны лишь в последние десятилетия, и в них обычно отмечались местные и заносные виды, а виды, представленные лишь в культуре, тоже игнорировались, хотя *P. × rasumovskoe* достоверно образует корневую поросль (например, по нашим наблюдениям в 2022 г., в Москве на Щукинском полуострове, куда один экземпляр тоже, вероятно, был занесен стихийно). В каких-то случаях (например, в питомниках) *P. × rasumovskoe* мог приниматься за другие гибриды, в том числе за *P. × moscoviensis* R.I. Schrod. ex Wolkenst., который обычно считается гибридом *P. laurifolia* и *P. suaveolens* [Шредер, 1899; Сырейщиков, 1907; Богданов, 1965; Скворцов, 2006; Калужская флора, 2010; Адвентивная флора Москвы..., 2012]. *P. × moscoviensis* хорошо описан и изображен в «Иллюстрированной флоре...» Д.П. Сырейщикова [Сырейщиков, 1907, с. 43–44], и листья у него не овальные, без

«носика», признаки обоих родительских видов выражены одинаково. Однако А.К. Скворцов приводит другую характеристику: «Культivar “Moskoviensis” представляет собой гибрид неизвестного тополя с *Populus suaveolens*, с явным доминированием признаков последнего; изредка в культуре в Московской и соседних областях» [Скворцов, 2010, с. 67]. Эти слова более подходят к *P. × rasumovskoe*, т.е. информацию о тополе московском Алексей Константинович, вероятно, почерпнул в среде озеленителей, и, значит, там *P. × rasumovskoe* в какой-то период фигурировал под таким «именем». Это тем более вероятно, что аналогичную ошибку А.К. Скворцов совершил с *P. × petrovskoe* – другим «шредеровским видом», который отечественными озеленителями «дружно» и совершенно ошибочно принимается за *P. × berolinensis* [Черные и бальзамические тополя..., 2024].

В последние 15–20 лет мы не видели, чтобы *P. × rasumovskoe* высаживался в Москве. В подмосковных питомниках, которые М.В. Костина и Ю.А. Насимович систематически осматривали в 2016 г., этот культивар не продавался и не найден. Так что мы не знаем, в каких питомниках он выращивался 2–3 десятилетия назад и раньше (таков минимальный возраст известных нам деревьев). Возможно, это происходило в питомнике при Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (МСХА). В дендросаду им. Р.И. Шредера при МСХА этот культивар нами в последние годы не наблюдался. На площади перед главным зданием МСХА в начале XX в. (возможно, во время юбилея сельскохозяйственной академии в 1915 г.) были высажены два экземпляра *P. × petrovskoe*, и один из них к настоящему времени сохранился. Это гигантское мощное дерево, но к нему в 2023 г. приставили табличку «Тополь разумовский», т.е. совершена та же ошибка, что и нами в «Адвентивной флоре...» (2012).

Выводы

1. Обычный московский культурный тополь (культивар) с овальными листьями и резко оттянутой вершиной листа в виде узкого «носика» длиной 1–2 см, а также с чуть провисающими («плакучими») концами ветвей – это *P. × rasumovskoe* R.I. Schrod. ex Wolkenst. (правильней было бы *P. × ‘Rasumovskoe’*), т.е. тополь Разумовского или тополь разумовский, а не *P. × moscoviensis* R.I. Schrod. Ex Wolkenst. (тополь московский) или *P. suaveolens* Fisch. (тополь душистый), как иногда считается в среде российских озеленителей.

2. Тополь Разумовского возник на территории Московской (Петровской) сельскохозяйственной академии и произошло это, вероятнее

всего, в дендросаду, который теперь носит имя Р.И. Шредера, в результате спонтанной гибридизации каких-то культивируемых тополей во второй половине XIX в. Он был замечен Р.И. Шредером и в 1882 г. выставлен на обозрение и продажу на сельскохозяйственной выставке в Петровско-Разумовском.

3. В том же году его краткое, но относительно точное описание было опубликовано в английском сельскохозяйственном журнале П.Е. Волкенштейном [Wolkenstein, 1882], посетившим эту выставку.

4. Какие-либо убедительные конкурирующие описания тополя Разумовского, выполненные в нашей стране или за рубежом, отсутствуют.

5. Родительскими видами *Populus* × *rasumovskoe*, вероятнее всего, являются *P. nigra* и *P. suaveolens*, причем, вероятнее всего, это возвратный гибрид: *P. suaveolens* × (*P. nigra* × *P. suaveolens*), т.к. признаки тополя душистого выражены лучше и на полученной нами молекулярно-генетической дендрограмме он «стоит» ближе к тополи душистому, чем к тополи черному.

6. Такая идентификация *P.* × *rasumovskoe* подтверждается также отсутствием в Москве и близ нее других культиваров со сходными признаками, наибольшей численностью *P.* × *rasumovskoe* именно в Тимирязевском районе Москвы (бывшее Петровско-Разумовское) и некоторыми особенностями клональной структуры московской популяции данного культивара, которые выяснены в ходе молекулярно-генетического анализа (максимальное клональное разнообразие именно в Тимирязевском районе, наличие здесь старых и молодых клонов, совпадение пола родительских видов с указанием Волькенштейна и др.).

Библиографический список / References

Адвентивная флора Москвы и Московской области / С.Р. Майоров, В.Д. Бочкин, Ю.А. Насимович, А.В. Щербаков. М., 2012. [Mayorov S.R., Bochkina V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoj oblasti [Adventive flora of Moscow and the Moscow region]. Moscow, 2012.]

Альбенский А.В. Методы улучшения древесных пород. М.; Л., 1954. [Albensky A.V. Metody uluchsheniya drevesnykh porod [Methods of improvement of tree species]. Moscow; Leningrad, 1954.]

Богданов П.Л. Тополя и их культура. М., 1965. [Bogdanov P.L. Topolya i ikh kultura [Poplars and their cultivation]. Moscow, 1965.]

Борзенкова Т.Г., Костина М.В., Насимович Ю.А. Культивируемые тополя (*Populus*, *Salicaceae*) Хабаровска // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 1. С. 9–21. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-1-9-21

[Borzenkova T.G., Kostina M.V., Nasimovich Yu.A. Cultivated poplars (*Populus*, *Salicaceae*) of Khabarovsk. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2022. Vol. 12. No. 1. Pp. 9–21. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-1-9-21]

Гарин Э.В., Насимович Ю.А. Флора культивируемых тополей (*Populus*, *Salicaceae*) города Череповец (Вологодская область) // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 22–33. [Garin E.V., Nasimovich Yu.A. Flora of cultivated poplars (*Populus*, *Salicaceae*) of the city of Cherepovets (Vologda Oblast). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2018. No. 3. Pp. 22–33. (In Rus.)]

Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н.М. Решетникова, С.Р. Майоров, А.К. Скворцов и др. М., 2010. [Reshetnikova N.M., Mayorov S.R., Skvortsov A.K. et al. Kaluzhskaya flora: annotirovannyj spisok sosudistyh rastenij Kaluzhskoj oblasti [Kaluga flora: Annotated list of vascular plants of the Kaluga region]. Moscow, 2010.]

Костина М.В., Васильева Н.В., Насимович Ю.А. Природные и культивируемые тополя Иркутской области и Бурятии // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 9–21. [Kostina M.V., Vasilieva N.V., Nasimovich Yu.A. Natural and cultivated poplars of the Irkutsk region and Buryatia. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2018. No. 3. Pp. 9–21. (In Rus.)]

Костина М.В., Насимович Ю.А. Культивируемые тополя (*Populus*, *Salicaceae*) Саратова и Энгельса (Саратовская область) // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 33–42. [Kostina M.V., Nasimovich Yu.A. Cultivated poplars (*Populus*, *Salicaceae*) of Saratov and Engels (Saratov province). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2018. No. 3. Pp. 33–42. (In Rus.)]

Котелова Н.В., Стельмахович М.Л. Тополя и их использование в зеленых насаждениях. М., 1963. [Kotelova N.V., Stelmakhovich M.L. Topolya i ikh ispolzovanie v zelenykh nasazhdeniyakh [Poplars and their use in green plantations]. Moscow, 1963.]

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]

Молекулярно-генетическое разнообразие *Populus × sibirica* (*Salicaceae*) в Москве / Р.А. Муратаев, Ю.А. Насимович, М.В. Костина и др. В печати. [Murataev R.A., Nasimovich Yu.A., Kostina M.V. et al. Molecular and genetic diversity of *Populus × sibirica* (*Salicaceae*) in Moscow. In press. (In Rus.)]

Муратаев Р.А. Предварительные итоги инвентаризации видов, гибридов и культиваров тополей (*Populus* L.) в Москве и Московской области // Экологическая морфология растений. Материалы XI Всерос. конф. с междунар. участием, посвященной памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых (г. Москва,

24–26 ок-тября 2024 г.) / под ред. В.П. Викторова и В.Н. Година. М., 2024. С. 278–281. [Murataev R.A. Preliminary results of the inventory of poplar (*Populus* L.) species, hybrids and cultivars in Moscow and Moscow region. *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy. Materialy XI Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy pamyati I.G. i T.I. Serebryakovykh* (g. Moskva, 24–26 oktyabrya 2024 g.). V.P. Viktorov, V.N. Godin (eds.). Moscow, 2024. Pp. 278–281. (In Rus.). DOI: 10.31862/9785426314665]

Насимович Ю.А., Костина М.В., Васильева Н.В. Концепция вида у тополей (genus *Populus* L., *Salicaceae*) на примере представителей подрода *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 4. С. 426–466. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-426-466 [Nasimovich Yu.A., Kostina M.V., Vasilieva N.V. The concept of species in poplars (genus *Populus* L., *Salicaceae*) on the example of representatives of the subgenus *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 426–466. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-426-466]

Насимович Ю.А., Васильева Н.В. Сравнение по морфологическим признакам разных видов тополей (*Populus*, *Salicaceae*) на примере российских и средне-азиатских представителей подрода *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 3. С. 285–301. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-3-285-301 [Nasimovich Yu.A., Vasilieva N.V. Comparison of morphological characters of different poplar species (*Populus*, *Salicaceae*) using the example of Russian and Central Asian *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky subgenus representatives. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. No. 3. Pp. 285–301. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-3-285-301]

О некоторых интересных древесных интродуцентах Рязанской области / М.В. Казакова, А.Д. Белошенкова, М.В. Костина и др. // Флористические исследования в Средней России: 2010–2015: материалы VIII науч. совещ. по флоре Средней России (Москва, 20–21 мая 2016 г.) / под ред. А.В. Щербакowa. М., 2016. С. 48–51. [Kazakova M.V., Beloshenkova A.D., Kostina M.V. et al. About some interesting tree introducers of the Ryazan region. *Floristicheskie issledovaniya v Sredney Rossii: 2010–2015: materialy VIII nauchnogo soveshchaniya po flore Sredney Rossii* (Moskva, 20–21 maya 2016 g.). A.V. Scherbakov (ed.). Moscow, 2016. Pp. 48–51. (In Rus.)]

Регель Э. Русская дендрология. Вып. 2. СПб., 1889. [Regel E. *Russkaya dendrologiya* [Russian dendrology]. Vol. 2. St. Petersburg, 1889.]

Рекомендации по ассортименту интродуцентов и гибридов древесных пород для лесных культур и озеленения в РСФСР. М., 1976. [Rekomendacii po assortimentu introducentov i gibridov drevesnyh porod dlya lesnyh kultur i ozeleneniya v RSFSR [Recommendations on the assortment of tree species introductions and hybrids for forest crops and landscaping in the RSFSR]. Moscow, 1976.]

Скворцов А.К. Систематический конспект рода *Populus* в Восточной Европе, Северной и Средней Азии // Бюллетень Главного ботанического сада РАН.

2010. Вып. 196. С. 62–73. [Skvortsov A.K. A systematic outline of the genus *Populus* in Eastern Europe, North and Central Asia. *Bulletin of the Main Botanical Garden*. 2010. Vol. 196. Pp. 62–73. (In Rus.)]

Скворцов А.К. *Salicaceae* Mirb. – Ивовые // Флора средней полосы европейской части России / под ред. П.Ф. Маевского. 10-е изд. М., 2006. С. 174–181. [Skvortsov A.K. *Salicaceae* Mirb. – Willow. *Flora sredney polosy evropeyskoy chasti Rossii*. P.F. Maevskiy (ed.). 10th ed. Moscow, 2006. Pp. 174–181. (In Rus.)]

Сосудистые растения «Журавлиной родины» / А.В. Щербаков, Н.В. Любезнова, Ю.А. Насимович и др. М., 2017. [Shcherbakov A.V., Lyubeznova N.V., Nasimovich Yu.A. et al. *Sosudistye rasteniya «Zhuravlinoy rodiny»* [Vascular plants of the “Crane Motherland”]. Moscow, 2017.]

Сырейщиков Д.П. Иллюстрированная флора Московской губернии. Ч. 2. М., 1907. [Syreyshikov D.P. *Illyustrirovannaya flora Moskovskoy gubernii* [Illustrated flora of the Moscow province]. Part 2. Moscow, 1907.]

Цвелев 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., Bochkina 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.]

Якушина Э.И. Древесные растения в озеленении Москвы. М., 1982. [Yakushina E.I. *Drevesnye rasteniya v ozelenenii Moskvy* [Woody plants in the landscaping of Moscow]. Moscow, 1982.]

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 (genus

Populus L., *Salicaceae*). *Frontiers in Plant Science*. 2023. No. 14. 1204899. DOI: 10.3389/fpls.2023.1204899

Dippel L. *Populus*. Pappel. *Dippel L. Handbuch der Laubholzkunde*. Berlin, 1892. Zweiter Teil. S. 190–211.

Elwes H.J., Henry A. The trees of Great Britain and Ireland. Edinburgh, 1906–1913. [*Populus* L. – 1913. Vol. 7. Pp. 1770–1846.]

Koltzenburg M. Bestimmungsschlüssel für in Mitteleuropa Heimische und kultivierte Pappel Arten und sorten (*Populus* spec.). *Flor. Rundbr.* 1999. Februar. Beih. 6.

Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs. New York, 1949.

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

Статья поступила в редакцию 19.12.2024, принята к публикации 09.02.2025

The article was received on 19.12.2024, accepted for publication 09.02.2025

Сведения об авторах / About the authors

Насимович Юрий Андреевич – специалист по эколого-просветительской деятельности, Государственное природоохранное бюджетное учреждение г. Москвы «Государственный природоохранный центр»

Yuri A. Nasimovich – specialist in environmental education, State Environmental Protection Budgetary Institution of Moscow “State Nature Conservation Centre”

E-mail: nasimovich@mail.ru

Майоров Сергей Робертович – доктор биологических наук; старший научный сотрудник кафедры высших растений биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Sergey R. Mayorov – Dr. Hab. in Biology; senior researcher at the Department of Higher Plants of the Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5493-2386>

E-mail: saxifraga@mail.ru

Муратаев Рамиль Айдарович – аспирант кафедры генетики, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова; старший лаборант лаборатории постгеномных исследований, Институт молекулярной биологии им. 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 полевого материала (инвентаризация тополей в посадках, морфологическое описание), сбор гербарного и литературного материала, определение видовой принадлежности образцов, интерпретация результатов молекулярно-генетического исследования

С.Р. Майоров – сбор литературного материала

Р.А. Муратаев – участие в сборе полевого материала; участие в сборе литературных данных

Contribution of the authors

Y.A. Nasimovich – organisation of the study, collection of field material (inventory of poplars in plantings, morphological description), collection of herbarium and literature material, determination of species affiliation of specimens, interpretation of the results of molecular genetic study

S.R. Mayorov – collection of literary material

R.A. Murataev – participation in collection of field material; participation in the collection of literary material

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

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-156-172

УДК 58.084.2:58.087:581.4:581.5

И.Е. Зыков¹, Л.В. Федорова²

¹ Государственный гуманитарно-технологический университет,
142611 Московская область, г. Орехово-Зуево, Российская Федерация

² Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова,
119991 г. Москва, Российская Федерация

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) как индикатор техногенного загрязнения окружающей среды Восточного Подмосковья

Изучена реакция сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на техногенное загрязнение воздуха вблизи предприятий и автомобильных дорог городского округа Орехово-Зуево Московской области. Исследованы рост и развитие сосен 10–15-летнего возраста по состоянию ауксибластов и брахибластов. Отмечена неоднозначность реакции сосны обыкновенной на атмосферное загрязнение, которая проявляется как в уменьшении прироста в длину, так и компенсаторном его увеличении, при этом толщина побегов не обнаруживает зависимости от величины прироста. Установлено, что в сильно загрязненных местообитаниях плотность хвои имеет тенденцию к увеличению до 3,1–4,1 шт./см², а степень ее некротического повреждения и усыхания от 1/3 длины до полного возрастает до 43,2 и 61,5% соответственно. Среднегодовое количество ветвлений изменяется

© Зыков И.Е., Федорова Л.В., 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



незначительно. Проведен анализ морфологических признаков сосны обыкновенной (плотности хвои на побеге предпоследнего года, средней продолжительности ее жизни, среднегодовой окружности и длины прироста главного и количества боковых побегов), позволяющий вычислить средний уровень техногенного загрязнения воздуха любого региона. Дана балльная оценка состояния окружающей среды по биометрическим параметрам сосны обыкновенной.

Ключевые слова: поллютанты, атмосферное загрязнение, биоиндикация, сосна обыкновенная, ауксибласты, брахибласты, плотность хвои, продолжительность жизни хвои

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Зыков И.Е., Федорова Л.В. Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) как индикатор техногенного загрязнения окружающей среды Восточного Подмосковья // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 156–172. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-156-172

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-156-172

Original research

I.E. Zykov¹, L.V. Fedorova²

¹ State Humanitarian and Technological University,
Orehovo-Zuyevo, Moscow Region, 142611, Russian Federation

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
Moscow, 119991, Russian Federation

Scots pine (*Pinus silvestris* L.) as an indicator of manmade environmental pollution of the Eastern Moscow region

The reaction of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) to manmade air pollution near enterprises and highways of the Orekhovo-Zuyevo urban district of the Moscow region was studied. The growth and development of 10–15-year-old pines were studied in terms of the state of auxiblasts and brachyblasts. The ambiguity of the reaction of Scots pine to atmospheric pollution has been noted, which manifests itself both in a decrease in growth

in length and in a compensatory increase in it, while the thickness of the shoots does not show a dependence on the amount of growth. It was found that in heavily polluted habitats, the density of needles tends to increase to 3.1–4.1 pcs./cm², and the degree of necrotic damage and shrinkage from 1/3 of the length to full increases to 43.2 and 61.5%, respectively. The average annual number of branches varies slightly. An analysis of the morphological characteristics of Scots pine (needle density on the shoot of the penultimate year, average lifespan, average annual circumference and length of growth of the main shoot and the number of lateral shoots) was carried out, which makes it possible to calculate the average level of technogenic air pollution in any region. A point assessment of the state of the environment is given based on the biometric parameters of Scots pine.

Key words: pollutants, atmospheric pollution, bioindication, Scots pine, auxiblasts, brachiblasts, density of needles, life expectancy of needles

FOR CITATION: Zykov I.E. Fedorova L.V. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as an indicator of manmade environmental pollution of the Eastern Moscow region. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 156–172. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-156-172

Введение

Антропогенное воздействие на окружающую среду часто приводит к опасным изменениям ее компонентов. В условиях техногенного стресса химический состав атмосферы включает большое количество загрязнителей. У растений, чувствительных к составу и концентрации этих веществ, рост и развитие претерпевают значительные изменения. В то же время присутствие в воздухе одновременно нескольких загрязняющих веществ приводит к неоднозначным реакциям биоиндикаторов.

Известно, что высокие концентрации оксидов серы и азота часто приводят к хлорозу листьев [Аникушкин, Григорчук, 2006; Сергейчик, 2015; Легощина, 2018]. Аналогичная реакция может возникнуть у растений и на присутствие в воздухе твердых взвешенных частиц цинка, меди, кадмия. Загрязняющие вещества по-разному воздействуют на органы растений, вызывая поражение молодых листьев и апексов побегов, в результате чего может изменяться и габитус растения в целом.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) считается одним из эталонных биоиндикаторов средней полосы России. Однако анализ литературных

источников показывает, что ее отдельно взятые морфологические признаки недостаточно информативны [Ковылина, Зарубина, Ковылин, 2008; Boratynska, Jasinska, Ciepluch, 2008; Mandre, Lukjanova, 2011; Захаров, 2014; Лебедев, 2014; Данчева, Залесов, 2017]. Только учет совокупности параметров позволяет относительно более точно оценить состояние окружающей среды с помощью этого вида.

Целью работы является изучение реакции сосны обыкновенной на загрязнение воздуха в городе Орехово-Зуево Московской области и его окрестностях.

Материалы и методы

Город Орехово-Зуево расположен на Приклязьминской наклонной равнине Мещерской низменности на высоте 122 м над уровнем моря (рис. 1).

Для исследования выбраны локалитеты вблизи предприятий и автомобильных дорог. Наблюдения в них проведены в течение 2022–2023 гг.

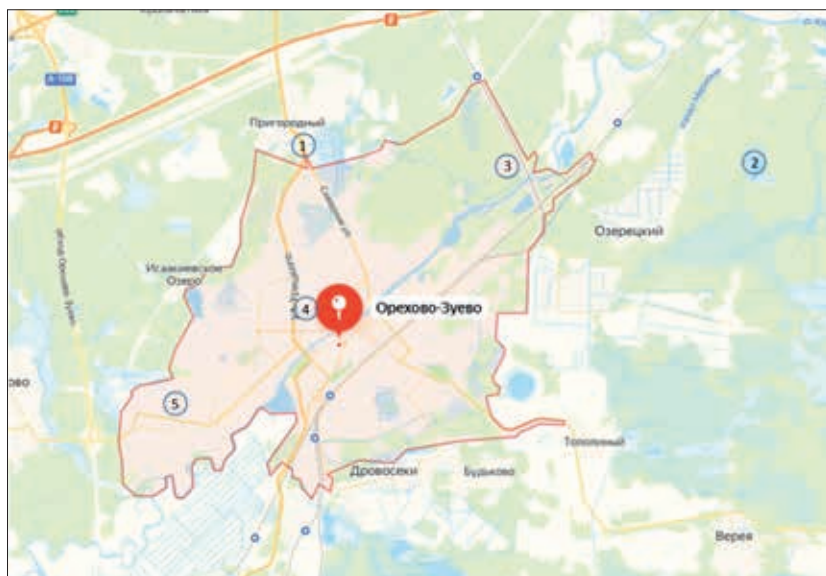


Рис. 1. Картограмма города Орехово-Зуево (Московская обл.)

1–5 – исследованные локалитеты

Fig. 1. Cartography of the city of Orekhovo-Zuyevo (Moscow region)

1–5 – Explored localities

Локалитет 1. 55.852787 с.ш., 38.963150 в.д. Северная окраина города с дерново-подзолистыми глееватыми и глеевыми почвами. 184 км обочины Малодубинского шоссе, являющегося частью автотрассы А-108 «Московское большое кольцо», соединяющей Нижегородскую и Рязанскую автодороги и имеющей грузооборот от 5 до 21 тыс. единиц автотранспорта в сутки в зависимости от сезона и дня недели. Пиковые нагрузки приходятся на летний период, особенно много машин на трассах в выходные дни. С тех пор, как движение по МКАД для грузовиков ограничили, доля грузового транспорта на кольце серьезно возросла и продолжает увеличиваться¹.

Локалитет 2. 55.836342 с.ш., 39.108997 в.д. Загородная зона в 5 км от северо-восточной границы города в сосновом лесу, участок вблизи верхового болота с *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и подзолисто-болотными почвами в окрестностях озера Горбатое. В трехстах метрах к северу от озера проходит магистральный водовод со станциями перекачки и лесная дорога от поселка Озерецкий Орехово-Зуевского района Московской области к деревням Дубровка и Марково Петушинского района Владимирской области с интенсивностью движения от 20 до 50 единиц автотранспорта в сутки в зависимости от сезона и дня недели.

Локалитет 3. 55.835698 с.ш., 39.034745 в.д. Северо-восточная окраина города в районе очистных сооружений с аллювиальными болотными иловато-перегнойно-глеевыми почвами. В пятистах метрах к северо-востоку от очистных сооружений проходит железная дорога от г. Орехово-Зуево до г. Александров Владимирской области с достаточно интенсивным трафиком.

Локалитет 4. 55.808107 с.ш., 38.972771 в.д. Центр города на левом берегу р. Клязьмы с аллювиальными болотными иловато-перегнойно-глеевыми почвами в районе АО «НПП «Респиратор», выбрасывающим в окружающую среду 53 наименования вредных химических веществ четырех классов опасности, включая оксиды серы, азота, углерода, углеводороды. В атмосферный воздух вредных веществ поступает 14,57 т/год, из них твердых – 1,05 т/год, газообразных и жидких – 13,52 т/год. При этом доля оксида азота (II) составляет 0,34 т/год, оксида азота (IV) – 2,02 т/год². В 2023 г. исследованы сосны в районе улицы 1905 года, прилегающей к территории предприятия.

¹ ФКУ «Центравтомагистраль», 20.12.2016. URL: <https://centr.rosavtodor.gov.ru/eye/page/1/399961> (дата обращения: 08.01.2025).

² Проект нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу для АО «Научно-производственное предприятие «Респиратор» (АО «НПП «Респиратор»), Московская область, г. Орехово-Зуево, ул. Гагарина, 1, санитарное заключение 50.11.04.000.T.000047.10.17 (e-ecolog.ru). 24.10.2017. URL: <https://e-ecolog.ru/crc/50.11.04.000.T.000047.10.17?ysclid=lv0yervj6m244365851> (дата обращения: 08.01.2025).

Локалитет 5. 55.793943 с.ш., 38.921506 в.д. Юго-западная окраина города с аллювиальными болотными иловато-перегонно-глеевыми почвами в 1 км к югу от АО «Карболит», длительное время выпускавшего пластмассовые изделия на основе новолачных и фенолформальдегидных смол. Предприятие выбрасывает 7 наименований загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Суммарный выброс поллютантов от предприятия 5,48 т/год, из них 1 класса опасности: бензапирена – 1,49 т/год, 3 класса опасности: оксида азота (IV) – 2,63 т/год, оксида азота (II) – 0,43 т/год³.

В каждом локалитете нами выбрано по 10 сосен 10–15-летнего возраста, высотой 1–1,5 м, растущих на расстоянии 5–10 м друг от друга. У модельных деревьев исследованы ауксбласты и брахибласты. Из ауксбластов отобраны те, которые наиболее часто используются в разном сочетании при биоиндикации [Ашихмина, 2005; Скрипальщикова, 2016; Вахнина, Ларин, Пак, 2020]. Возраст сосен определен по количеству мутовок главного побега плюс два (в первые два года жизни рост боковых побегов не происходит). Для изучения ежегодного прироста главного побега в длину и толщину и особенностей ветвления у каждой сосны измерены длина прироста главного побега от его верхушки до боковых побегов, окружность этого побега в точке ветвления, подсчитано количество боковых побегов. Для нахождения среднегодовой длины окружности суммированы длины окружностей всех побегов каждой сосны и разделены на количество побегов. Аналогичным образом найдены среднегодовые длины приростов и среднее количество боковых побегов. Из полученных по каждому дереву данным выведены средние значения для локалитета.

Брахибласты исследованы на побегах предпоследнего года жизни. Продолжительность жизни хвои определена на приростах главного побега, начиная с прироста последнего года. Хвоя собрана с предпоследнего прироста главного побега, изучена у каждой сосны отдельно, распределена по классам повреждения и усыхания. Плотность хвои вычислена по формуле:

$$\text{Плотность} = N/a \times b,$$

где N – количество хвоинок на предпоследнем приросте главного побега; a – длина предпоследнего прироста главного побега, см; b – длина окружности предпоследнего прироста побега, см. [Стрельцов, 2003; Предложение интегральной оценки..., 2023].

³ Проект нормативов предельно допустимых выбросов для АО «Карболит», Московская область, г. Орехово-Зуево, ул. Дзержинского, д. 34, санитарное заключение 50.11.04.000.Т.000054.12.18 (e-ecolog.ru). 17.12.2018. URL: <https://e-ecolog.ru/crc/50.11.04.000.Т.000054.12.18?ysclid=lv2knwh12h729996181> (дата обращения: 08.01.2025).

Результаты исследований

Токсичные вещества, содержащиеся в выбросах автотранспорта, являются основными загрязнителями атмосферы и служат одной из причин снижения стабильности развития популяций многих видов. Максимальные отклонения в развитии сосны обыкновенной по средней продолжительности жизни хвои отмечены у северной границы города вдоль автотрассы А-108, по среднегодовой длине прироста и количеству ветвлений – в центре города и районе очистных сооружений. В целом мультифакторное влияние на стабильность развития сосны обыкновенной неоднозначно, что отражено в результатах исследований, представленных в табл. 1, 2.

Для балльной оценки метрические параметры обработаны с помощью методов математической статистики. Результаты, полученные в каждом из исследованных биотопов, обобщены и систематизированы по совокупности единиц наблюдения и сгруппированы [Общая теория статистики, 2018].

В качестве группировочных признаков использованы:

- 1) плотность хвои;
- 2) средняя продолжительность жизни хвои;
- 3) среднегодовая окружность прироста главного побега;
- 4) среднегодовая длина прироста главного побега;
- 5) среднегодовое количество боковых побегов.

В результате двойной группировки выделено 5 групп значений для каждого признака, используя которые можно вычислить средний балл состояния окружающей среды района исследования. Для нахождения средней оценки нужно найти балл, соответствующий полученному результату по каждому параметру, сложить полученные баллы и разделить на количество оцениваемых параметров, производя округление по законам нахождения среднего [Предложение интегральной оценки..., 2023]. Интегральная оценка состояния окружающей среды на основе биометрических параметров сосны обыкновенной представлена в табл. 3.

Обсуждение результатов

В 2022 г. в исследованных локалитетах среднегодовая окружность побегов составила 32,6–46,0 мм. Наибольшая толщина побегов наблюдалась в районе Малодубинского шоссе. Здесь же отмечены максимальные показатели среднегодового прироста (26,6 см) и количества ветвлений (4,5 боковых побега), что, очевидно, следует рассматривать как компенсаторный фактор. В то же время средняя продолжительность жизни хвои в этом локалитете самая низкая – 1,8 года, а степень ее повреждения самая высокая (по количеству хвои с некрозами и большими площадями усыхания).

Таблица 1

Биометрические данные роста и развития сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (2022/2023 гг.)
[Biometric data on the growth and development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (2022/2023)]

Исследованный локалитет [Explored locality]	Средний возраст сосен, лет [Average age of pine trees, years]	Средняя продолжительность жизни хвои, лет [Average life span of needles, years]	Среднее количество хвоинок на 1 см ² побега предпоследнего года жизни, шт. [Average number of needles per 1 cm ² of shoot in the penultimate year of life, pcs.]	Среднегодовая длина прироста, см [Average annual growth length, cm]	Среднегодовая окружность побега, мм [Average annual shoot circumference, mm]	Среднегодовое количество ветвлений, шт. [Average annual number of branches, pcs.]
1	11,2/11,0	1,8/2,1	–/1,5	26,6/23,4	–/70,6	4,5/4,1
2	13,2/12/8	3,0/3,3	–/1,2	24,9/26,0	–/75,9	4,3/3,9
3	11,6/13,7	2,6/3,3	–/4,2	17,7/14,9	–/42,8	3,2/2,8
4	15,4/13,3	2,7/2,0	–/1,5	18,7/21,7	–/87,2	2,8/3,0
5	11,4/–	2,6/–	–/–	23,8/–	–/–	3,1/–

Таблица 2

Распределение хвои по классам повреждения и усыхания, % (2022/2023 гг.)
[Distribution of needles by damage and shrinkage classes, % (2022/2023)]

Исследованный локалитет [Explored locality]	1 класс (хвоя без повреждений) [1 class (needles without damage)]	2.1 класс (микронекрозы) [2.1 class (micronecrosis)]	2.2 класс (некрозы) [2.2 class (necrosis)]	3.1 класс (усыхание кончика) [3.1 class (drying of the tip)]	3.2 класс (усыхание 1/3 и 1/2) [3.2 class (shrinkage 1/3 and 1/2)]	4.1 класс (полное усыхание) [4.1 class (complete drying)]	4.2 класс (повреждение насекомыми) [4.2 class (insect damage)]
1	12,4/26,9	30,0/4,0	43,2/–	1,0/3,0	6,5/13,4	6,9/21,4	–/31,4
2	23,5/0,34	57,3/3,3	5,3/–	0,8/32,0	0,4/47,7	0,6/14,1	12,1/2,6
3	21,1/38,2	45,0/45,6	30,9/2,2	1,0/4,7	0,2/1,1	1,0/2,2	0,8/6,1
4	21,7/41,5	32,0/47,7	39,4/6,0	1,6/0,1	–/0,1	0,6/–	4,8/4,6
5	16,1/–	41,0/–	31,0/–	0,4/–	7,2/–	3,4/–	1,0/–

Таблица 3

Балльная оценка состояния окружающей среды по метрическим параметрам сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)
[A point assessment of the state of the environment according to metric parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)]

Баллы [Points]	Параметры [Parameters]				
	Плотность хвои, шт./см ² / балльная оценка [Needledensity, pcs/cm ² / pointscore]	Средняя продолжительность жизни хвои, лет [Average life span of needles, years]	Среднегодовая окружность прироста главного побега, см [Average annual growth circumference of the main shoot, cm]	Среднегодовая длина прироста главного побега, см [Average annual growth length of the main shoot, cm]	Среднегодовое количество боковых побегов, шт. [Average annual number of lateral shoots, pcs.]
1 – относительная норма [1 – relative norm]	До 1, 1 / 5 [Up to 1.1 / 5]	Более 2,8 [More than 2.8]	Более 11,4 [More than 11.4]	Более 27,0 [More than 27.0]	Более 4,0 [More than 4.0]
2 – слабое загрязнение, фоновое состояние [2 – light pollution, background condition]	1,1–2,1 / 4	2,4–2,8	9,0–11,4	21,8–27,0	3,6–4,0
3 – среднее загрязнение [3 – moderate pollution]	2,1–3,1 / 3	2,0–2,4	6,6–9,0	16,6–21,8	3,2–3,6
4 – сильное загрязнение [4 – heavy pollution]	3,1–4,1 / 2	1,6–2,0	4,2–6,6	11,4–16,6	2,8–3,2
5 – очень сильное загрязнение, тревога [5 – very strong pollution, alarm]	Более 4,1 / 1 [More than 4.1 / 1]	До 1,6 [Up to 1.6]	До 4,2 [Up to 4.2]	До 11,4 [Up to 11.4]	До 2,8 [Up to 2.8]

Минимальный прирост в длину и толщину отмечен в районе очистных сооружений в зоне утилизации отработанного активного ила. Наименьшее среднегодовое ветвление (2,8 побега) и наибольшее повреждение и усыхание хвои характерно для сосен в центре города, где на этот процесс оказывают влияние несколько загрязнителей, выбрасываемых в воздух предприятиями и автотранспортом (рис. 2).

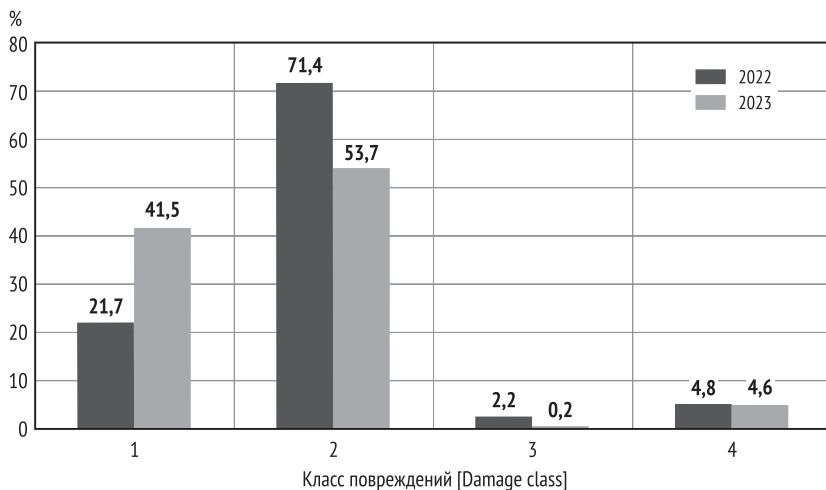


Рис. 2. Распределение хвои по классам повреждения и усыхания в 2022–2023 гг. в центре города Орехово-Зуево (Московская обл.)

Fig. 2. Distribution of needles by damage and shrinkage classes in 2022–2023 in the center of Orekhovo-Zuyevo (Moscow region)

В 2023 г. отмечено некоторое улучшение состояния воздуха в центре города по сравнению с 2022 г., о чем свидетельствует увеличение количества неповрежденной хвои почти в 2 раза и значительное уменьшение хвои с повреждениями и усыханиями (см. рис. 2). Вероятно, это связано с сокращением концентрации угарного газа, чему, по-видимому, способствовали и погодные условия. В 2022 г. в период с мая по август в районе исследования выпал 141 мм осадков при относительной влажности воздуха 62% и среднесуточной температуре воздуха 17,3 °C. За тот же период 2023 г. эти показатели составили 193 мм, 68,5% и 13,8 °C соответственно. В 2021–2022 гг. большое содержание оксида углерода (II) в атмосфере связано с эпизодическим горением торфяников. В 2023 г. пожары были локализованы и ликвидированы, что, безусловно, отразилось на концентрациях угарного газа в воздушной среде.

В загородной зоне в районе озера Горбатое отмечена самая высокая продолжительность жизни хвои. Однако здесь велико содержание хвои с микронекрозами в 2022 г. (57,3%) и усыхающей в 2023 г. (14,1%).

Обычно в ненарушенных экосистемах лишь 10% хвои может иметь светло-зеленые некротические точки. Превышение этого значения в районе озера Горбатое, вероятно, также связано с высоким содержанием в атмосфере оксида углерода (II) из-за пожаров на торфяниках.

Известно, что при загрязнении атмосферы уменьшается рост побегов в длину, а это приводит к увеличению количества хвоинок на них. Для оптимизации расчетов мы предлагаем измерять площадь поверхности побега предпоследнего года жизни и плотность хвои на нем, что позволит получить данные, соизмеримые по названному параметру в разных точках учета.

Так, плотность хвои на побегах увеличивается от загородной зоны (1,2 шт./см²) к району очистных сооружений (4,2 шт./см²). В то же время в районе очистных сооружений наблюдаются самые низкие показатели среднегодового прироста, ветвления и прироста в толщину. При этом средняя продолжительность жизни хвои здесь достаточно высока – 3,3 года, а степень ее повреждения ниже, чем в загородной зоне. Изменение метрических характеристик побегов сосны может быть связано здесь не только с загрязнением атмосферы, но и с изменением состава почвы вследствие обогащения ее отработанным активным илом с очистных сооружений.

В районе АО «Карболит» в 2022 г. отмечены незначительные отклонения в распределении хвои по классам повреждения и усыхания, среднегодовой продолжительности жизни хвои, длине прироста главного побега и количеству боковых ветвлений от гипотетически чистой загородной зоны в окрестностях озера Горбатое. Это, вероятно, объясняется тем, что предприятия, являющиеся источником загрязнения атмосферы фенольными соединениями, могут за счет таких выбросов создавать более благоприятные условия для развития некоторых видов растений, в том числе и сосны обыкновенной.

Как известно, синтезируемые растениями фитофенолы участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, играют важную роль в их защите, являются фотопротекторами, модуляторами процессов роста и развития [Абдрахимова, Валиева, 2012; Волюнец, 2013; Шавнин, Колтунов, Яковлева, 2014; Фенольные соединения..., 2018; Фенольная система..., 2019].

Заключение

Широко распространенные виды, такие как сосна обыкновенная, обладают значительным диапазоном экологической валентности и нормы генотипической реакции, что позволяет им адаптироваться к многим экологическим и антропогенным факторам. Отмечена неоднозначность реакции исследованного вида на состояние окружающей среды. Даже в локалитетах со сходной антропогенной нагрузкой часто происходит как уменьшение ряда метрических параметров, так и компенсаторное их увеличение. В то же время близкие по значению результаты обнаруживаются в достаточно удаленных друг от друга местообитаниях, находящихся в разных экологических условиях.

Так, в 2023 г. в загородной зоне в окрестностях озера Горбатое и в центре города отмечены сопоставимые результаты прироста 26,0 и 21,7 см. В том же году в двух ближайших локалитетах (1 и 3) у северной и северо-восточной окраины города эти показатели составили 23,4 и 14,9 см соответственно. При этом толщина побегов часто не обнаруживает корреляционной зависимости с величиной прироста. Плотность хвой имеет тенденцию к увеличению в сильно загрязненных местообитаниях. В 2022 г. в центре города и в юго-западном локалитете в районе АО «Карболит» плотность хвой составила 3,6 и 4,6 шт./см² соответственно, а в загородной зоне лишь 1,6 шт./см². Среднегодовое количество ветлений в динамике изменяется незначительно.

Гипотеза о техногенном влиянии на стабильность развития сосны обыкновенной часто не подтверждается. Многие вопросы, связанные с ее ростом и развитием в условиях антропогенной нагрузки, остаются нерешенными и требуют дальнейших исследований. Для получения максимально достоверных результатов, по-видимому, необходима интегральная оценка состояния окружающей среды по комплексу биометрических признаков.

В заключение следует отметить, что город является сложной антропогенной геохимической аномалией. В городской агломерации под действием многих антропогенных факторов неизбежно изменение физико-химических свойств почв, распределения по профилю их главных компонентов, перераспределение высокодисперсных минеральных частиц, изменение состава обменно-поглощенных катионов, величины рН и гранулометрического состава. Поэтому параллельно с биоиндикационными исследованиями необходима организация геохимического мониторинга почвенного покрова, особенно в искусственных фитоценозах.

Библиографический список / References

Абдрахимова Й.Р., Валиева А.И. Фенольные соединения // Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты: учебно-методическое пособие, Казань, 2012. Ч. 3. [Abdrakhimova J.R., Valieva A.I. Phenolic compounds. *Vtorichnye metabolity rasteniy: fiziologicheskie i biokhimicheskie aspekty*. Teaching aid. Kazan, 2012. Part 3. (In Rus.)]

Аникушкин А.С., Григорчук К.В. Загрязнение атмосферы оксидами азота и углерода // Успехи современного естествознания. 2006. № 10. С. 64–66. [Anikushkin A.S., Grigorchuk K.V. Atmospheric pollution by nitrogen and carbon oxides. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2006. No. 10. Pp. 64–66. (In Rus.)]

Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. М., 2005. [Ashikhmina T.Ya. *Ekologicheskii monitoring* [Environmental monitoring]. Moscow, 2005.]

Вахнина И.Л., Ларин В.С., Пак Л.Н. Влияние эколого-генетических факторов на морфометрический параметры и динамику годичного прироста древесины в испытательных культурах *Pinus sylvestris* L. // Успехи современного естествознания. 2020. № 1. С. 5–11. [Vakhnina I.L., Larin V.S., Pak L.N. The influence of ecological and genetic factors on the morphometric parameters and dynamics of annual growth of wood in test crops of *Pinus sylvestris* L. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2020. No. 1. Pp. 5–11. (In Rus.)]

Волынец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений. Мн., 2013. [Volynets A.P. *Fenolnye soedineniya v zhiznedeятельности rasteniy* [Phenolic compounds in plant life]. Minsk, 2013.]

Данчева А.В., Залесов С.В. Взаимосвязь параметров ассимиляционного аппарата деревьев с коэффициентом напряженности роста в сосняках Барнаульского ГНПП // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 3. С. 4–12. DOI: 10.21178/2079-6080.2017.3.4 [Dancheva A.V., Zalesov S.V. The relationship of the parameters of the assimilation apparatus of trees with the growth intensity coefficient in the pine forests of the Barnaul state scientific production enterprise. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*. 2017. No. 3. Pp. 4–12. (In Rus.). DOI: 10.21178/2079-6080.2017.3.4]

Захаров А.Б. Дендроиндикация загрязненности окружающей среды урбанизированных территорий на примере искусственных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Балахнинской низменности: дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2014. [Zakharov A.B. *Dendroindikatsiya zagryaznennosti okruzhayushchey sredy urbanizirovannyh territoriy na primere iskusstvennyh populyatsiy sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) Balakhninskoy nizmennosti* [Dendroindication of environmental pollution in urbanized territories on the example of artificial populations of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of the Balakhna lowland]. PhD dis. Nizhny Novgorod, 2014.]

Ковылина О.П., Зарубина И.А., Ковылин А.Н. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25. № 3-4. С. 284–289. [Kovylyina O.P., Zarubina I.A.,

Kovylin A.N. Assessment of the vital condition of the Scots pine in the zone of anthropogenic pollution. *Khvoynye borealnoy zony*. 2008. Vol. 25. No. 3-4. Pp. 284–289. (In Rus.)]

Лебедев В.Г. Анализ изменчивости количественных признаков хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в связи с дифференциацией популяций: дис. ... канд. биол. наук. Киров, 2014. [Lebedev V.G. Analiz izmenchivosti kolichestvennykh priznakov hvoi sosny obyknovennoy (*Pinus sylvestris* L.) v svyazi s differentsiatsiei populyatsiy [Analysis of the variability of quantitative characteristics of Scots pine needles (*Pinus sylvestris* L.) in connection with population differentiation]. PhD dis. Kirov, 2014.]

Легощина О.М. Адаптивные реакции и фито-индикационная способность древесных растений в условиях техногенного загрязнения: дис. ... канд. биол. наук. Кемерово, 2018. [Legoshchina O.M. Adaptivnye reaksii i fito-indikatsionnaya sposobnost drevesnykh rasteniy v usloviyah tekhnogennogo zagryazneniya [Adaptive reactions and phyto-indicative ability of woody plants in conditions of technogenic pollution]. PhD dis. Kemerovo, 2018.]

Общая теория статистики / под ред. М.Г. Назарова. М., 2018. [Obshchaya teoriya statistiki [General theory of statistics]. M.G. Nazarov (ed.). Moscow, 2018.]

Предложение интегральной оценки экологического состояния лесных биocenозов по сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / И.Е. Зыков, Л.В. Федорова, С.Г. Баранов, В.Г. Ежкова // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 44–51. [Zykov I.E., Fedorova L.V., Baranov S.G., Ezhkova V.G. Proposal for an integrated assessment of the ecological state of forest biocenoses for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2023. No. 1. Pp. 44–51. (In Rus.)]

Сергейчик С.А. Эколого-физиологический мониторинг устойчивости сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в техногенной среде // Биосфера. 2015. Т. 7. № 4. С. 384–391. [Sergeychik S.A. Ecological and physiological monitoring of the stability of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in technogenic environment. *Biosphera*. 2015. Vol. 7. No. 4. Pp. 384–391. (In Rus.)]

Скрипальщикова Л.Н. Морфолого-анатомические особенности хвои сосны обыкновенной под влиянием промышленных выбросов города Красноярск // Сибирский лесной журнал. 2016. № 3. С. 46–56. [Skripalshchikova L.N. Morphological and anatomical features of Scots pine under the influence of industrial emissions from the city of Krasnoyarsk. *Siberian Forest Journal*. 2016. No. 3. Pp. 46–56. (In Rus.)]

Стрельцов А.Б. Региональная система биологического мониторинга. Калуга, 2003. [Streltsov A.B. Regionalnaya sistema biologicheskogo monitoringa [Regional biological monitoring system]. Kaluga, 2003.]

Фенольная система защиты растений в условиях загрязнения среды г. Тюмени тяжелыми металлами / А.С. Петухов, Н.А. Хритохин, Г.А. Петухова, Т.А. Кремлева // Ученые записки Казанского ун-та. 2019. Т. 161. Кн. 1. С. 93–107. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.1.93-107 [Petukhov A.S., Hritokhin N.A., Petukhova G.A., Kremleva T.A. Phenolic plant protection system in conditions of environmental pollution in Tyumen with heavy metals. *Uchenye*

Zapiski Kazanskogo Universiteta. 2019. Vol. 161. Book 1. Pp. 93–107. (In Rus.). DOI: 10.26907/2542-064X.2019.1.93-107]

Фенольные соединения: функциональная роль в растениях // Материалы X Международного симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты», Москва, 14–19 мая 2018 г. / отв. ред. Н.В. Загоскина. М., 2018. [Phenolic compounds: A functional role in plants. *Materialy X Mezhdunarodnogo simpoziuma «Fenolnye soedineniya: fundamentalnye i prikladnye aspekty»*, Moskva, 14–19 maya 2018 g. N.V. Zagoskina (ed.). Moscow, 2018.]

Шавнин С.А., Колтунов Е.В., Яковлева М.И. Влияние урбанизации на состав и содержание фенольных соединений в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17151> (дата обращения: 20.09.2024). [Shavnin S.A., Koltunov E.V., Yakovleva M.I. The influence of urbanization on the composition and content of phenolic compounds in pine needles (*Pinus sylvestris* L.). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. No. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17151>]

Boratynska K., Jasinska A., Ciepluch E. Effect of tree age on needle morphology and anatomy of *Pinus uliginosa* and *Pinus silvestris* – species-specific character separation during ontogenesis. *Flora: Morphology, Distribution, Function Ecology of Plants*. 2008. Vol. 203. Pp. 617–626.

Mandre M., Lukjanova A. Biochemical and structural characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in an alkaline environment. *Estonian Journal of Ecology*. 2011. Vol. 60. No. 4. Pp. 264–283.

Статья поступила в редакцию 08.02.2025, принята к публикации 10.03.2025
The article was received on 08.02.2025, accepted for publication 10.03.2025

Сведения об авторах / About the authors

Зыков Игорь Евгеньевич – кандидат биологических наук; доцент кафедры биологии, экологии и химии биолого-химического факультета, Государственный гуманитарно-технологический университет, Московская область, г. Орехово-Зуево

Igor E. Zykov – PhD in Biology; associate professor at the Department of Biology, Ecology and Chemistry of the Faculty of Biology and Chemistry, State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo, Moscow region

E-mail: zykov-oz@yandex.ru

Федорова Любовь Валерьевна – старший преподаватель кафедры фармацевтического естествознания Института фармации им. А.П. Нелюбина, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

Lubov V. Fedorova – senior lecturer at the Department of Pharmaceutical Natural Sciences of the Institute of Pharmacy, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

E-mail: fedorova-oz@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

И.Е. Зыков – организация исследования, агрегация литературных данных, сбор полевого материала, определение биометрических параметров сосны обыкновенной, балльная оценка состояния окружающей среды

Л.В. Федорова – участие в сборе полевого материала, поиск литературных данных, определение биометрических параметров сосны обыкновенной

Contribution of the authors

I.E. Zykov – research organization, literature review, field data collection, determination of Scots pine biometric parameters, environmental assessment

L.V. Fedorova – participation in field data collection, literature search, determination of Scots pine biometric parameters

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

УДК 502.5 + 631.41

**А.Д. Мальцева, О.З. Еремченко,
П.Ш. Сайранова, Н.А. Кобелев**

Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
614068 г. Пермь, Российская Федерация

Формирование урбопочв на песчаных террасах реки Камы

Цель исследований – оценить процессы формирования и экологическое состояние урбопочв, их способность создавать условия для роста и развития растений в жилых районах городов Прикамья. Установлено, что на песчаных террасах р. Камы за несколько десятилетий сформировались урбостратоземы и урбиквазиземы супесчано-песчаного гранулометрического состава. Свойства урбопочв в значительной степени обусловлены отсыпкой на поверхность низинного торфа. Верхние почвенные слои, как правило, характеризуются карбонатностью, щелочной реакцией среды, высокой обеспеченностью подвижными фосфатами, а также сильным варьированием содержания органического углерода, обменного калия, каталазной и целлюлозолитической активностей. По результатам фитотестирования исследованные урбопочвы показали удовлетворительное экологическое состояние и умеренную токсичность. На развитие тест-культуры отрицательное влияние оказали щелочность и содержание обменного натрия в некоторых почвах. В ходе проведенных работ возникла проблема трансформации отсыпанного на поверхность низинного торфа и определения его участия в современном балансе углерода на городской территории.

Ключевые слова: песчаные урбопочвы, формирование урбопочв, свойства урбопочв, экологическое состояние почвы в городах, фитотоксичность урбопочв



ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Формирование урбопочв на песчаных террасах реки Камы / А.Д. Мальцева, О.З. Еремченко, П.Ш. Сайранова, Н.А. Кобелев // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 173–191. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

**A.D. Maltseva, O.Z. Eremchenko,
P.Sh. Sairanova, N.A. Kobelev**

Perm State National Research University,
Perm, 614990, Russian Federation

Formation of urban soils on the sandy terraces of the Kama river

The aim of the research is to assess the properties and ecological condition of urban soils, along with their ability to foster the growth and development of plants on residential lawns within the cities of the Kama region. It has been confirmed that urban stratozems and urban quasi-soils with a sandy loam-sand granulometric composition have formed on the sandy terraces of the Kama River over several decades. The properties of urban soils have largely changed as a result of the deposition of lowland peat on the surface. The topsoil is typically distinguished by its carbonate content, an alkaline medium, a high availability of mobile phosphates, and considerable fluctuations in organic carbon content, exchangeable potassium, catalase, and cellulolytic activities. According to the results of phytotesting, the urban soils exhibited a satisfactory ecological state along with moderate levels of toxicity. The presence of alkalinity and exchangeable sodium in certain soils adversely impacted the test culture. During the research, assessing the impact of the modified lowland peat that has accumulated on the surface in the current carbon balance of the urban area proved to be a challenge.

Key words: sandy urban soils, formation of urban soils, properties of urban soils, ecological state of urban soils, phytotoxicity of urban soils

FOR CITATION: Maltseva A.D., Eremchenko O.Z., Sairanova P.Sh., Kobelev N.A. Formation of urban soils on the sandy terraces of the Kama river. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 173–191. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-173-191

Введение

Городские почвы являются сложнейшими компонентами природно-антропогенной среды, т.к. их свойства и функции определяются как природными факторами (биоклиматическими, литогенными, гидрогенными и др.), так и продолжительностью периода урбогенеза, видами техногенных воздействий, спецификой окультурирования. Информация о состоянии городских почв необходима при планировании, проектировании и управлении городскими районами в целях поддержания будущего благополучия людей и здоровья городской экосистемы. Высокая уязвимость урбопочв к антропогенным нагрузкам (загрязнение, засоление, уплотнение грунта и т.д.) обуславливает необходимость их экологического мониторинга, оценки и стандартизации [Vaseneva et al., 2018; Прокофьева, Герасимова, 2018; O’Riordan et al., 2021; Гордиенко, Балкушкин, 2023].

В Пермском крае почвенный покров нижних террас р. Камы формируется на перигляциальных песчаных отложениях [Сайранова, Еремченко, 2024]. Урбопочвы городов Пермь, Соликамск, Чайковский, расположенные на 1–2 камских террасах, характеризуются легким (песчаным и супесчаным) гранулометрическим составом [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016; Коровина, Мальцева, 2023]. Известны основные недостатки песчаных почв: низкая влагоемкость и провальная водопроницаемость, недостаточная обеспеченность питательными элементами; кроме того, песчаные почвы характеризуются слабой устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами [Оценка экологического риска..., 2018]. Характеристика почв жилых районов городов Пермь и Соликамск представлена в монографии О.З. Еремченко с соавторами (2016); однако в ней ограничена информации о свойствах и функциях урбопочв супесчано-песчаного состава в районах многоэтажной застройки городов Прикамья.

Цель исследования – оценить экологическое состояние супесчано-песчаных почв и их способность создавать условия для роста и развития растений на газонах в жилом районе г. Перми.

Задачи:

- 1) установить факторы почвообразования на газонах жилых районов в пределах песчаных террас, систематизировать урбопочвы согласно современной классификации городских почв;
- 2) изучить физические, физико-химические, химические и биохимические свойства урбопочв легкого гранулометрического состава;
- 3) оценить экологическое состояние и токсичность урбопочв на газонах методом фитотестирования.

Материалы и методы

Объект исследования – супесчано-песчаные почвы газонов микрорайона Парковый г. Перми. Строительство многоэтажных зданий здесь началось в середине 1970-х гг., следовательно, урбопочвы этого микрорайона имеют возраст не более 50 лет.

В 2023 г. на газонах микрорайона Парковый заложены 10 прикопок до глубины 30–50 см (рис. 1); почвенные пробы отобраны из слоя 0–15 см. В почвенных прикопках проведено описание морфологических признаков урбопочв. При диагностике почв использовали классификацию городских почв [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014].

Природные почвы – псаммоземы гумусовые камских террас – изучены в природно-рекреационной зоне г. Перми под сосновыми лесами (см. рис. 1).

В почвенных пробах исследовали: плотность твердой фазы почвы пикнометрическим методом, плотность почвенного мелкозема – в образце с нарушенным сложением, агрегатный состав – путем просеивания воздушно-сухой почвы через колонку сит, максимальная гигроскопичность – путем насыщения почвы влагой в среде с насыщенным раствором сернокислого калия, порозность и влажность устойчивого завядания – традиционным расчетным способом, pH водный – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423–85); органическое вещество ($C_{\text{орг}}$) – титриметрическим методом по Тюрину; подвижные соединения фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205–91); активность каталазы – по методу Джонсона и Темпла путем обратного титрования остаточного пероксида водорода с перманганатом калия; определение целлюлозолитической активности почв – по Кристенсену [Титова, Дабахова, Дабахов, 2011].

Фитотестирование почвы проводили по реакции кресс-салата; высоту и сырую массу надземной части растений измерили в 25-кратной повторности¹. Редокс-активность растительных вытяжек из кресс-салата

¹ Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных грунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555. 2017.

изучалась по методу Петта в модификации Прокашева; в условиях окислительного стресса растения накапливают восстановленные соединения.



Рис. 1. Расположение разрезов на псаммоземах гумусовых и прикопок на супесчано-песчаных урбопочвах

Fig. 1. The location of sections on humus psammozems and excavation sites on sandy loam and sandy urban soils

Значимость различий с тест-контролем у длины, массы, редокс-активности рассчитали однофакторным дисперсионным анализом с помощью критерия Краскела–Уоллиса при уровне значимости $p \leq 0,05$. Зависимости между свойствами почвы, ее биохимической активностью и физиолого-биохимическими показателями растений установили методом непараметрического корреляционного анализа (коэффициент Спирмена) при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Физико-химические и химические свойства урбопочв сильно варьируют, их рекомендуют оценивать по отношению к природным аналогам [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014]. Профиль псаммоземов гумусовых нижних камских террас образует горизонт W –

гумусово-слаборазвитый мощностью около 0–5 (6) см, верхняя часть которого представлена растительным опадом (слой 0–3 см); темно-серая окраска, бесструктурный, супесчаный, содержит много корней деревьев и трав. Под ним залегают светло-бурые пески иногда с признаками ожелезнения (рис. 2). Псаммоземы имеют сильноокислую реакцию среды (рН 4,6–5,4), низкую емкость поглощения и минимальную насыщенность основаниями. Относительно повышенное количество органического углерода содержится в гумусово-слаборазвитом горизонте (около 5%), в переходном к почвообразующей породе горизонте количество органического углерода снижалось до 1%. По гранулометрическому составу горизонт W – супесь мелкопесчаная, минеральные горизонты – песок связный мелкозернистый [Сайранова, Еремченко, 2024].

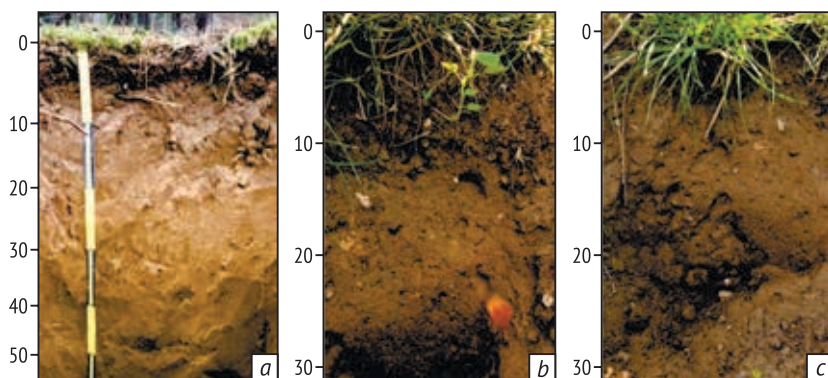


Рис. 2. Внешний вид псаммозема и супесчано-песчаных почв в жилом микрорайоне г. Перми:

a – псаммозем гумусовый; *b* – урбостратозем песчаный карбонатный; *c* – урбиквазизем песчаный карбонатный

Fig. 2. The appearance of psammozem and sandy loam soils in a residential district of Perm:

a – humus psammozem; *b* – urbanosols sandy carbonate; *c* – urbiquasol sandy carbonate

Урбопочвы песчаных газонов содержали, как правило, более 10% артефактов (кирпич, гравий, калька, стекло...), вскипали от соляной кислоты, что характерно для урбостратоземов [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014]. Горизонт UR-урбик преимущественно раздельно-бесструктурный, супесчано-песчаный, изредка встречалась непрочная комковатость (см. рис. 2). Урбик очень постепенно переходит в ТСН, чаще песчаного состава, или в песчаную породу (D). В почвах

газонов, как правило, встречались признаки окультуривания; верхняя часть URrat-урбика грубогумусированного представлена смесью песчаных фракций с темным материалом, состоящим из механической смеси различных по степени разложенности оторфованных растительных остатков. При мощности поверхностного горизонта с признаками урбопедогенеза менее 40 см выделены урбиквазиземы, формирующиеся на культурном слое или песчаной породе. Урбиквазиземы также содержали несвязанные с песчаными фракциями растительные остатки темного цвета. Описанные разности песчаных урбопочв характерны и для жилых районов г. Чайковский [Коровина, Мальцева, 2023].

Урбопочвы супесчано-песчаные характеризовались высокой каменистостью; сумма агрегатов более 1 мм (камней и гравия) была в среднем около 22% от массы. В мелкоземе доминировали микроагрегаты размером менее 0,25 мм и мезоагрегаты 0,5–0,25 мм (рис. 3).

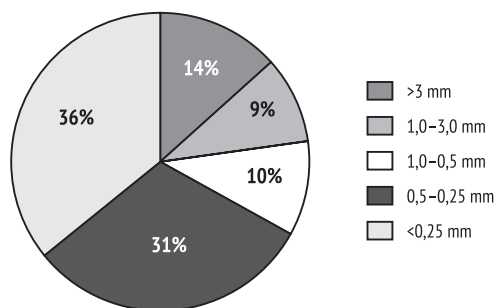


Рис. 3. Среднее содержание агрегатов в супесчано-песчаных урбопочвах в жилом микрорайоне г. Перми, %

Fig. 3. The average content of aggregates in sandy loam and sandy urban soils in a residential district of Perm, %

Плотность почвенного мелкозема и плотность его твердой фазы невысокие, в пределах плотности гумусированных горизонтов почв (табл. 1). Пористость урбопочв преимущественно низкая по критериям Н.А. Качинского [Качинский, 1965], максимальная гигроскопичность и влажность устойчивого завядания изменялись более чем в 2 раза. Плотность, пористость, максимальная гигроскопичность и, соответственно, влажность завядания тесно коррелировали с содержанием агрегатов размером 1–0,5 мм (табл. 2). Доля этой фракции в среднем низкая (10%), в ней, по-видимому, представлены пористые микроагрегаты. Агрегаты размером менее 0,25 мм, включающие частицы мелкого песка, не способны к оструктуриванию и снижали пористость урбопочв.

Таблица 1

**Физические свойства супесчано-песчаных урбопочв
в жилом микрорайоне г. Перми**
[Physical properties of sandy loam and sandy urban soils
in a residential district of Perm]

Свойства [Properties]	Среднее [Mean]	Медиана [Median]	Минимум [Min]	Максимум [Max]
Плотность, г/см ³ [Density, g/cm ³]	1,16	1,14	0,99	1,34
Плотность твердой фазы [Density solidphase, g/cm ³]	2,06	2,06	2,00	2,15
Порозность, % [Porosity, %]	43,7	45,2	34,6	51,7
Максимальная гигроскопичность, % [Maximum hygroscopicity, %]	3,8	3,5	2,6	7,2
Влажность завядания, % [Wilting humidity, %]	5,1	4,8	3,5	9, 7

Таблица 2

**Зависимости между содержанием агрегатов в мелкозем
и физическими свойствами супесчано-песчаных урбопочв
в жилом микрорайоне г. Перми**
(коэффициент корреляции Спирмена)

[The correlation between the content of aggregates in fine-grained
soil and the physical properties of sandy loam and sandy urban soils
in a residential district of Perm (Spearman's correlation coefficient)]

Свойства [Properties]	Размеры агрегатов, мм [Dimensions of the aggregate, mm]		
	1–0,5	0,5–0,25	<0,25
Плотность [Density]	–0,73	0,08	0,62
Плотность твердой фазы [Density solid phase]	–0,27	0,18	0,13
Порозность [Porosity]	0,80	–0,13	–0,74
Максимальная гигроскопичность [Maximum hygroscopicity]	0,75	–0,19	–0,53
Влажность завядания [Wilting humidity]	0,75	–0,19	–0,53

Примечание. Полужирным выделены коэффициенты, значимые при $p < 0,05$.
[Note: Coefficients significant at $p < 0.05$ are shown in bold.]

В корнеобитаемом слое урбопочв, как правило, присутствовали карбонаты (отчетливая реакция на вскипание), что обусловлено не столько атмо-техногенной нагрузкой в городах [Прокофьева, Герасимова, 2018], сколько повсеместным использованием карбонатного щебня при устройстве строительных площадок в г. Перми [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016]. Верхний слой урбопочв, как правило, характеризовался слабощелочной реакцией (табл. 3), что, как правило, отличает городские почвы от природных почв в лесной зоне [Ефремова, Дабах, Кондакова, 2013; Сравнительная оценка состояния городских почв..., 2014].

Таблица 3

**Агрохимические и биохимические свойства
супесчано-песчаных урбопочв в жилом микрорайоне г. Перми
[Agrochemical and biochemical properties of sandy loam
and sandy urban soils in a residential district of Perm]**

Свойства [Properties]	Среднее [Mean]	Медиана [Median]	Минимум [Min]	Максимум [Max]
$pH_{\text{вод}}$ [pH_{H_2O}]	7,99	7,92	7,12	8,94
$C_{\text{орг}}$, % [Organic carbon, %]	4,33	3,94	2,31	9,07
Подвижные P_2O_5 , мг/100 г [Mobile phosphates, mg/100g]	10,06	8,20	3,40	23,20
Обменный K^+ , мг/100 г [Exchangeable potassium, mg/100g]	17,40	17,00	6,00	26,00
Обменный Na^+ , мг/100 г [Exchange ablesodium, mg/100g]	27,80	20,00	2,00	68,00
Целлюлозолитическая активность, % [Cellulolytic activities, %]	40,1	42,0	15,0	70,0
Каталазная активность, мл 0,1н $KMnO_4$ на 1 г за 20 мин [Catalase activities, ml 0,1n $KMnO_4$ per gram in 20 minutes]	0,26	0,26	0,22	0,32

Содержание органического углерода в урбопочвах газонов варьировало от 2,2 до 9%. Органический углерод попадает в почвы с городской пылью [Органические компоненты..., 2021]; повышенная аккумуляция органического вещества распространена в урбопочвах мира [Водяницкий, 2015; O’Riordan et al., 2021]. Накоплению способствуют замедленная минерализация растительных остатков, увеличение продуктивности

растительности за счет повышенной температуры, высокого содержания в воздухе углекислого газа и ухода за зелеными зонами, внесение торфа, устройство орошения и осушения [Lorenz, Lal, 2000; Pickett, 2008; Водяницкий, 2015]. В урбопочвах Перми одним из основных приемов окультуривания почв является отсыпка на поверхность низинного торфа мощностью около 10 см. Городские почвы участвуют в локальном и региональном балансе углерода, в обеспечении углеродной нейтральности [Jo, McPherson, 1995; Васенев, Прокофьева, Макаров, 2013; Водяницкий, 2015; O’Riordan et al., 2021]. В ходе проведенных работ возникла проблема трансформации отсыпанного на поверхность низинного торфа и определения его участия в современном балансе углерода на городской территории.

Все урбопочвы отличались очень высоким содержанием подвижных фосфатов (определено по [Справочник по оценке почв, 2004]). Уровень содержания подвижных фосфатов в пределах 100–200 мг/кг соответствует признакам горизонта урбик [Введение почв и почвоподобных образований..., 2014].

Содержание обменного калия в урбопочвах колебалась от низкого до высокого уровня (определено по [Справочник по оценке почв, 2004]) (см. табл. 3). Песчаные породы бедны калием, дополнительное поступление калия в урбопочвы может происходить со строительными материалами, а также с противогололедными песчано-солевыми смесями, которые содержат отходы калийного производства [Еремченко, Шестаков, Москвина, 2016].

Содержание обменного натрия в среднем существенно превышало количество обменного калия. Накопление натрия в почвах городов связано с применением дорожных антиобледенителей [Там же; Оценка засоления почв..., 2023].

Городские почвы должны выполнять санитарно-гигиеническую функцию в отношении патогенных микроорганизмов и органических остатков [Vaseneva et al., 2018]; эта способность к самоочищению непосредственно связана с биохимической активностью почв. В исследуемых урбопочвах целлюлозолитическая активность в соответствии с принятыми критериями [Титова, Дабахова, Дабахов, 2011] колебалась от слабой до сильной (см. табл. 3), зависела от обеспеченности урбопочв калием.

Каталаза катализирует расщепление перекиси водорода с образованием кислорода и таким образом предотвращает нарушение структуры и функций клеточных мембран [Mahaseth, Kuzminov, 2017; Аладьева, Зиматкин, 2022]. Каталазную активность почв использовали в качестве

критерия загрязнения городских почв [Комплексный подход..., 2019]. Почвы газонов в микрорайоне Парковый отличались по каталазной активности в 1,5 раза; в целом активность заметно превысила уровень активности фермента в псаммоземах гумусовых [Сайранова, Еремченко, 2024]. Каталазная активность усиливалась с увеличением содержания обменного натрия в почве (табл. 4). Известно, что засоление и другие виды химического загрязнения вызывают у организмов окислительный стресс, концентрация каталазы может быть направлена на устранение избытка перекиси водорода.

На длину и массу тест-культуры отрицательное влияние оказывали усиление щелочности и увеличение содержания обменного натрия в урбопочвах (см. табл. 4). Методика фитотестирования позволяет оценить экологическое состояние урбопочв. Снижение длины кресс-салата на 11–18% (рис. 4) указывало на удовлетворительное экологическое состояние урбопочв газонов. Снижение массы кресс-салата на урбопочвах было более значительным – на 18–33%, что соответствует преимущественно удовлетворительному экологическому состоянию. Но на четырех пробах растения ниже контроля на 31–33%, что соответствует неудовлетворительному экологическому состоянию почв (см. рис. 4).

На семи почвенных пробах наблюдали повышение редокс-активности в растениях, преимущественно, на 10–30%, что согласно методике указывало на умеренную фитотоксичность почв [Там же]. Повышенная редокс-активность – это реакция кресс-салата на аккумуляцию токсичных веществ (тяжелые металлы, водорастворимые соли, нефтепродукты, бензапирен) в урбопочвах [Биологическая оценка..., 2014; Критические нагрузки..., 2017; Комплексный подход..., 2019; Синдирева, Терентьев, 2023; Оценка засоления почв..., 2023].

Заключение

Супесчано-песчаные урбопочвы в жилом микрорайоне г. Перми сформировались преимущественно из песков водно-ледникового происхождения и за несколько десятилетий приобрели качественные отличия от природных аналогов – псаммоземов гумусовых.

Горизонты урбик в урбостратоземах и поверхностные слои урбиквазиземов содержали более 10% артефактов, имели щелочную реакцию среды, как правило, содержали карбонаты, характеризовались значительной аккумуляцией подвижных фосфатов. На плотность, порозность, влагоемкость, влажность устойчивого завядания урбопочв положительно влияли мезоагрегаты размером 1–0,5 мм.

Таблица 4

**Зависимости между биологическими и агрохимическими свойствами супесчано-песчаных урбопочв
в жилом микрорайоне г. Перми (коэффициент корреляции Спирмена)**
**[Correlation between biological and agrochemical properties of sandy loam and sandy urban soils
in a residential district of Perm (Spearman's correlation coefficient)]**

Свойства [Properties]	$pH_{\text{вод}}$ [pH_{H_2O}]	$C_{\text{орг}}$ [Organic carbon]	Подвижные фосфаты [Mobile phosphates]	Обменный калий [Exchangeable potassium]	Обменный натрий [Exchangeable sodium]
Целлюлозолитическая активность [Cellulolytic activities]	-0,06	-0,22	0,57	0,94	0,04
Каталазная активность [Catalase activities]	0,41	-0,01	0,23	0,54	0,67
Длина тест-культуры [Length test culture]	-0,77	0,12	0,24	0,38	-0,66
Масса тест-культуры [Mass test culture]	-0,78	0,13	0,34	0,40	-0,62
Редокс-активность [Redox activity test culture]	0,37	0,21	0,17	0,15	0,47

Примечание. Полужирным выделены коэффициенты, значимые при $p < 0,05$.

[Note: Coefficients significant at $p < 0.05$ are shown in bold.]

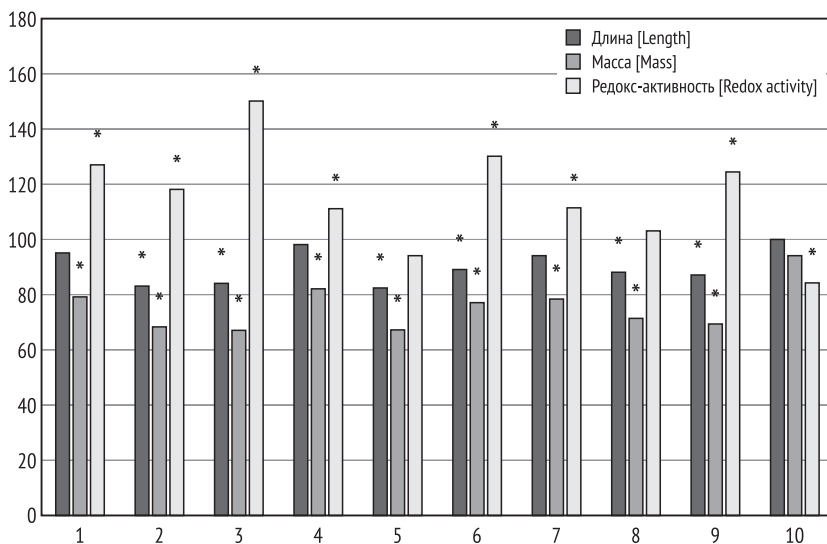


Рис. 4. Длина, масса и редокс-активность тест-культуры при выращивании на супесчано-песчаных урбопочвах жилого микрорайона г. Перми, % относительно тест-контроля
* – значимые отличия с тест-контролем

Fig. 4. Length, mass and redox activity of the test crop when grow non sandy loam urban soils in a residential neighborhood of Perm, % relative to the test control
* – significant differences with the test control

Признаки окультуривания газонов связаны с отсыпкой на поверхность низинного торфа, они проявились в повышенном содержании органического углерода в урбопочвах.

Применение песчано-солевых смесей в качестве антиобледенителей способствовало увеличению количества обменного натрия и калия, появлению щелочной реакции среды в почвах газонов.

Биохимические показатели урбопочв (катазная и целлюлозолитическая активности) значительно варьировали, зависели от комплекса свойств урбопочв.

По результатам фитотестирования супесчано-песчаные урбопочвы газонов характеризовались преимущественно удовлетворительным экологическим состоянием и умеренной токсичностью.

Выводы

1. В жилом микрорайоне г. Перми, расположенном на песчаной террасе р. Камы, за несколько десятилетий сформировались урбостратоземы и урбиквазиземы супесчано-песчаного гранулометрического состава.

2. Свойства урбопочв в значительной степени связаны с отсыпкой на поверхность низинного торфа. Верхние слои почв, как правило, характеризуются карбонатностью, щелочной реакцией среды, высокой обеспеченностью подвижными фосфатами, а также сильным варьированием количества органического углерода (2,3–9,1%), обменного калия, каталазной и целлюлозолитической активностей.

3. По результатам фитотестирования супесчано-песчаные урбопочвы газонов показали удовлетворительное экологическое состояние и, преимущественно, умеренную токсичность.

Библиографический список / References

Аладьева Т.Л., Зиматкин С.М. Каталаза клетки: строение, биогенез, многообразие, функции // Экспериментальная биология и биотехнология. 2022. № 1. С. 12–22. [Aladyeva T.L., Zimatkin S.M. Cellular catalase: Structure, biogenesis, diversity, functions. *Experimental Biology and Biotechnology*. 2022. No. 1. Pp. 12–22. (In Rus.)]

Биологическая оценка токсичности городских почв в почвенно-экологическом мониторинге / Т.В. Бардина, М.В. Чугунова, Л.П. Капелькина и др. // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 87–91. [Bardina T.V., Chugunova M.V., Kapelkina L.P. et al. Biological assessment of city soils' toxicity in soil-ecological monitoring. *Ecology of Urban Areas*. 2014. No. 2. Pp. 87–91. (In Rus.)]

Васенев В.И., Прокофьева Т.В., Макаров О.А. Разработка подхода к оценке запасов почвенного органического углерода мегаполиса и малого населенного пункта // Почвоведение. 2013. Т. 46. № 6. С. 725–736. [Vasenev V.I., Prokofeva T.V., Makarov O.A. The development of approaches to assess the soil organic carbon pools in megapolises and small settlements. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 6. Pp. 685–696. (In Rus.)]

Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т.В. Прокофьева, М.И. Герасимова, О.С. Безуглова и др. // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164. [Prokofyeva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S. et al. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 10. Pp. 959–967. (In Rus.)]

Водяницкий Ю.Н. Органическое вещество в городских почвах (обзор литературы) // Почвоведение. 2015. № 8. С. 921–931. [Vodyanitskii Yu.N. Organic matter

of urban soils: A review. *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48. No. 8. Pp. 921–931. (In Rus.)]

Гордиенко О.А., Балкушкин Р.Н. Пространственная неоднородность свойств почв рекреационных территорий г. Волгограда // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. Вып. 114. С. 92–116. [Gordienko O.A., Balkushkin R.N. Spatial heterogeneity of soil properties of recreational areas of Volgograd. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2023. Vol. 114. Pp. 92–116. (In Rus.)]

Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В. Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь, 2016. [Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Moskvina N.V. *Pochvy i tekhnogennyye poverkhnostnyye obrazovaniya urbanizirovannykh territoriy Perm'skogo Prikamya* [Soils and technogenic surface formations of urbanized territories of the Permian Kama region]. Perm, 2016.]

Ефремова В.А., Дабах Е.В., Кондакова Л.В. Химико-биологическая оценка состояния городских почв // Сибирский экологический журнал. 2013. № 5. С. 741–750. [Efremova V.A., Kondakova L.V., Dabakh E.V. A chemical and biological assessment of the state of urban soils. 2013. Vol. 6. No. 5. Pp. 561–568. (In Rus.)]

Качинский Н.А. Физика почвы. М., 1965. Ч. 1. [Kachinskii N.A. *Fizika pochvy* [Soil physics]. Moscow, 1965. Part 1.]

Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв / С.Г. Скугорева, Т.И. Кутявина, С.Ю. Огородникова и др. // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 57–65. [Skugoreva S.G., Kutayavina T.I., Ogorodnikova S.Yu. Integrated approach to environmental assessment of urban soil. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. No. 3. Pp. 57–65. (In Rus.)]

Коровина Е.А., Мальцева А.Д. Разнообразие и некоторые свойства почв районов многоэтажной застройки г. Чайковский // Фундаментальные и прикладные аспекты биологии: сб. ст. Международной конференции ученых-биологов. Пермь, 2023. С. 246–249. [Korovina E.A., Maltseva A.D. Diversity and some properties of soils in the multi-storey development area of Tchaikovsky. *Fundamentalnye i prikladnye aspekty biologii: Sbornik statei Mezhdunarodnoi konferentsii uchenyykh-biologov*. Perm, 2023. Pp. 246–249. (In Rus.)]

Критические нагрузки бенз(а)пирена на городские почвы / Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, С.Д. Власов и др. // Доклады Академии наук. 2017. Вып. 472. № 2. С. 210–214. [Kosheleva N.E., Kasimov N.S., Vlasov D.V. et al. Critical loads of benzo(a)pyrene on urban soils. *Doklady Earth Sciences*. 2017. Vol. 472. No. 1. Pp. 95–99. (In Rus.)]

Органические компоненты и биота в составе городского атмосферного пылеаэрозоля: потенциальное влияние на городские почвы / Т.В. Прокофьева, С.А. Шоба, Л.В. Лысак и др. // Почвоведение. 2021. № 10. С. 1247–1261. [Prokofyeva T.V., Shoba S.A., Lysak L.V. et al. Organic constituents and biota in the urban atmospheric solid aerosol: Potential effects on urban soils. *Eurasian Soil Science*. 2021. No. 10. Pp. 1532–1545. (In Rus.)]

Оценка засоления почв среднего по численности города (на примере Гусь-Хрустального Владимирской области) / Т.А. Трифонова, А.Г. Космачева, А.А. Марцев и др. // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 4. С. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398 [Trifonova T.A., Kosmacheva A.G., Martsev A.A. et al. Assessment of soil salinity in an average city (on the example of Gus-Khrustalny in Vladimir region). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 4. Pp. 384–398. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-4-384-398]

Оценка экологического риска в связи с накоплением тяжелых металлов в почвах городских лесов / О.З. Еремченко, В.С. Артамонова, С.Б. Бортникова и др. // Вестник Пермского университета. Биология. 2018. Вып. 1. С. 70–80. [Eremchenko O.Z., Artamonova V.S., Bortnikova S.B. et al. The estimation of ecological risk in connection with the heavy metals accumulation in soil of urban forests. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya*. 2018. Vol. 1. Pp. 70–80. (In Rus.)]

Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. Городские почвы: диагностика и классификационное определение по материалам научной экскурсии конференции SUITMA-9 по Москве // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1057–1070. [Prokofeva T.V., Gerasimova M.I. Urban soils: Biagnostics and taxonomic position according to materials of scientific excursion in Moscow at the SUITMA-9 workshop. *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 9. Pp. 995–1007. (In Rus.)]

Сайранова П.Ш., Еремченко О.З. Свойства псаммоземов камских надпойменных террас и оценка их устойчивости к загрязнению Cu и Cd // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 119. С. 66–97. [Sairanova P.Sh., Eremchenko O.Z. Properties of psammozems of the Kama terraces above the floodplain and assessment of their sustainability to pollution by Cu and Cd. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2024. Vol. 119. Pp. 66–97. (In Rus.)]

Синдирева А.В., Терентьев Г.Р. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий города Тюмени // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 57–76. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76 [Sindireva A.V., Terentev G.R. Ecological assessment of heavy metals and petroleum products in soils of roadside areas of Tyumen city. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 57–76. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76]

Справочник по оценке почв / В.Ф. Вальков, Н.В. Елисеева, И.И. Имгрунт и др. Майкоп, 2004. [Valkov V.F., Eliseeva N.V., Imgrunt I.I. et al. *Spravochnik po otsenke pochv* [Handbook on soil assessment]. Maykop, 2004.]

Сравнительная оценка состояния городских почв по их биологической активности / Т.А. Трифонова, О.Н. Сахно, О.Н. Забелина и др. // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2014. № 3. Рр. 23–27. [Trifonova T.A., Sakhno O.N., Zabelina O.N. et al. Comparative assessment of state of urban soils for their biological activity. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. 2014. No. 3. Pp. 23–27. (In Rus.)]

Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем. Н. Новгород, 2011. [Titova V.I., Dabakhova E.V., Dabakhov M.V. Agro- i biokhimicheskie metody issledovaniya sostoyaniya ekosistem [Agro- and biochemical methods for studying the state of ecosystems]. Nizhniy Novgorod, 2011.]

Jo H.K., McPherson E.G. Carbon storage and flux in urban residential green space. *J. Environ. Management*. 1995. Vol. 45. Pp. 109–133.

Lorenz K., Lal R. Biogeochemical C and N cycles in urban soils. *Environ. Intern.* 2000. Vol. 35. Pp. 1–8.

Mahaseth T., Kuzminov A. Potentiation of hydrogen peroxide toxicity: From catalase inhibition to stable DNA-iron complexes. *Mutation Research. Reviews in Mutation Research*. 2017. Vol. 773. Pp. 274–281.

O’Riordan R., Davies J., Stevens C. et al. The ecosystem services of urban soils: A review. *Geoderma*. 2021. Vol. 395. Pp. 1–12.

Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M. et al. Beyond urban legends: An emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study. *BioScience*. 2008. Vol. 58. Pp. 139–150.

Pouyat R.V., Pouyat R.V., Day S.D. et al. Forest and rangeland soils of the United States under changing conditions: A comprehensive science synthesis. Switzerland. 2020.

Vaseneva V.I., Van Oudenhovenc A.P.E., Romzaykinaa O.N. et al. The ecological functions and ecosystem services of urban and technogenic soils: From theory to practice (a review). *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 10. Pp. 1119–1132.

Статья поступила в редакцию 28.11.2024, принята к публикации 27.01.2025
The article was received on 28.11.2024, accepted for publication 27.01.2025

Сведения об авторах / About the authors

Мальцева Анастасия Дмитриевна – аспирант кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; ассистент кафедры физиологии растений и экологии почв, Пермский государственный национальный исследовательский университет

Anastasia D. Maltseva – post-graduate student at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University; assistant at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2849-6840>

E-mail: malseva15@gmail.com

Еремченко Ольга Зиновьевна – доктор биологических наук; профессор кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет

Olga Z. Eremchenko – Dr. Hab. in Biology; Professor at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3581-0874>

E-mail: eremch@psu.ru

Сайранова Полина Шамилевна – аспирант кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет; младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории биогеохимии техногенных ландшафтов Естественнонаучного института, ассистент кафедры физиологии растений и экологии почв биологического факультета, Пермский государственный национальный исследовательский университет

Polina Sh. Sairanova – post-graduate student at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology of the Faculty of Biology, Perm State National Research University; junior researcher at the Research Laboratory of Biogeochemistry of Technogenic Landscapes of the Institute of Natural Science, assistant at the Department of Plant Physiology and Soil Ecology, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4121-0859>

E-mail: sairanova.p@gmail.com

Кобелев Никита Алексеевич – магистрант направления «Картография и геоинформатика», Пермский государственный национальный исследовательский университет; инженер научно-исследовательской лаборатории биогеохимии техногенных ландшафтов Естественнонаучного института, Пермский государственный национальный исследовательский университет

Nikita A. Kobelev – MA-student of the program “Cartography and Geoinformatics”, Perm State National Research University; engineer at the Research Laboratory of Biogeochemistry of Technogenic Landscapes of the Institute of Natural Science, Perm State National Research University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3129-5568>

E-mail: amst3rz@gmail.com

Заявленный вклад авторов

А.Д. Мальцева – участие в сборе полевого материала; исследование образцов почвы; обработка, анализ и интерпретация результатов

О.З. Еремченко – научное редактирование текста статьи

П.Ш. Сайранова – участие в сборе полевого материала, обработка данных, подготовка иллюстративного материала

Н.А. Кобелев – подготовка иллюстративного материала

Contribution of the authors

A.D. Maltseva – participation in field data collection; soil sample analysis; processing, analysis, and interpretation of results

O.Z. Eremchenko – scientific editing of the article

P.Sh. Sayranova – participation in field data collection, data processing, preparation of illustrative material

N.A. Kobelev – preparation of illustrative material

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

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

УДК 631.412

М.Б. Рюмин

Иркутский государственный университет,
664003 г. Иркутск, Российская Федерация

Оценка экологического состояния почв на объектах скопления строительной техники

В ходе экспериментов на почвах строительных площадок Иркутского района и г. Иркутска определено содержание нефтепродуктов и проведено фитотестирование на проростках семян высших растений. Эксперименты проводились в лабораторных условиях. Анализ почв строительных площадок Иркутского района и г. Иркутска выявил наличие нефтепродуктов в составе загрязняющих компонентов, при этом их максимальная концентрация зафиксирована в поверхностном слое (0–10 см). Оценка фитотоксичности почв выявила существенное негативное воздействие загрязнения на рост растений – с угнетением корневой системы и снижением капиллярной влагоемкости.

Ключевые слова: фитотоксичность, капиллярная влагоемкость, нефтезагрязненная почва, почвы строительных площадок

Благодарности. Публикация подготовлена при поддержке гранта № 091-24-313. Выражаю признательность Юлии Владимировне Артеменко (Иркутский государственный университет) за помощь в определении массовой доли нефтепродуктов.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рюмин М.Б. Оценка экологического состояния почв на объектах скопления строительной техники // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 192–207. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

© Рюмин М.Б., 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



DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

M.B. Ryumin

Irkutsk State University,
Irkutsk, 664003, Russian Federation

Assessment of the ecological state of soils at sites of accumulation of construction machinery

In the course of experiments on the soils of construction sites in Irkutsk region and Irkutsk, the content of petroleum products was determined, and phytotesting was carried out on seedlings of seeds of higher plants. The experiments were conducted in a laboratory setting. An analysis of the soils of the construction sites of Irkutsk region and Irkutsk revealed the presence of petroleum products in the composition of polluting components, while their maximum concentration was recorded in the surface layer (0–10 cm). An assessment of soil phytotoxicity revealed a significant negative impact of pollution on plant growth, with inhibition of the root system and a decrease in capillary water capacity.

Key words: phytotoxicity, capillary moisture capacity, oil-contaminated soil, soils of construction sites

Acknowledgements. The publication was prepared with the support of grant No. 091-24-313.

I would like to thank Yulia V. Artemenko (Irkutsk State University) for her help in determining the mass fraction of petroleum products.

FOR CITATION: Ryumin M.B. Assessment of the ecological state of soils at sites of accumulation of construction machinery. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 192–207. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-192-207

Введение

Процессы урбанизации интенсивно протекают не только в России, но и в других странах. Вследствие интенсивной деятельности человека компоненты окружающей среды подвергаются различным преобразованиям, испытывают техногенное давление [Papa et al., 2010]. Экологическое состояние почвы требует особого внимания, поскольку транспорт, промышленность и строительные процессы создают значительную нагрузку на почву. В результате происходят изменения практически всех ее компонентов, что снижает способность почвы выполнять важные экологические функции [Ramsey et al., 2005; Uzoiye, Agunwamba, 2011].

Возрастает количество поллютантов и тяжелых металлов, поступающих в почву [Давыдова, Тарасов, 2002, с. 26–33; Юзефович, Кошелева, 2009; Ларионов, 2013; Несговорова и др., 2014; Определение содержания тяжелых металлов..., 2019]. Нефтепродукты, впитываясь благодаря капиллярным силам, загрязняют почву, что приводит к утрате плодородия на продолжительное время. Увеличение нефтепродуктов в почве урбанизированных территорий отмечают многие исследователи [Денисов и др., 2008; Bandyopadhyay et al., 2012; Рюмин и др., 2024]. Многие физические и физико-химические свойства почв в той или иной степени претерпевают изменения при нефтяном загрязнении [Rumin et al., 2023].

Комплексных исследований с целью оценки экологического состояния почв и грунтов на объектах скопления строительной техники Иркутского района и г. Иркутска ранее не проводились, что и оправдывает цель наших исследований.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись образцы почвы, отобранные из почвенных разрезов в зонах скопления строительной техники на различных строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска. Исследованием были охвачены восемь строительных объектов (табл. 1).

Почвы исследуемых участков относятся к антропогенно-преобразованным и идентифицируются как урбоземы, т.е. почвы, формирующиеся в условиях строительных объектов под влиянием городской застройки, процессов рекультивации, техногенного накопления и насыпных процессов [Классификация и диагностика почв..., 2004]. Они характеризуются высокой пространственной неоднородностью, вызванной загрязнением техногенными субстратами (строительный мусор, грунты, промышленные отходы) (табл. 2).

Таблица 1

Строительные объекты Иркутского района и г. Иркутска
[Construction sites of Irkutsk region and Irkutsk city]

№ участка [Plot number]	Объект [Object]	Адрес объекта [Address of the object]	Координаты [Coordinates]
1	Строительство жилого комплекса [Construction of a residential complex]	г. Иркутск, ул. Сурикова, д. 25 (Правобережный округ) [Irkutsk, Surikova st., 25 (Right-Bank District)]	52.291239, 104.276643
2	Строительство многоквартирного жилого дома [Construction of an apartment building]	г. Иркутск, ул. Профсоюзная, д. 56 (Свердловский округ) [Irkutsk, Profsoyuznaya st., 56 (Sverdlovsk District)]	52.276738, 104.259267
3	Строительство транспортной магистрали [Construction of a transport highway]	Иркутский район [Irkutsk region]	52.179624, 104.008236
4	Возведение жилого комплекса [Construction of a residential complex]	г. Иркутск, ул. Байкальская, д. 252а, корп. 1 (Октябрьский округ) [Irkutsk, Baikalskaya st., 252a, bldg. 1 (Oktyabrsky district)]	52.251787, 104.335262
5	Строительство очистных сооружений [Construction of treatment facilities]	г. Иркутск, ул. Байкальская, Плотина ГЭС (Октябрьский округ) [Irkutsk, Baikalskaya st., Hydroelectric power station dam (Oktyabrsky district)]	52.252600, 104.340923
6	Возведение здания отдыха [Construction of a recreation building]	г. Иркутск, ул. Старокузьмихинская, д. 37/3, парк «Поляна» (Свердловский округ) [Irkutsk, Starokuzmikhinskaya st., 37/3, Polyana Park (Sverdlovsk District)]	52.250713, 104.281579
7	Строительство гостиничного комплекса [Construction of a hotel complex]	г. Иркутск, б-р Гагарина, д. 22 (Правобережный округ) [Irkutsk, Gagarin blvd., 22 (Right Bank District)]	52.275453, 104.278402
8	Жилые здания [Residential buildings]	г. Иркутск, ул. Старокузьмихинская, д. 84, корп. 2 (Свердловский округ) [Irkutsk, Starokuzmikhinskaya st., 84, building 2 (Sverdlovsk District)]	52.237441, 104.292146

Таблица 2

Гранулометрический состав почв строительных объектов Иркутского района и г. Иркутска
[Granulometric composition of soils of construction sites of Irkutsk region and Irkutsk city]

Участок [Plot]	Образцы почвы [Soil samples]	Характеристика профиля [Profile characteristics]
1	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: суглинистый, рыхлый. Слой 10–15 см: супесчаный, уплотненный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: loamy, loose. Layer 10–15 cm: sandy loam, compacted]	Смешанный состав, преобладание суглинистых и супесчаных фракций. Значительное количество строительного мусора [Mixed composition, with a predominance of loamy and sandy loam fractions. Significant mount of construction waste]
2	Контроль: легкосуглинистый, рыхлый. Слой 0–10 см: суглинистый, уплотненный. Слой 10–15 см: суглинистый, переуплотненный [Control: light loamy, loose. Layer 0–10 cm: loamy, compacted. Layer 10–15 cm: loamy, over compacted]	Преобладание суглинистых фракций с тенденцией к уплотнению нижнего слоя. Присутствуют незначительные строительные включения [Predominance of loamy fractions with a tendency toward compaction of the lower layer. Minor construction inclusions a represent]
3	Контроль: легкосуглинистый, рыхлый. Слой 0–10 см: песчаный, плотный. Слой 10–15 см: суглинистый, переуплотненный [Control: light loamy, loose. Layer 0–10 cm: sandy, dense. Layer 10–15 cm: loamy, overcompactd]	Чередование песчаных и суглинистых слоев. Высокая степень уплотнения. Загрязнение асфальтом и каменными включениями [Alternating sandy and loamy layers. High degree of compaction. Contamination with asphalt and rock inclusions]
4	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Чередование супесчаных и суглинистых слоев. Незначительное загрязнение строительным мусором, возможны фрагменты бетона [Alternating sandy loam and loamy layers. Minor contamination with construction debris, possible concrete fragments]

5	Контроль: легкосуглинистый, умеренно плотный. Слой 0–10 см: глинистый, плотный. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: light loamy, moderately dense. Layer 0–10 cm: clayey, dense. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Преобладание глинистых и суглинистых фракций. Высокая водоудерживающая способность. Загрязнение строительными примесями, металлом и углеродистыми частицами [Predominance of clay and loam fractions. High water-holding capacity. Contamination with construction impurities, metal, and carbon particles]
6	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: супесчаный, умеренно уплотненный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: sandy loam, moderately compacted]	Преобладание супесчаных слоев. Наличие гумуса и органических остатков в верхнем слое. Примеси строительного мусора в нижнем слое [Predominance of sandy loam layers. Presence of humus and organic matter in the upper layer. Admixtures of construction debris in the lower layer]
7	Контроль: легкосуглинистый, умеренно плотный. Слой 0–10 см: суглинистый, рыхлый. Слой 10–15 см: глинистый, уплотненный [Control: light loamy, moderately dense. Layer 0–10 cm: loamy, loose. Layer 10–15 cm: clayey, compacted]	Преобладание суглинистых и глинистых фракций. Значительное загрязнение строительным и техногенным мусором [Predominance of loamy and clayey fractions. Significant pollution from construction and industrial waste]
8	Контроль: супесчаный, рыхлый. Слой 0–10 см: супесчаный, рыхлый. Слой 10–15 см: суглинистый, плотный [Control: sandy loam, loose. Layer 0–10 cm: sandy loam, loose. Layer 10–15 cm: loamy, dense]	Чередование супесчаных и суглинистых слоев. Наличие гумусированной прослойки в верхнем слое. Загрязнение каменным материалом, бетонными и металлическими фрагментами в нижнем слое [Alternating sandy loam and loamy layers. Presence of a humus layer in the upper layer. Contamination with rocky material, concrete, and metal fragments in the lower layer]

На каждом исследуемом участке были отобраны по три образца почвы с различных глубин (0–10; 10–15 см), и контрольный образец (0–10 см), взятый в непосредственной близости от строительного объекта, вне зоны антропогенного воздействия, для статистического анализа. Образцы подвергались воздушно-сухому высушиванию при комнатной температуре, после чего просеивались через сито с размером ячеек 1 мм. В них определяли капиллярную влагоемкость почвы по методу Н.А. Качинского [Качинский, 1965].

Общее содержание нефтепродуктов в почвенных пробах определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРАТ-02» (М 03-03-2012)¹.

Фитотоксичность испытуемых почвенных образцов оценивали аппликатным способом [Биотестирование..., 2017]. В чашки Петри (3 чашки Петри для контроля и 3 – для тестируемого образца) вносили предварительно увлажненную до 60% от полной влагоемкости почву слоем высотой 1 см. Во все чашки закладывали по 15 семян кресс-салата *Lepidium sativum*. Чашки Петри закрывали крышками и размещали в термостате при 20 °С. В течение опыта поддерживали влажность субстрата на одном и том же уровне, осуществляя регулярное взвешивание чашек и добавление воды с целью поддержания постоянного уровня влажности почвы. На седьмой день подсчитывали длину корней проростков в контрольных и опытных пробах. На основании этого параметра рассчитывали эффект торможения (E_t) по формуле:

$$E_t = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \times 100\%,$$

где E_t – эффект торможения, %; $L_{оп}$ – средняя длина корней в опыте, мм; L_k – средняя длина корней в контроле, мм.

Показателем токсического воздействия тестируемой почвенной пробы являлось уменьшение длины корней проростков по сравнению с контрольным вариантом (незагрязненная почва).

Для статистической обработки полученных данных применяли пакет программ Microsoft Excel. В работе приведены значения среднего арифметического и стандартное отклонение среднего арифметического (средняя квадратичная ошибка).

¹ Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов. Флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф 16.1:2.21-98. М., 1998.

Результаты

Капиллярная влагоемкость

Капиллярная влагоемкость – это способность почвы удерживать воду за счет капиллярных сил, варьировала в зависимости от физических свойств и глубины отбора проб.

В контрольных образцах наилучшая капиллярная влагоемкость (согласно классификации [Качинский, 1965]) наблюдалась на участках 1 (61,7%), 4 (52,3%), 5 (41,3%), 6 (63,4%). На участках 2, 3 и 8 влагоемкость контрольных образцов оценивалась как хорошая (39,5, 38,2, 34,1% соответственно), а на участке 7 – как удовлетворительная (28,4%). На строительных площадках в зоне загрязнения отмечено снижение капиллярной влагоемкости по сравнению с контролем. Снижение капиллярной влагоемкости в слое 0–10 см: на участке 1 (↓29,9%), на участке 2 (↓64,6%), на участке 3 (↓56,8%), на участке 4 (↓17,5%), на участке 5 (↓27,2%), на участке 6 (↓65,8%), на участке 7 (↓34,5%), на участке 8 (↓36,8%). В слое 10–15 см: на участке 1 (↓21,7%), на участке 2 (↓49,5%), на участке 3 (↓51,8%), на участке 4 (↓11,3%), на участке 5 (↓13,7%), на участке 6 (↓25,0%), на участке 7 (↓17,5%), на участке 8 (↓16,1%) (рис. 1).

Фитотоксичность

Данный метод является важным инструментом для оценки токсичности различных загрязняющих веществ, включая нефтепродукты. Основанная на реакции растений на изменения в окружающей среде, эта методика позволяет получить ценную информацию о воздействии загрязнения почвы на рост и развитие растений. В качестве исследуемого параметра использовался процент торможения роста корней проростков кресс-салата (*Lepidium sativum*).

Максимальное угнетение роста корневой системы зафиксировано на участке 2 (58,8% в слое 0–10 см и 40,0% в горизонте 10–15 см) и участке 3 (55,1 и 48,4% соответственно), что свидетельствует о высокой токсичности почвы. Значительное сокращение длины корней также отмечено на участке 6 (54,4 и 25,5%), что указывает на серьезное загрязнение (табл. 3).

На участках 4 и 5 влияние токсичных соединений минимально (от 11,0 до 16,9%), что говорит о более благоприятных условиях для роста растений. Умеренный уровень торможения (19,5–34,6%) наблюдается на участках 7 и 8, что свидетельствует о наличии загрязняющих веществ, но в меньших концентрациях. В большинстве случаев

в верхнем слое (0–10 см) токсичность проявляется сильнее, чем в горизонте 10–15 см, что может свидетельствовать о поверхностном характере загрязнения, связанном с воздействием нефтепродуктов и других вредных соединений.

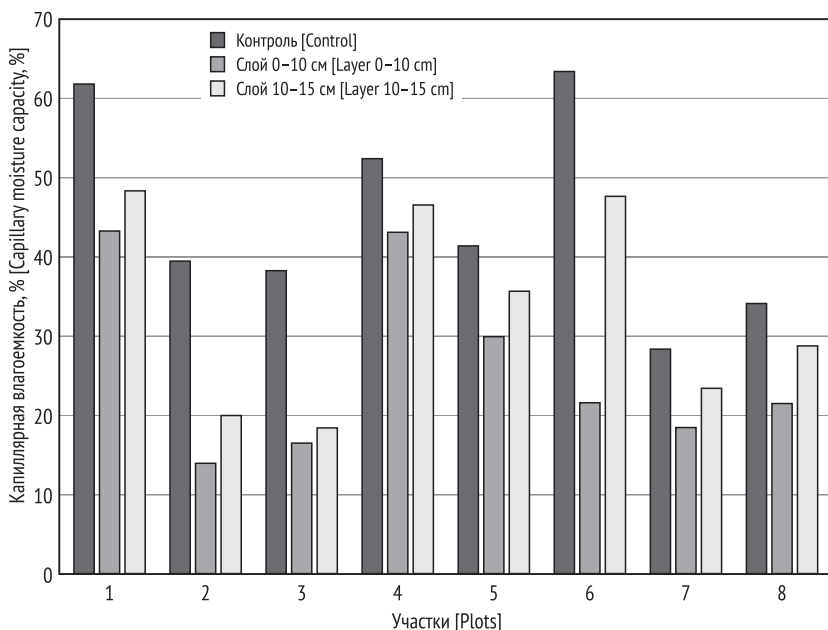


Рис. 1. Изменение капиллярной влагоемкости (%) почв в местах скопления строительной техники

Fig. 1. Changes in the capillary moisture capacity (%) of soils in places where construction machinery accumulates

Исключение составляет участок 2, где значительное угнетение роста (40,0%) отмечено даже на глубине 10–15 см, что может указывать на глубокое проникновение токсичных веществ. Наибольший уровень фитотоксичности выявлен на участках 2, 3 и 6, что выявляет значительное загрязнение почвы. В то же время на участках 4 и 5 степень токсического воздействия минимальна, что может свидетельствовать о более благоприятных почвенных условиях или низком уровне загрязнения. В целом, корреляция глубины отбора проб и уровня токсичности подтверждает предположение о преимущественно поверхностном характере загрязнения (см. табл. 3).

Таблица 3

**Массовая доля нефтепродуктов и изменение
фитотоксичности почв, отобранных
на строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска**
[Mass fraction of petroleum products and changes in phytotoxicity
of soils sampled at construction sites in Irkutsk region and Irkutsk city]

Образец [Sample]	Средняя длина корней [Average root length]	Эффект торможения, % [Inhibition effect, %]	Массовая доля нефтепродуктов в почве, мг/г [Mass fraction of petroleum products in soil, mg/g]
<i>Участок 1 [Plot 1]</i>			
Контроль [Control]	6,23 ± 0,45	–	0,15 ± 0,01
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,67 ± 0,18	25,04 ± 4,66	8,75 ± 0,18
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,88 ± 0,25	21,66 ± 6,75	6,32 ± 1,58
<i>Участок 2 [Plot 2]</i>			
Контроль [Control]	4,27 ± 0,20	–	1,65 ± 0,34
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	1,76 ± 0,28	58,78 ± 11,24	23,42 ± 1,75
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	2,56 ± 0,36	40,04 ± 8,11	18,63 ± 1,17
<i>Участок 3 [Plot 3]</i>			
Контроль [Control]	4,21 ± 0,16	–	1,77 ± 0,25
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	1,89 ± 0,22	55,10 ± 9,27	16,39 ± 1,41
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	2,17 ± 0,24	48,45 ± 9,74	12,15 ± 1,20
<i>Участок 4 [Plot 4]</i>			
Контроль [Control]	5,45 ± 0,19	–	0,23 ± 0,11
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,68 ± 0,26	14,12 ± 7,53	5,08 ± 1,28
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,85 ± 0,19	11,00 ± 5,88	3,64 ± 0,89
<i>Участок 5 [Plot 5]</i>			
Контроль [Control]	4,89 ± 0,09	–	1,25 ± 0,32
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	4,06 ± 0,14	16,97 ± 4,91	7,46 ± 1,54
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	4,35 ± 0,08	11,04 ± 2,66	5,35 ± 1,19

Окончание табл. 3

Образец [Sample]	Средняя длина корней [Average root length]	Эффект торможения, % [Inhibition effect, %]	Массовая доля нефтепродуктов в почве, мг/г [Mass fraction of petroleum products in soil, mg/g]
Участок 6 [Plot 6]			
Контроль [Control]	$6,42 \pm 0,25$	–	$0,05 \pm 0,01$
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	$2,93 \pm 0,36$	$54,36 \pm 9,51$	$21,93 \pm 1,63$
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	$4,78 \pm 0,27$	$25,54 \pm 7,32$	$12,78 \pm 1,33$
Участок 7 [Plot 7]			
Контроль [Control]	$3,58 \pm 0,18$	–	$5,22 \pm 0,65$
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	$2,34 \pm 0,21$	$34,63 \pm 10,06$	$18,34 \pm 1,61$
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	$2,88 \pm 0,19$	$19,55 \pm 9,50$	$15,88 \pm 1,44$
Участок 8 [Plot 8]			
Контроль [Control]	$3,93 \pm 0,11$	–	$2,34 \pm 0,25$
Слой 0–10 см [Layer 0–10 cm]	$2,71 \pm 0,22$	$31,04 \pm 9,42$	$14,71 \pm 1,20$
Слой 10–15 см [Layer 10–15 cm]	$3,08 \pm 0,15$	$21,62 \pm 6,11$	$11,08 \pm 0,86$

Определение массовой доли нефтепродуктов флуориметрическим методом

Флуориметрия – это метод количественного определения веществ, основанный на измерении их флуоресценции при возбуждении светом определенной длины волны. Он применяется для анализа органических и неорганических соединений, включая нефтепродукты, в почве, воде и воздухе.

Фоновое (контрольное) содержание нефтепродуктов на разных участках колеблется в пределах 0,05–5,2 мг/г, что говорит о низком уровне загрязнения в естественных условиях. Повышенные концентрации обнаружены в почвенных образцах с глубины 0–10 и 10–15 см, что указывает на проникновение загрязняющих веществ вглубь грунта.

Максимальное значение зафиксировано на участке 2 (0–10 см) – 23,4 мг/г, что свидетельствует о значительном локальном загрязнении.

В большинстве случаев концентрация нефтепродуктов снижается с глубиной, что может быть связано с процессами сорбции, разложения или миграции соединений.

Высокие уровни (до 21,9 мг/г) также отмечены на участках 6 и 7, что связано с хозяйственной деятельностью или разливами нефти (см. табл. 3).

Обсуждение

Максимальные значения капиллярной влагоемкости в контрольных образцах зафиксированы на участках 1, 4, 5 и 6 (61,7–63,4%). Здесь отмечается относительно незначительное снижение капиллярной влагоемкости в горизонте 10–15 см (от 11,3 до 25,0%), что свидетельствует о низкой степени техногенного воздействия, в частности, о минимальном загрязнении почв нефтепродуктами. Это, в свою очередь, способствует более стабильному удержанию влаги в нижних слоях почвенного профиля.

Наиболее значительное уменьшение капиллярной влагоемкости в горизонте 0–10 см зафиксировано на участках 2 (↓64,6%) и 6 (↓65,8%), что выявляет высокую степень загрязнения почв нефтепродуктами, приводящей к изменению водно-физических свойств почвы. Однако следует учитывать, что на влагоемкость почвы влияют и другие факторы, включая переуплотнение почвы, которое отмечено на участке 2.

Нефтепродукты, попадая в почву, оказывают комплексное негативное воздействие: они обволакивают почвенные частицы, формируя гидрофобную пленку, препятствующую смачиванию и удержанию воды. Кроме того, нефтепродукты могут разрушать структуру почвы, уменьшая ее пористость и затрудняя проникновение влаги вглубь профиля [Аринюшкина, 1970, с. 215–220; Пиковский, 1993, с. 85–92].

В слое 10–15 см наибольшая потеря влаги зарегистрирована на участках 3 (↓51,8%) и 2 (↓49,5%), что свидетельствует о глубинном загрязнении почвенного профиля техногенными соединениями, влияющее на водоудерживающую способность почвы.

Участки 2, 3 и 8 продемонстрировали хороший уровень капиллярной влагоемкости в контрольных образцах (34,13–39,46%). Однако значительное снижение показателя в горизонтах 0–10 см (↓36,8–64,6%) и 10–15 см (↓16,1–51,8%) может говорить о поступательном проникновении загрязняющих веществ в почвенный профиль, что приводит к ухудшению его водоудерживающих свойств и может негативно сказываться на водоснабжении растений. Удовлетворительная капиллярная влагоемкость зафиксирована на участке 7 (28,36%). В горизонте 0–10 см

показатель снизился на 34,5%, а в горизонте 10–15 см – на 17,5%, что свидетельствует о значительном уменьшении влагоемкости с глубиной, особенно в верхнем слое почвы. Помимо загрязнения нефтепродуктами, важную роль в этом процессе сыграло уплотнение почвы. Изменение структуры почвы под воздействием строительной техники стало дополнительным фактором, снижающим ее влагоемкость.

Исследование влияния нефтепродуктов на фитотоксичность почв, отобранных на строительных площадках Иркутского района и г. Иркутска, показало закономерное снижение средней длины корней растений при увеличении содержания загрязняющих веществ.

Контрольные участки демонстрируют наибольшую среднюю длину корней (4,21–6,42 см) при минимальном содержании нефтепродуктов (0,05–2,34 мг/г). В то же время на загрязненных образцах наблюдается выраженное угнетение роста корневой системы, достигающее 58,78% на глубине 0–10 см участка 2, где содержание нефтепродуктов составляет 23,42 мг/г.

Обнаружено, что эффект торможения роста корней увеличивается с увеличением концентрации нефтепродуктов в почве, достигая максимального значения при уровнях загрязнения выше 14 мг/г. На участках 6 и 7 с относительно низким содержанием нефтепродуктов (0,05–2,34 мг/г) торможение роста составляет 16,97–34,63%, тогда как на участках 2, 3 и 8 при концентрации нефтепродуктов выше 10 мг/г торможение достигает 54,36–58,78%.

Кроме того, обнаружена тенденция к снижению негативного воздействия нефтепродуктов с глубиной почвы. В большинстве участков на глубине 10–15 см длина корней была выше, чем на глубине 0–10 см, что указывает на частичное снижение фитотоксичности.

Таким образом, полученные данные подтверждают выраженный негативный эффект загрязнения почв нефтепродуктами на рост растений и указывают на зависимость токсичности от концентрации загрязняющих веществ и глубины залегания. Однако фитотестирование само по себе не позволяет определить химический состав загрязняющих веществ, а лишь фиксирует общий токсический эффект. Основным загрязняющим компонентом, подтвержденным анализами, являются нефтепродукты, однако нельзя исключать присутствие и других веществ, таких как тяжелые металлы. Данные о концентрации тяжелых металлов в почвах отсутствуют, но их возможное присутствие не исключается ввиду специфики техногенного загрязнения исследуемых территорий.

Выводы

1. Анализ почв на строительных площадках Иркутского района и Иркутска, выявил значительное загрязнение почв нефтепродуктами. Наибольшая концентрация загрязняющих веществ зафиксирована в поверхностных горизонтах (0–10 см), что указывает на преимущественно техногенную природу загрязнения.

2. Снижение капиллярной влагоемкости в зонах с высокой концентрацией нефтепродуктов свидетельствует о нарушении водоудерживающей способности почвы, хотя на этот показатель также могут влиять уплотнение и переуплотнение почвы.

3. Фитотестирование показало сильное угнетение роста растений в загрязненных образцах. Наибольшее торможение роста корневой системы кресс-салата *Lepidium sativum* выявлено на участках 2, 3 и 6.

4. Ввиду высокого уровня загрязнения почв нефтепродуктами требуется разработка и внедрение мероприятий по рекультивации данных территорий. Особое внимание следует уделить разработке технологий очистки верхних горизонтов почвенного покрова.

Библиографический список / References

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. [Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual of chemical analysis of soils]. Moscow, 1970.]

Биотестирование в экологическом контроле / В.А. Терехова, Д.М. Гершкович, М.М. Гладкова и др.; под ред. В.А. Тереховой. М., 2017. [Terekhova V.A., Gershkovich D.M., Gladkova M.M. et al. Biotestirovanie v ekologicheskom kontrole. [Biotesting in environmental control] V.A. Terekhova (ed.). Moscow, 2017.]

Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиранты XXI века. М., 2002. [Davydova S.L., Tagasov V.I. Tyazhelye metally kak supertoksikanty XXI veka [Heavy metals as supertoxicants of the 21st century]. Moscow, 2002.]

Денисов Е.П., Бурлака В.А., Бурлака И.В. Изменение экологического равновесия почв, загрязненных нефтепродуктами и пластовой жидкостью // Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова. 2008. № 2. С. 25–27. [Denisov E.P., Burlaka V.A., Burlaka I.V. Changes in the ecological balance of soils contaminated with oil products and formation fluid. Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova. 2008. No. 2. Pp. 25–27. (In Rus.)]

Качинский Н.А. Физика почвы. М., 1965. [Kachinskii N.A. Fizika pochvy [Soil physics]. Moscow, 1965.]

Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, М.И. Герасимова, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М., 2004. [Shishov L.L., Gerasimova M.I., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Moscow, 2004.]

Ларионов М.В. Особенности накопления техногенных тяжелых металлов в почвах городов Среднего и Нижнего Поволжья // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 189–194. [Larionov M.V. Features of accumulation of technogenic heavy metals in soils of cities of the Middle and Lower Volga region. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. No. 368. Pp. 189–194. (In Rus.)]

Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Иванцова Г.В. Возможности использования гвоздичных растений в индикации содержания тяжелых металлов в почве // Фундаментальные исследования. 2014. № 5-4. С. 765–771. [Nesgovorova N.P., Savelyev V.G., Ivantsova G.V. Possibilities of using clove plants in indicating the content of heavy metals in soil. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2014. No. 5-4. Pp. 765–771. (In Rus.)]

Определение содержания тяжелых металлов в почве и организме насекомых Московской области / Т.К. Атанасян, С.А. Муравьева, А.В. Стрючкова, Е.А. Елисеева // Социально-экологические технологии. 2019. Т. 9. № 4. С. 502–515. DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-502-515 [Atanasyan T.K., Muraveva S.A., Stryuchkova A.V., Eliseeva E.A. Determination of the content of heavy metals in soil and insects' organism of the Moscow region. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2019. Vol. 9. No. 4. Pp. 502–515. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-4-502-515]

Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М., 1993. [Pikovskii Yu.I. Prirodnye i tekhnogennye potoki uglevodorodov v okruzhayushchei srede [Natural and man-made flows of hydrocarbons in the environment]. Moscow, 1993. Pp. 85–92.]

Рюмин М.Б., Артеменко Ю.В., Лопатовская О.Г. Влияние нефтепродуктов на почвенное дыхание серой лесной почвы // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14. № 1. С. 108–120. DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120 [Ryumin M.B., Artemenko Yu.V., Lopatovskaya O.G. Impact of petroleum products on soil respiration gray forest soil. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2024. Vol. 14. No. 1. Pp. 108–120. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2024-14-1-108-120]

Юзефович А.М., Кошелева Н.Е. Загрязнение почв селитебной зоны Москвы и его связь с природными и антропогенными факторами // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 35–42. [Yuzefovich A.M., Kosheleva N.E. Pollution of soils in residential areas of Moscow and its relationship with natural and anthropogenic factors. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2009. No. 3. Pp. 35–42. (In Rus.)]

Bandyopadhyay K.K., Aggarwal P., Chakraborty D. et al. Practical manual on measurement of soil physical properties. New Delhi, 2012.

Papa S., Bartoli G., Pellegrino A., Fioretto A. Microbial activities and trace element contents in an urban soil. *Environ. Monit. Assess*. 2010. Vol. 165. No. 1–4. Pp. 193–203.

Ramsey P.W., Rillig M.C., Feris K.P. et al. Mine waste contamination limits soil respiration rates: A case study using quantile regression. *Soil Biol. Biochem*. 2005. Vol. 37. No. 6. Pp. 1177–1183.

Rumin M.B., Cherkasov D.V., Lopatovskaya O.G. et al. Effect of oil and surfactants on changes in some physical properties of soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. No. 1229 (1). 012039.

Uzoije A.P., Agunwamba J.C. Physiochemical properties of soil in relation to varying rates of crude oil pollution. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2011. Vol. 4. Pp. 313–323. DOI: 10.3923/jest.2011.313.32315

Статья поступила в редакцию 21.02.2025, принята к публикации 19.03.2025

The article was received on 21.02.2025, accepted for publication 19.03.2025

Сведения об авторе / About the author

Рюмин Максим Борисович – аспирант кафедры почвоведения и земельных ресурсов биолого-почвенного факультета, Иркутский государственный университет

Maxim B. Ryumin – postgraduate student at the Department of Soil Science and Land Resources of the Faculty of Biology and Soil Science, Irkutsk State University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4762-4613>

E-mail: maksim.ryumin@mail.ru

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-208-248

УДК 574.4

**Е.А. Шишконокова¹, Н.А. Аветов²,
Т.Ю. Толпышева², Ю.А. Лебедь²**

¹ Почвенный институт имени В.В. Докучаева,
119017 г. Москва, Российская Федерация

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

Разнообразие сосново-кустарничково-сфагновых болот природного парка «Нумто» (ХМАО – Югра)

Несмотря на рост в последние десятилетия числа исследований сосново-кустарничково-сфагновых болот (рямов) подзоны северной тайги Западной Сибири, их биогеоценотическое разнообразие остается до конца не познанным. В процессе полевых работ, проведенных на территории южной части природного парка «Нумто» и включавших геоморфологические, фитоценотические, почвенные исследования, были выделены и охарактеризованы 6 подтипов рямов – типичный («центральный образ»), с вкраплением мелких мочажин, приозерный, мелкозалежный, лишайниковый (регрессивный), олиго-мезотрофный. Определена приуроченность к торфяным почвам, выявлено видовое разнообразие растительности этих биогеоценозов. На обследованных площадках суммарно зарегистрировано 26 видов сосудистых растений, 57 видов мохообразных и 69 видов

© Шишконокова Е.А., Аветов Н.А., Толпышева Т.Ю., Лебедь Ю.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



лишайников. Произведенная оценка выделенных подтипов по экологическим шкалам Г. Элленберга позволила установить их дифференциацию по ряду экологических факторов и свойств почв (освещенность, температура, континентальность, среди почвенных свойств – влажность, кислотность, богатство азотом). Выраженные отличия подтипов установлены для температуры и влажности почв, а также по фактору освещенности. Повышенной теплообеспеченностью биогеоценозов относительно других подтипов характеризуется приозерный подтип рьяма. Подтипы мелкозалежного и лишайникового рьяма отличаются наиболее низкими показателями как в отношении влажности, так и континентальности, что, возможно, определяет невысокое видовое разнообразие этих подтипов. В свою очередь, к наиболее освещенным относятся подтипы центрального образа рьяма и приозерного рьяма. Приозерный рям также характеризуется наиболее низкими баллами по шкалам кислотности и богатства азотом почв.

Ключевые слова: рьямы, фитоиндикация, экологические шкалы Г. Элленберга, факторы среды, торфяные почвы

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Авторы выражают благодарность за помощь в определении мохообразных Е.А. Игнатовой (биологический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова), Ю.С. Мамонтову (Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН), М.Н. Кожину и Е.А. Боровичеву (Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Разнообразие сосново-кустарничково-сфагновых болот природного парка «Нумто» (ХМАО – Югра) / Е.А. Шишконокова, Н.А. Аветов, Т.Ю. Толпышева, Ю.А. Лебедь // Социально-экологические технологии. 2025. Т. 15. № 2. С. 208–248. DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-208-248

DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-208-248

**E.A. Shishkonankova¹, N.A. Avetov²,
T.Yu. Tolpysheva², Yu.A. Lebed²**¹ V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Moscow, 119017, Russian Federation² M.V. Lomonosov Moscow State University,
Moscow, 119991, Russian Federation

Diversity of pine-shrub-sphagnum bogs of the Numto Nature Park (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra)

Despite the increase in the number of studies of pine-shrub-sphagnum bogs (riams) of the northern taiga subzone of Western Siberia in recent decades, the full extent of their biogeocenotic diversity remains unknown. During field work conducted in the southern part of the Numto Nature Park that included geomorphological, phytocenotic, and soil studies, 6 subtypes of riams were identified and characterized: typical ("central image"), interspersed with small hollows, lakeside, shallow-layered, lichen (regressive), and oligo-mesotrophic. Their association with peat soils was determined, and the species diversity of the vegetation of these biogeocenoses was revealed. A total of 26 species of vascular plants, 57 species of bryophytes and 69 species of lichens were noted on the surveyed sites. The assessment of the identified subtypes using the ecological scales of H. Ellenberg allowed us to differentiate them by a number of ecological factors and soil properties (illumination, temperature, continentality, and among soil properties – humidity, acidity, and nitrogen content). Significant differences between the subtypes were established for soil temperature and humidity, as well as for the illumination factor. The lakeside riam subtype is characterized by increased heat supply of biogeocenoses relative to other subtypes. The subtypes of shallow-layered and lichen riam are distinguished by the lowest indicators both in terms of humidity and continentality, which may determine the low species diversity of these subtypes. In turn, the most illuminated subtypes include the central image of the riam and the lakeside riam. The lakeside riam is also

characterized by the lowest scores on the acidity and nitrogen richness scales of the soils.

Key words: riams, phytoindication, ecological scales of H. Ellenberg, environmental factors, peat soils

Acknowledgments. This study was conducted as part of a state assignment from Lomonosov Moscow State University.

The authors are grateful for assistance in identifying bryophytes from E.A. Ignatova (Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University), Yu.S. Mamontov (N.V. Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences), and M.N. Kozhin and E.A. Borovichev (Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences).

FOR CITATION: Shishkonankova E.A., Avetov N.A., Tolpysheva T.Yu., Lebed Yu.A. Diversity of pine-shrub-sphagnum bogs of the Numto Nature Park (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2025. Vol. 15. No. 2. Pp. 208–248. (In Rus.). DOI: 10.31862/2500-2961-2025-15-2-208-248

Введение

Сосново-кустарничково-сфагновые биогеоценозы (рямы) занимают обширные пространства Западной Сибири, являясь неотъемлемым элементом природных болотных комплексов таежной зоны. Наличие выраженного древесного яруса, представленного в основном болотными формами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), и господство в моховом покрове *Sphagnum fuscum* – главные признаки, обособляющие этот тип биогеоценоза от других типов олиготрофных болот. Несмотря на то, что развитие сфагнового покрова и накопление в большей степени сфагнового торфа служит фактором подавления роста древесной растительности [van Breemen, 1995], на рьямах за счет сравнительно низкого залегания болотных вод и, соответственно, хорошей аэрации в корнеобитаемом слое создаются условия, благоприятствующие развитию древесного яруса [Лисс и др., 2001].

Рямы в Западно-Сибирской низменности обычны для крупных болотных систем, где соседствуют с грядово-мочажинными комплексами, тяготея при этом к наиболее дренированным склонам и окружающим озера территориям [Ильина и др., 1985]. В долине Оби рямы распространены на всех надпойменных террасах, однако доля их среди верховых болот особенно велика на второй террасе, где они нередко полностью слагают болотные массивы, образовавшиеся в небольших котловинах

округлых очертаний. Весьма часто рямы формируются внутри водораздельных лесоболотных ландшафтов, образуя сложные по конфигурации геосистемы, в пределах которых они чередуются с таежными участками [Лисс и др., 2001].

Исторически западносибирские рямы сначала рассматривали как южнотаежный болотный тип [Шумилова, 1962], затем – как в большей мере свойственные среднетаежной подзоне [Ильина и др., 1985], либо в целом обеим подзонам – южной и средней тайги [Березина и др., 1973]. Ряд авторов обращают внимание на значительное число ассоциаций (более 30), выявленных в растительном покрове различных географических вариантов рямов [Лисс и др., 2001, Валеева и др., 2008].

Систематическое исследование северотаежных рямов как специфического подтипа болот Западной Сибири оказалось смещено к концу XX – началу XXI в., что было связано с более поздним промышленным освоением этой подзоны. К этому временному рубежу относятся и исследования, показывающие неоднородность структуры растительности рямов в северной половине таежной зоны. В частности, в работе О.Л. Лисс и Т.Ю. Толпышевой (2005), посвященной развитию сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозов в Салымо-Юганской болотной системе, особое внимание было уделено специфике растительности, с одной стороны, участков, прилегающих к минеральным гривам с сосняками-беломошниками, а с другой – территорий, занимающих склоны и центр выпуклого водораздела. Рямы, расположенные в контактной полосе между болотом и лесом, характеризуются значительным покрытием таежных и таежно-болотных видов – *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *Carex globularis*. В моховом покрове к *Sphagnum fuscum* нередко примешивается *S. capillifolium* и небольшими вкраплениями – *S. divinum* и *S. angustifolium*, при этом в наиболее увлажненных местобитаниях (лагги, микромочажины) доминирующая роль может переходить к отличающемуся повышенной трофностью *S. fallax*. Для рямов «склоновых» геоморфологических позиций отмечено постепенное развитие микромочажин с активным внедрением по ним *S. balticum*, *S. angustifolium*, *S. majus*. В то же время рямы центральных выпуклых областей крупных болотных массивов отличаются возрастающим покрытием лишайников, что, по мнению авторов, свидетельствует о постепенном развитии их в грядово-мочажинно-регрессивные комплексы фитоценозов.

В свою очередь, И.В. Филиппов и Е.Д. Лапшина (2008) на примере одного из северо-западных участков Салымо-Юганской болотной системы в рамках типа ландшафта сосново-кустарничково-сфагновых болот

Среднего Приобья выделяют рослые ямы, собственно ямы и ямово-мелкоочажинные комплексы. Рослые ямы характеризуются высотой древостоя 8–10 м, сформированного *Pinus sylvestris* f. *uliginosa* с примесью *Betula pubescens* и *Pinus sibirica*, и доминированием в моховом покрове *Sphagnum angustifolium*. Собственно ямы отличаются менее высоким древесным ярусом (до 3–4 м), образованным *Pinus sylvestris* f. *litwinowii* и f. *willkommii*, преобладанием в моховом ярусе *Sphagnum fuscum* и вкраплениями в него лишайников. Отдельно авторы выделяют ямово-мелкоочажинные комплексы, отличающиеся от типичного яма вкраплением небольших очажин с моховым покровом, сформированным главным образом *S. balticum*.

Следует отметить, что одним из импульсов подробного изучения болот на севере таежной зоны послужила организация в 1997 г. природного парка «Нумто», отличающегося значительным разнообразием болотных экосистем. В начале XXI в. были выявлены особенности флоры и растительного покрова северотаежных болот, в том числе и сосново-кустарничково-сфагнового типа [Лисс и др., 2001; Шалатов, 2007, 2009; Валеева и др., 2008; Парк «Нумто»..., 2017; Лапшина и др., 2018; Вережкина, Лапшина, 2019; Толпышева, Шишконокова, 2019 и др.].

Одно из главных отличий растительности северотаежных ям от среднетаежных заключается в существенном увеличении примеси сосны сибирской (*Pinus sibirica*) в древостое. Для северной части парка «Нумто» Э.И. Валеева с соавторами описывают ямы с доминированием в древесном ярусе *P. sibirica* с примесью *P. sylvestris* [Валеева и др., 2008]. Нами в центральной части парка также были встречены участки подобных приречных ям, однако в данной работе, охватывающей юг парка, этот тип ям не рассматривается.

На территории парка, расположенной южнее и юго-западнее озера Нумто, распространены кустарничково-сфагновые и кустарничково-лишайниковые редко облесенные сосной и единичными кедрами сообщества, ближе к югу парка, в районе Сибирских увалов, ямы приобретают черты, более свойственные среднетаежным вариантам [Там же].

Д.В. Московченко с соавторами (2017) разделяют облесенные сосной болота парка «Нумто» на две группы. К первой относят лесные болотные микроландшафты сосново-сфагново-кустарничкового типа, примыкающие к суходолам, минеральным островам, рекам, ручьям, крупным озерам. Для них характерно доминирование в травяно-кустарничковом ярусе *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*, к которым примешиваются *Eriophorum vaginatum* и осоки.

Моховой ярус в основном образуют сфагновые мхи. Микроландшафты второй группы обычно приурочены к окраинам олиготрофных болотных комплексов и отличаются, по сравнению с болотами первой группы, более разреженным ярусом из угнетенной сосны. Во вторую группу авторы включают широкий спектр мохово-лесных болот-рямов. Наиболее распространенные из них в парке – сфагново-кустарничково-сосновые, в южной части нередко кустарничково-сфагновые, кустарничково-лишайниковые облесенные *Pinus sylvestris*, на севере парка – *P. sibirica*. Для растительного покрова этих рямов свойственно преобладание в кустарничковом ярусе *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium vitis-idaea*, видов рода *Oxycoccus*, а кроме сфагновых мхов обычно присутствие зеленых мхов и лишайников. По оценке Д.В. Московченко с соавторами (2017), общая площадь двух описанных выше групп микроландшафтов составляет 6,9% от площади всех болот парка.

По данным Е.Л. Веревкиной с соавторами (2021), на сосново-кустарничково-сфагновых болотах (северных рямах) парка «Нумто» представлены 21 вид высших сосудистых растений, 31 вид мхов и печеночников, 16 видов лишайников. Вместе с тем, с биогеоценотической точки зрения разнообразие рямов северной тайги и, в частности, парка «Нумто», продолжает оставаться недостаточно познанным.

При наличии хорошо известного «центрального образа» рямов, выделенного и описанного в рамках сосново-кустарничково-сфагнового типа биогеоценотической классификации болот, предложенной О.Л. Лисс с соавторами [Лисс и др., 2001, с. 237–242], определенная доля их территории подвергается модификации в результате влияния со стороны граничащих с рямами экосистем – таежных лесов, крупных озер ледникового генезиса, грядово-мочажинных и различных мезотрофных болот. Кроме того, свою лепту в разнообразие рямов вносят регрессивные явления в болотообразовании [Шишконокова и др., 2016], также способствующие формированию их специфических вариантов.

Не претендуя на полноту выявления, мы предлагаем выделить шесть подтипов биогеоценозов сосново-кустарничково-сфагновых болот, достаточно распространенных в южной половине парка «Нумто» и физиономически хорошо различимых:

- 1) типичный («центральный образ»);
- 2) с вкраплением мелких мочажин;
- 3) приозерный;
- 4) мелкозалежный;
- 5) лишайниковый (регрессивный);
- 6) олиго-мезотрофный.

Цель работы заключается в расширении информационной базы о биогеоценозах рямов северной тайги и в выявлении на этой основе возможности обособления подтипов сосново-кустарничково-сфагновых биогеоценозов по ряду экологических параметров, в том числе предусмотренных шкалами ординации Г. Элленберга [Ellenberg, 1974], широко применяемых в экологических исследованиях.

Материалы и методы

Природный парк «Нумто» располагается в центральной части Западно-Сибирской равнины на севере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на границе с Ямало-Ненецким автономным округом. Площадь парка составляет 597 189,5 га [Веревкина, Лапшина, 2023].

Характерной особенностью ландшафтов природного парка «Нумто» является большой процент покрытия территории торфяными болотами, которые в среднем занимают до 63% площади всего парка, в то время как площадь лесов составляет около 23,3%. Без учета многочисленных мелких внутриболотных озерков 13,7% площади акватории приходится на крупные озера, реки и старицы [Валеева и др., 2008].

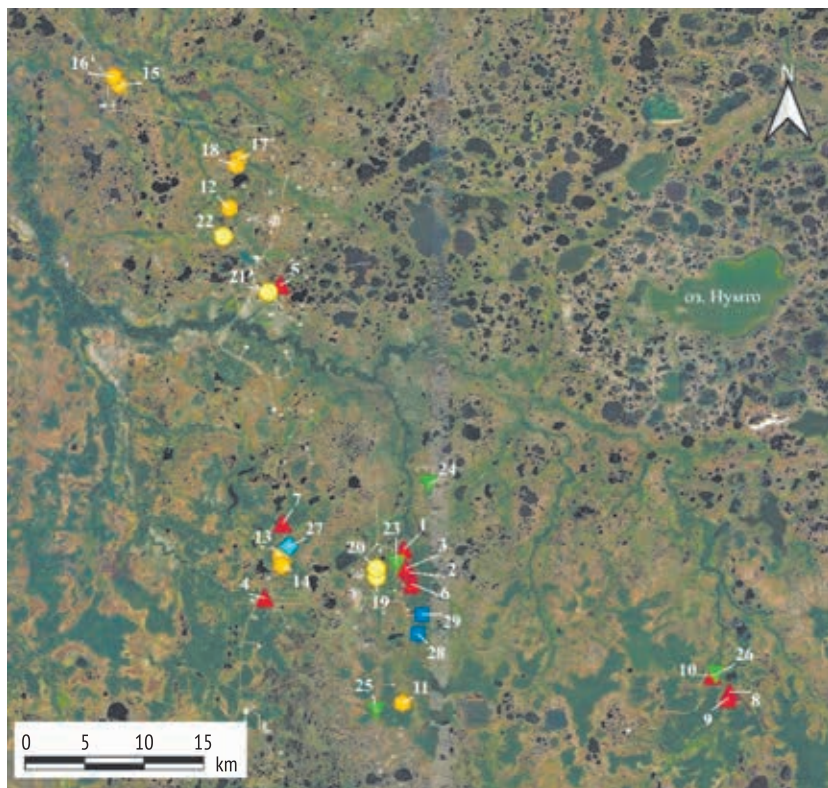
Территория парка относится к северотаежной подзоне лесной зоны Западной Сибири. Согласно схеме физико-географического районирования Н.А. Гвоздецкого с соавторами (1973), ландшафты северной и центральной частей парка относятся к Надымской провинции, в то время как самая южная часть парка входит в провинцию Сибирские увалы.

Исследованием, приведенным в настоящей работе, охвачены главным образом ландшафты северного макросклона провинции Сибирские увалы и юга Надымской провинции. Если Сибирские увалы представляют собой сравнительно дренированную территорию с более благоприятными лесорастительными условиями, то Надымская провинция отличается крайне высокой заболоченностью.

Всего на территории парка было заложено и обследовано 29 участков с рьями (рис. 1). Из них к подтипу типичного рья («центральный образ») отнесено 10, с вкраплением мелких мочажин – 8, приозерного – 4, мелкозалежного – 4, лишайникового (регрессивного) – 1, олиго-мезотрофного – 2 (рис. 2).

К мочажинам мы относим выраженные понижения на рьях, где происходит поступательное торфонакопление за счет произрастающих там сфагновых и, в меньшей степени, гипновых мхов. В отличие от мочажин для регрессивных ям характерно днище из минерального субстрата, перекрытое тонкой пленкой печеночников, в ряде случаев с малым участием листостебельных мхов, реже – лишайников. В регрессивных

ямах торфонакопление резко замедленно или временно прекращено, что часто косвенно проявляется в выраженном перепаде микрорельефа, достигающем в этом случае наибольшей амплитуды в условиях рямов. В то же время присутствуют и промежуточные варианты микропонижений, в которых сочетаются как регрессивные процессы, так и торфонакопление.



Подтипы рямов [Subtypes of riams]

- ▲ Типичный («центральный образ») [Typical «central image»] riam
- С вкраплением мелких мочажин [Interspersed with small hollows]
- ◆ Лишайниковый (регрессивный) [Lichen (regressive) riam]

- Приозерный [Lakeside riam]
- ▼ Мелкозалежный [Shallow-layered riam]
- Олиго-мезотрофный [Oligo-mesotrophic riam]

Рис. 1. Карта расположения обследованных пробных площадей с выделенными подтипами рямов

Fig. 1. Map of the location of the studied sites with suggested subtypes of riams

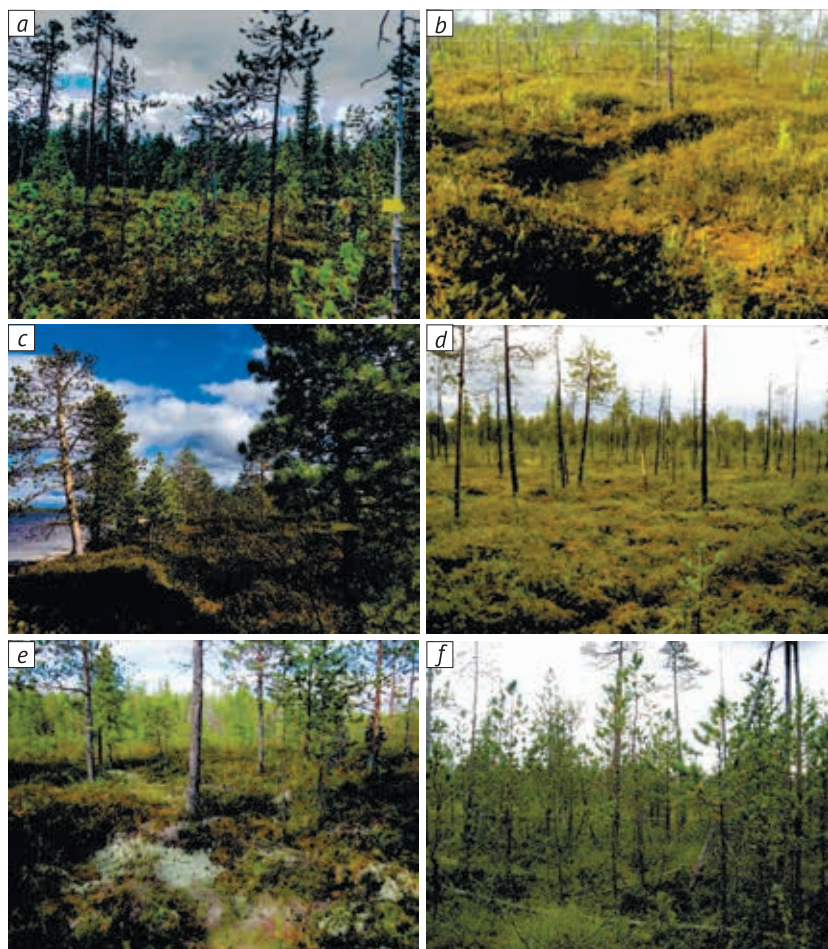


Рис. 2. Подтипы рямов:

- a* – типичный («центральный образ»);
- b* – с вкраплением мелких мочажин;
- c* – приозерный; *d* – мелкозалежный;
- e* – лишайниковый (регрессивный);
- f* – олиго-мезотрофный

Fig. 2. Subtypes of riams:

- a* – typical («central image»);
- b* – interspersed with small hollows;
- c* – lakeside riam; *d* – shallow-layered;
- e* – lichen (regressive);
- f* – oligo-mesotrophic riam

Для каждой пробной площади были составлены полные геоботанические описания по стандартным методикам [Полевая геоботаника, 1959–1976]. Видовой состав травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов растительного сообщества был описан на пробных площадях 100 м^2 ($10 \times 10 \text{ м}$). Зона для выявления особенностей древесного яруса составляла 400 м^2 , она захватывала собственно пробную площадь и прилегающие к ней по периметру участки рям. Пробные площади были привязаны к системе координат с использованием датчика GPS (Garmin Etrex 10), при этом на основе как полевых наблюдений, так и анализа космических снимков устанавливалась ландшафтная приуроченность рассматриваемых участков болот.

На пробных площадях определялись сомкнутость древесного яруса (в долях единицы) и общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов (в процентах), производился учет видового состава растительного сообщества.

Обилие-покрытие сосудистых растений в пределах пробной площади оценивалось по комбинированной шкале Браун-Бланке, видов мохово-лишайникового яруса в процентах, также измерялись высота видов, определялись их фенофаза и жизненность.

Был охарактеризован болотный микрорельеф и приуроченность к нему видов сообщества.

Отбор колонок торфа производился с помощью бура Гиллера, были выделены генетические горизонты олиготрофных торфяных почв, выявлен их ботанический состав и установлен литологический состав подстилающего торф минерального ложа.

На основе составленных полевых описаний растительности (использовались данные по травяно-кустарничковому ярусу) была проведена экологическая оценка среды по шкалам Г. Элленберга, включающая факторы освещенности, температуры, континентальности, влажности и кислотности почв, а также богатство их азотом.

Латинские названия (табл. 1) сосудистых растений даны с некоторыми дополнениями по «Конспекту флоры Азиатской России» [Baykov, 2012], мхов и печеночников – по «An annotated checklist of bryophytes of Europe» [Hodgetts et al., 2020], лишайников – по Index Fungorum. Гербарий трудноопределяемых видов растений и лишайников передан в Гербарий им. Д.П. Сырейщикова (MW).

Результаты и обсуждение

Наряду с характерными для рямов общими чертами (выраженный древесный ярус и господство покрова из *Sphagnum fuscum*), выделенные подтипы рямов отличаются друг от друга рядом особенностей, среди

которых – геоморфологическая приуроченность, мощность торфяной залежи, обводненность, видовой состав растительности (в т.ч. доминанты соответствующих ярусов), высота древостоя и растений травяно-кустарничкового яруса, общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, кроме того, проективное покрытие, образованное только эпигейными лишайниками. Важное значение для обособления подтипов приобретают особенности микро- и нанорельефа (высота кочек и занятая ими площадь (в процентах), наличие микромочажин и/или регрессивных ям и доля площади, ими занятой).

В целом рямы северного типа, представленного в южной части парка «Нумто», характеризует низкая сомкнутость древостоя, местами не образующего выраженного яруса. Доминирует *Pinus sylvestris* болотных форм, при этом примесь *P. sibirica* в составе древесного яруса присутствовала не на всех обследованных пробных площадях, а только в 66% случаев, на остальных пробных площадях кедр отмечался только в качестве подроста. Характерная формула древостоя для рямов с участием *P. sibirica* была представлена следующими вариантами: 8С2К, 9С1К, 10С+К, реже 7С3К. Высота древостоя, а также участие в его составе других видов (кроме *P. sylvestris*) определяются в первую очередь глубиной залежи и трофностью местообитания.

Кустарниковый ярус на всех обследованных пробных площадях образован *Betula nana*, но часто она является низкорослой и из-за этого не выделяется по высоте из травяно-кустарничкового яруса, в ряде случаев (на 6% пробных площадей) она доминирует в его составе. Из кустарничков на большинстве участков (38%) наиболее обилен *Ledum palustre*, на меньшем количестве пробных площадей (по 10%) роль доминанта переходит к *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*, еще реже (6%) – к *Empetrum nigrum*. На остальных пробных площадях присутствуют несколько равнозначных по обилию видов кустарничков.

В сложении травяно-кустарничкового яруса обследованных рямов весьма значима роль болотных трав, из них выделяется морошка, местами она становится доминирующим видом. В то же время отмечается группа трав, позволяющих дифференцировать экологические условия на различных подтипах рямов, в частности, *Carex globularis* выступает индикатором маломощных торфяных почв, а присутствие и значительная доля влаголюбивых трав (пушиц и осок) указывают на повышенный в целом уровень болотных вод.

Моховой ярус формируется преимущественно гигрофитным *Sphagnum fuscum*, присутствие других гигрофитных и гигро-гидрофитных видов сфагновых мхов определяется большей частью выраженностью микрорельефа. На кочках самым распространенным мхом после

Sphagnum fuscum выступает *Pleurozium schreberi* (83% – здесь и далее указан процент встречаемости от общего количества пробных площадей). В межкочечных понижениях чаще всего встречаются *Sphagnum balticum* (45%), *S. angustifolium* (38%). В микромочажинах наиболее обычен *S. balticum* (31%). Среди печеночников преимущественное распространение получила *Mylia anomala*, отмеченная на кочках на 66% участков и на 28% – в межкочечных понижениях и микромочажинах. Значительное участие *M. anomala* свидетельствует о развитии регрессивной стадии болотообразовательного процесса [Толпышева, Шишконокова, 2017]. В регрессивных ямах чаще других печеночников встречается *Gymnocolea inflata* (14%).

Большинство выявленных нами на рямах видов лишайников характерны для заболоченных регионов Западной Сибири [Седельникова, 2017]. Среди эпигейных лишайников преобладают виды семейства Cladoniaceae, среди эпифитных – Parmeliaceae.

Покрытие, образованное эпигейными лишайниками, для большинства обследованных пробных площадей составляет в среднем 3–5%, редко оно достигает 20% и более. Как правило, увеличение площади проективного покрытия происходит за счет кустистых видов рода *Cladonia* (подрод *Cladina*).

Виды с шиловидными и трубчатыми подециями обычно встречаются в смеси друг с другом или образуют небольшие пятна и чаще приурочены к оголенному торфу, что отмечалось нами ранее [Толпышева, Шишконокова, Аветов, 2015]. К числу чаще встречающихся эпигейных лишайников на обследованных сосново-кустарничково-сфагновых болотах принадлежат *Cladonia rangiferina* (83%), *C. stellaris* (62%), *C. cornuta* (52%), *C. deformis* (45%), *C. crispata* (41%).

Видовой состав эпифитных лишайников во всех рассматриваемых в данной работе подтипах ряма во многом совпадает, что обусловлено сходным видовым составом деревьев и кустарничков, при этом небольшие различия выявляются на пробных площадях с большим разнообразием древесных пород, сопряженным, в свою очередь, с суглинистым характером подстилающих торф отложений или с близостью к сграм рек.

На обследованных участках прежде всего встречались *Evernia mesomorpha* (86%), *Hypogymnia physodes* (86%), *Parmeliopsis ambigua* (83%), *Vulpicida pinastri* (83%), *Cetraria sepincola* (76%), *Parmeliopsis hyperopta* (72%), *Bryoria furcellata* (62%), *Imshaugia aleurites* (52%) – виды эпифитов, характерные для болот бореальной зоны Западной Сибири [Толпышева, Шишконокова, 2019].

Общая характеристика выделенных подтипов рямов

1. Рямы «центрального образа»

Широкое распространение в парке получили типичные рямы, или рямы «центрального образа». Они обычно приурочены к центральным частям дренированных олиготрофных болот, однако могут примыкать и к минеральным островам с лесными массивами. Микрорельеф участков этой группы образуют кочки, занимающие большую часть поверхности (до 70–90%), высота кочек достигает в среднем 50 см, спорадически присутствующие микромочажины занимают менее 2–3% поверхности болота, выделяясь на общем фоне моховым покровом, состоящим в значительной мере из *Sphagnum balticum* и *Warnstorfia fluitans*. Кроме того, в этом подтипе рямов местами встречаются регрессивные ямы, почвенная поверхность которых покрыта пленкой печеночников (*Gymnocolea inflata*, *Cladopodiella fluitans*), нередко с вкраплениями *Sphagnum compactum*. На одном из рямов центрального образа в регрессивных ямах были отмечены отдельные экземпляры *S. subfulvum* и *S. squarrosum*.

Эпигейные лишайники занимают в среднем до 3–5% площади, причем преобладающим видом является *Cladonia rangiferina*. Особенно часто вкрапления лишайников отмечаются на вершинах кочек и вокруг стволов деревьев, реже на склонах кочек. В экотонной зоне найдены виды рода *Peltigera*, отсутствующие на рямах других подтипов.

Для древесного яруса характерны формулы древостоя 9С1К, 10С+К. При подстилании торфа супесчано-песчаными породами в древесном ярусе преобладает *Pinus sylvestris* f. *litwinowii* (до 4–6 м высотой), местами к ней примешивается *P. sylvestris* f. *uliginosa* (до 6–8 м высотой) и *P. sibirica* (до 8 м). На пробных площадях, заложенных на Сибирских увалах, в более богатых по трофности местообитаниях с преобладанием подстилающих торф суглинистых пород, отмечены вкрапления *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Betula pusescens*.

Травяно-кустарничковый ярус развит довольно пышно, в нем заметную роль играют болотные травы *Rubus chamaemorus*, *Carex globularis*. Почвы рямов «центрального образа» – торфяные олиготрофные мало-мощные (мощность залежи 55–80 см). В профиле почвы (т.е. в верхних 50 см залежи) отмечены верховые торфа – фускум, комплексный сфагновый, в двух профилях в нижней части горизонта ТО торф содержит остатки мезотрофных видов, позволяющие отнести почвы к подтипу остаточно-эвтрофных [Классификация..., 2004].

2. Рямы с вкраплениями мелких мочажин

Эти рямы преимущественно располагаются в верхних частях и по окраинам крупных ложбин стока, в том числе в местностях увалистого типа. Их можно также рассматривать как экотоны, занимающие пограничное положение с грядово-мочажинными комплексными болотами. Отличительной чертой рямов этого подтипа, закрепленной в названии, является вкрапление в значительной мере неориентированных по стоку небольших мочажин (площадью до 1,5–2 м²), которые занимают от 5–7 до 20–25% их поверхности. Наличие мочажин повышает разнообразие видов, как травяно-кустарничкового, так и мохового ярусов.

В травяно-кустарничковом ярусе на кочках доминируют *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium uliginosum*, *Rubus chamaemorus*. В микромочажинах обычна *Eriophorum vaginatum*, нередко осоки *Carex paupercula*, *C. pauciflora*, моховой покров образуют *Sphagnum angustifolium*, *S. balticum*, *S. lindbergii*, *S. jensenii*, в него местами в качестве примеси внедряются *Warnstorfia fluitans* и печеночники (см. табл. 1).

Вкрапления лишайников в покров из мхов могут составлять от долей процента до 7%, чаще всего они разрастаются вокруг стволов небольшими куртинами и представлены по большей части *Cladonia rangiferina*.

От предыдущего подтипа рямы с вкраплением мочажин отличается более скудный состав древесных пород. На большинстве обследованных участков преобладает *Pinus sylvestris* f. *litwinowii*, нередко *P. sylvestris* f. *willkommii*, реже присутствует небольшая примесь *P. sylvestris* f. *uliginosa* и *P. sibirica* (10С, 10С+К). *P. sylvestris* f. *litwinowii* преобладает на участках с глубокой залежью, *P. sylvestris* f. *uliginosa* единична или тяготеет к маломощным торфяным почвам.

Глубина торфяной залежи на рямах с вкраплением мочажин значительно варьирует (Т 80–210 см), позволяя отнести почвы ко всем трем видам (по мощности торфяной залежи) от маломощных до среднемощных и мощных. Состав подстилающих торф пород пестрый: от связного песка до тяжелого суглинка. Торфяная залежь в пределах почвенного профиля складывается верховыми торфами – в основном фускум, с вкраплениями сфагнового, ангустифолиума, пушицево-сфагнового.

3. Приозерные рямы

Выделяются большей частью по своему местоположению: такие рямы примыкают непосредственно к берегам крупных озер с песчаным дном, их берега чаще всего сравнительно дренированные. В сухие

сезоны по берегам озер образуются песчаные пляжи. Для микрорельефа болот этого подтипа характерны высокие кочки (до 85 см). В то же время вдоль берега могут встречаться пониженные участки, где высокие кочки перемежаются с низкими кочками и межкочечными понижениями, единичными микроочажинами, при этом регрессивных ям на приозерных рямах не отмечено. Обычно вдоль берега формируется выраженный береговой торфяной вал, несколько более дренированный, чем прилегающая часть болота.

Почвы олиготрофные торфяные маломощные и среднемощные (Т 90–150). Состав подстилающих торф пород варьирует от связного песка до глины. Торфяная залежь в пределах почвенного профиля слагается верховыми торфами – фускум, ангустифолиум, во многих горизонтах с заметной примесью песка.

В древостое в рямах этого подтипа по сравнению с рямами «центрального образа» увеличивается присутствие *Pinus sibirica* (7СЗК, 8С2К), встречается подрост *Betula pubescens*, однако деревья разрежены и не образуют сомкнутого яруса. *Pinus sylvestris* может быть представлена всеми экологическими формами, что и на предыдущем подтипе ряма, но преобладает *P. sylvestris* f. *litwinowii*.

Состав мхов в удаленной от вала части в целом достаточно характерен для типичных рямов, в то время как береговой вал отличается определенное своеобразие, здесь заметно больше *Sphagnum divinum*, *S. angustifolium*, присутствуют *S. russowii*, *Aulacomnium palustre*, более разнообразны политриховые мхи (*Polytrichum hyperboreum*, *P. longisetum*, *P. juniperinum*). На валу и прилегающих к нему кочках местами заметно увеличивает свое присутствие *Pleurozium schreberi*, реагирующий на большую дренированность данного подтипа болота.

Эпигейные лишайники могут отсутствовать, но чаще они есть, их проективное покрытие достигает до 20%. Они занимают более освещенные участки, не занятые другими растениями. Лишайников с кубковидными и шиловидными подециями мало, фон создают кустистые виды кладоний и местами тундровые виды *Nephromopsis cucullata* и *Foveolaria nivalis*. Они образуют крупные куртины на кочках, склонах и межкочьях, на береговом валу. Доминирует *Cladonia stellaris*, а *C. rangiferina* (более мезофитный вид, чем *C. stellaris*) на обследованных пробных площадях является содоминантом. *C. stellaris* – более ксерофитный вид, чем другие виды лишайников подрода *Cladina* [Ahti, 1961].

Для дренированных участков приозерных рямов характерно пышное развитие кустарничков, что выражается в увеличении не только

их сомкнутости, но и высоты по сравнению с кустарничками, произрастающими на рьях «центрального образа». Так, измеренная на валу приозерного рья высота видов составила для *Betula nana* до 119 см против 60–70 см на рьях «центрального образа», *Ledum palustre* – до 90 см против 40–60 см, *Empetrum nigrum* – 26 см против 11 см, *Andromeda polifolia* – до 60 см против 30 см. Последний вид на приозерных рьях может выступать в сочетании с *Vaccinium uliginosa* как доминант *Ledum palustre*, что необычно для рьях других подтипов. Также обращает на себя внимание отсутствие *Carex globularis* на всех обследованных пробных площадях этого подтипа сосново-кустарничково-сфагновых болот. В то же время именно на участках приозерных рьях замечено поселение в микропонижениях ряда мочажинных болотных трав (*C. limosa*, *Eriophorum russeolum*), отсутствующих в других подтипах.

4. Мелкозалежные рьях

Выделяются по небольшой мощности (от 30 до 50 см) сформировавшейся на них торфяной залежи. Здесь развиты олиготрофные (верховые) торфяно-глеевые и торфянисто-глеевые маломощные почвы. Обследованные нами участки этого подтипа рьях приурочены к породам легкого гранулометрического состава – от связного песка до среднего суглинка. Торфяная залежь в пределах почвенного профиля складывается верховыми торфами – преимущественно фускум, а также сфагновым мочажинным, кустарничково-сфагновым и переходным сфагновым торфом, залегающим по границе с минеральным (глеевым) горизонтом.

Рьях этого подтипа занимают значительные площади, непосредственно примыкая к периферии заболачивающихся минеральных островов, локальным водоразделам, к крупным массивам мерзлых плоскобугристых болот. В пределах мелкозалежных рьях отмечены как мочажины, так и регрессивные ямы, а также их взаимопереходы – все эти разновидности микропонижений могут занимать от 5 до 20% поверхности болота этого подтипа.

Растительность микропонижений дифференцирована: на участках дна, покрытого *Gymnocolea inflata*, встречаются стебли *Sphagnum compactum*, по склонам обычны *S. balticum*, *Mylia anomala*, более влажные места занимает *Sphagnum jensenii* или *S. lindbergii*. Нередко к ним подселяются травы – *Trichophorum cespitosum*, *Eriophorum vaginatum* и кустарнички – *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*. В составе травяно-кустарничкового яруса на всех пробных площадях присутствуют *Carex globularis*.

Эпигейные лишайники могут как отсутствовать, так и присутствовать в виде вкраплений (до 3–5%), более всего распространены *Cladonia rangiferina*, *C. stellaris*.

В древесном ярусе обычно преобладает *Pinus sylvestris*, однако при подстилении суглинистыми отложениями разнообразие пород возрастает. Один из таких участков в районе Сибирских увалов характеризовался формулой древостоя 7С2Е1К+Лс. На мелкозалежных рямах повышается участие *P. sylvestris* f. *uliginosa* (высотой до 8 м), что создает условия для формирования более высокорослого и сомкнутого древостоя по сравнению с рямами «центрального образа».

5. Лишайниковые рямы

В особый подтип рямов нами выделены биогеоценозы со значительным покрытием эпигейными лишайниками. Главное отличие лишайниковых рямов от болот сосново-кустарничково-сфагново-кладинового типа, выделенных для северотаежной подзоны О.Л. Лисс с соавторами (2001), а также кустарничково-пушицево-сфагновых мелкозалежных болот, описываемых для территории парка «Нумто» Е.Л. Веревкиной и Е.Д. Лапшиной (2019), состоит в сравнительно хорошем развитии древесного яруса, имеющего большую сомкнутость (0,3–0,4) и высоту (до 7 м) произрастающих сосен (*P. sylvestris* f. *uliginosa*, *P. sylvestris* f. *litwinowii*) и *P. sibirica*. Формула древостоя 8С2К+Б. Единичные экземпляры порослевой *Betula pubescens* многоствольной формы встречаются спорадически.

Кроме того, в отличие от кустарничково-кладиновых болот с сосной, здесь сфагновые мхи преобладают над лишайниками. Видовое разнообразие последних невелико, однако проективное покрытие эпигейных лишайников максимально (35%) по сравнению с другими подтипами ряма. Доминирует *Cladonia stellaris*, среди других видов, создающих значимое покрытие, выделяются *C. rangiferina* и *C. stygia*.

Для лишайникового ряма также характерна относительная мелкозалежность (Т 65–75 см): здесь распространены ареалы торфяных олиготрофных маломощных почв. Профиль сверху вниз сложен верховыми видами торфа – кустарничково-сфагновым, сфагновым, фускум и переходным сфагново-гипновым. Подстилающие породы – легкий и средний суглинок. Дренажность лишайникового ряма, прежде всего, связана с его положением на локальном водоразделе и относительно легким гранулометрическим составом подстилающих пород. Присутствуют редкие мелкие регрессивные ямы (занимающие до 2–3%

площади), перекрытые пленкой из печеночника *Gymnocolea inflata* и водорослей с примесью отдельных стеблей мха *Sphagnum squarrosum* и лишайника *Cladonia crispata*.

6. Олиго-мезотрофные ямы

Обследованные нами олиго-мезотрофные ямы приурочены к участкам, примыкающим к сограм рек. Этот подтип отличает повышенная трофность, которая проявляется в более сомкнутом, рослом, разнообразном древостое, чем на остальных подтипах ямов. Преобладает *Pinus sylvestris* f. *uliginosa*, обычно примесь *P. sibirica* (отдельные из них достигают до 10–12 м в высоту), *Betula pubescens* и *Picea obovata*. Повышение трофности проявляется не только в древесном ярусе. На олиго-мезотрофных ямах заметно возрастает участие *Betula nana*, экземпляры которой здесь выше и достигают 1,0–1,2 м. Экотонное лесо-болотное положение ямов этого подтипа проявляется в появлении в составе напочвенной растительности лесных видов *Equisetum sylvaticum* и *Ptilium crista-castrensis*.

Повышенная влажность и затененность местообитания снижает проективное покрытие, образованное эпигейными лишайниками. Максимальное покрытие, создаваемое ими, составляет 5%, преобладает *Cladonia rangiferina*.

Почва – торфяная олиготрофная остаточо-эвтрофная маломощная сфагновая или торфяно-глеевая (Т 65 см, Т 35 см). Торф – слаборазложенный верховой (фускум, мочажинный, комплексный), подстилаемый переходными торфами – древесно-сфагновым, древесно-травяным высокой степени разложения. Рельеф в большей части кочковатый, присутствуют единичные мелкие микромочажины (занимающие от 5 до 15% площади), занятые сфагновыми мхами и *Warnstorfia fluitans*, регрессивные ямы не отмечены.

Оценка экологических условий выделенных подтипов ямов по шкалам Г. Элленберга

Расчеты, проведенные по шкалам Г. Элленберга, позволили оценить подтипы ямов по различным экологическим условиям и свойствам почв.

Шкала освещенности

Наименее освещенными являются 4 и 6 подтипы яма (мелкозалежный рям и олиго-мезотрофный рям) (рис. 3а), что хорошо согласуется с их лучшей облесенностью, более высокорослым и сомкнутым древостоем. На наш взгляд, именно этот фактор в первую очередь может влиять на видовой состав лишайников, на уменьшение их разнообразия.

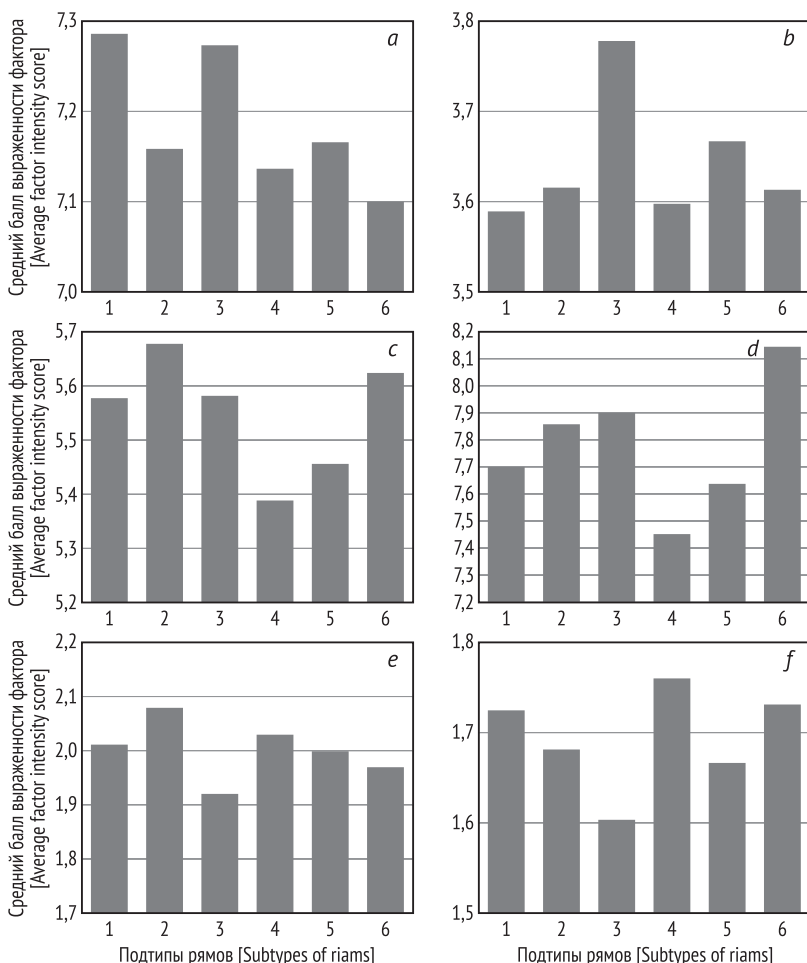


Рис. 3. Оценка влияния различных экологических условий и свойств почв на подтипы ярмов:

a – освещенность; *b* – температура; *c* – континентальность; *d* – влажность почв; *e* – кислотность почв; *f* – богатство азота в почве

Подтипы ярмов: 1 – типичный («центральный образ»); 2 – с вкраплением мелких мочажин; 3 – приозерный; 4 – мелкозалежный; 5 – лишайниковый (регрессивный); 6 – олиго-мезотрофный

Fig. 3. Assessment of the influence of various environmental conditions and soil properties on riam subtypes:

a – illumination; *b* – temperature; *c* – continentality; *d* – soil moisture; *e* – soil acidity; *f* – nitrogen richness in soil

Subtypes of riams: 1 – typical ("central image"); 2 – interspersed with small hollows; 3 – lakeside riam; 4 – shallow-layered; 5 – lichen (regressive); 6 – oligo-mesotrophic riam

Наиболее освещены оказались 1 подтип ряма («центральный образ» ряма) и 3 подтип ряма (приозерный рям). В последнем случае хорошая освещенность объясняется лучшей инсоляцией из-за близости открытой поверхности озера. Интерпретация относительно высокой освещенности рямов центрального образа в этом ряду затруднена. Близкими к ним по значениям, но несколько менее освещенными оказались 2 и 5 подтипы: на подтипе ряма с вкраплениями мелких мочажин довольно хорошая освещенность может быть обусловлена преобладанием на большинстве участков более низкорослых форм болотной сосны и присутствием мочажин без деревьев и с разреженным покровом кустарничков, на лишайниковом подтипе – за счет более высоких отражательных свойств лишайников.

Шкала температуры

Самым теплым среди всех подтипов является 3 подтип (приозерный рям) (рис. 3b), что, очевидно, связано с примыкающими к биотопам данного подтипа озерами, являющимися аккумуляторами тепла.

Несколько менее теплым является лишайниковый подтип ряма. Можно предположить, что здесь играет свою роль как дренированность данного местообитания, так и собственно особенности лишайникового покрова. Исследование изменений температуры почвы под лишайниками, мхами и кустарничками в Сибири показало, что лишайниковые маты обеспечивают рост локальных температур почвы [Loranty et al., 2018]. Так, в летнее время года почва под лишайниками на 1–2 °С теплее, чем под мхами. Температурные условия остальных подтипов близки.

Шкала континентальности

Максимальными показателями по фактору континентальности отличаются рям с вкраплениями мелких мочажин и олиго-мезотрофный рям (рис. 3с). Для них характерен самый высокий уровень болотных вод в течение всего вегетационного сезона и слабая дренированность.

Низкими значения баллов континентальности оказались в условиях подтипов 4 (мелкозалежный рям) и 5 (лишайниковый рям), общими особенностями которых, способными в той или иной степени повлиять на этот фактор среды, является мелкозалежность и сравнительно хорошая дренированность.

Рямы 1 и 3 подтипов (соответственно «центральный образ» ряма и приозерный рям) занимают промежуточное положение, что обусловлено как присутствием площадок с более глубокой залежью, так и влиянием озера.

Шкала влажности почв

Влажность почв хорошо коррелирует с ландшафтными особенностями рассматриваемых подтипов. Наиболее влажным почвами отличается подтип олиго-мезотрофных рямов, примыкающих к пойменным ландшафтам (рис. 3d). Здесь на собственно болотные условия накладывается еще и близость согр рек, во многом влияющая на разгрузку болотных вод, а также создающая особый «приречный» микроклимат.

Закономерна повышенная гидроморфность у следующих за олиго-мезотрофными рьями по убыванию градиента влажности приозерного подтипа рья и рья с вкраплением мелких мочажин. В первом случае сказывается влияние озера, испарения с его поверхности и возможного затопления прибрежных местообитаний (например, нагонной волной в период весеннего половодья). В случае рья с вкраплениями мелких мочажин избыточная влажность обусловлена замедлением стока, приводящим к застою влаги и образованию микромочажин.

Наиболее сухими оказались мелкозалежный и лишайниковый подтипы, по всей видимости, в меньшей степени накапливающие влагу из-за малой мощности торфяной залежи и дренированности местообитания. Подтип «центрального образа» рья занимает промежуточную позицию.

Шкала кислотности почв

Выраженной дифференциации подтипов рямов по этому признаку не выявляется (рис. 3е), в то же время присутствуют небольшие различия. Для всех рямов характерны растения, произрастающие на почвах от сильноокислых до кислых, при этом несколько повышена по сравнению с остальными подтипами кислотность у приозерного рья (подтип 3).

Шкала богатства азотом

Анализируя исследуемые подтипы, необходимо отметить, что приозерный рям (3 подтип рья) является наименее богатым азотом (рис. 3f).

Мелкозалежный рям (4 подтип) наиболее богат азотом, что может быть объяснено как тем, что мощность торфяной залежи на данном подтипе рья наименьшая, так и тем, что эти биоценозы расположены близко к окраинам минеральных островов. Минеральные горизонты почв лучше обеспечены азотом ввиду значительно более высокой плотности сложения, чем сфагновый слаборазложенный торф.

Особенности видового состава различных подтипов рямов

На обследованных пробных площадях суммарно было зафиксировано 26 видов сосудистых растений, 57 видов мхов и 69 видов лишайников. Перечень видов и их подразделение по подтипам приведены в табл. 1.

В целом содержание таблицы отражает видовую специфику выделенных подтипов рямов, в то же время следует учитывать неравномерность распределения учетных площадок, связанную с большей распространенностью и исследованностью отдельных подтипов – рямов «центрального образа» и рямов с вкраплением мелких мочажин, что в определенной мере предопределило общее количество видов как в отдельных группах растений и лишайников, так и в целом по подтипам рямов. Можно предположить, что в последующем дополнительные исследования позволят полнее выявить видовой состав различных подтипов, в первую очередь олиго-мезотрофного, отличающегося близостью к самым трофным и флористически разнообразным биогеоценозам парка – сограм.

При этом, несомненно, на количество видов в отдельных подтипах влияют и другие факторы, например, наличие выраженного болотного микрорельефа (мочажин, регрессных ям, берегового вала), а также близость к лесным массивам. Так, наибольшее количество трав, кустарничков и мхов выявлено для подтипа рям с вкраплением мелких мочажин, отличающегося комплексным характером микрорельефа, а меньшее количество растений этих групп отмечено для мелкозалежного подтипа, где преобладали пробные площади с относительно выровненным микрорельефом. Повышенное разнообразие печеночников в рямах центрального образа и с вкраплением мочажин может быть связано как с лучшей их изученностью, так и со значительным распространением затапливаемых микропонижений, где отмечаются очаги регресса. Интересно, что наибольшее количество (28) эпигейных видов лишайников найдено на пробных площадях рямов с вкраплением мелких мочажин. Эти участки, по сравнению с остальными подтипами, отличались менее высокой кислотностью почвы и большей континентальностью произрастающих видов травяно-кустарничкового яруса. Несколько меньше эпигейных лишайников (20 видов) отмечено на рямах «центрального образа». Самое низкое видовое разнообразие эпигейных лишайников выявлено для площадок приозерного подтипа рям. На двух подтипах рям (приозерном и лишайниковом) доминирующая роль переходила к *Cladonia stellaris*. В случае приозерного рям повышению конкурентной способности *C. stellaris* по отношению к *C. rangiferina* способствовали хорошая освещенность и более высокие температуры по сравнению с другими подтипами, в случае лишайникового рям – дренированность, определяемая геоморфологическим положением.

Таблица 1

Видовой состав сосудистых растений, мхов, печеночников и лишайников (доминантов, содоминантов и ассектаторов) в различных подтипах сосново-кустарничково-сфагновых болот южной части парка «Нумто»
[Species composition of vascular plants, mosses, liverworts, and lichens (dominants, co-dominants, and assemblers) in various subtypes of pine-shrub-sphagnum bogs in the southern part of Numto Park]

Виды растений [Plant species]	Подтипы ярмов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
Деревья [Trees]						
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	+		+		+	+
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.				+		
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	+			+		+
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	+, CD	+	CD, +	+	+	+, CD
<i>P. sylvestris</i> L.	D	D	D	D	D	D
Итого [Total]: 5	4	2	3	4	3	4
Кустарнички и травы [Shrubs and herbs]						
<i>Andromeda polifolia</i> L.	+	+	CD, +		+	+
<i>Betula nana</i> L.	+, CD	+	+	+, CD	+	CD
<i>Carex globularis</i> L.	CD, +, D	+		CD, D	+	D, +

Продолжение табл. 1

Виды растений [Plant species]	Подтипы рямов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
<i>Carex limosa</i> L.			+			
<i>C. pauciflora</i> Lightf.	+	+	+			+
<i>C. paupercula</i> Michx.	+	+			+	+
<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench	+, D	D, CD, +	+, CD	+, CD	+, D	+
<i>Drosera rotundifolia</i> L.	+	+	+	+	+	+
<i>Empetrum nigrum</i> L.	+, CD	CD, +	+	+, CD	+	+
<i>Eriophorum russeolum</i> Fr.			+			
<i>E. vaginatum</i> L.	+	+, CD	+	+	+	CD, +
<i>Equisetum sylvaticum</i> L.						+
<i>Ledum palustre</i> L.	+, CD, D	D, CD, +	D	D, +	D, CD	+, D
<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr.	+	+	+	+	+	+
<i>O. palustris</i> Pers.		+	+			+
<i>Pinguicula villosa</i> L.		+				
<i>Rubus chamaemorus</i> L.	CD, +, D	D, CD, +	CD	CD	+	CD, +
<i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) Hartm.					+	

<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	+	+	+	+	+	+
<i>V. uliginosum</i> L.	CD, +, D	+, CD, D	+, CD	CD	CD, +	+
<i>V. vitis-idaea</i> L.	+	+	+	+	+	+
Итого [Total]: 21	15	17	16	12	15	17
<i>Mxu</i> [Mosses]						
<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwägr.	+	+	+			+
<i>Dicranum elongatum</i> Schleich. ex Schwägr.	+	+				+
<i>D. fuscescens</i> Turner						+
<i>D. majus</i> Turner					+	
<i>D. polysetum</i> Sw.			+	+	+	+
<i>D. undulatum</i> Schrad. ex Brid.	+	+	+			
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	+	+	+		+	
<i>P. sphagnicola</i> (Bruch et al.) Broth.	+			+		
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	+					+
<i>P. hyperboreum</i> R.Br.			+			
<i>P. juniperinum</i> Hedw.		+	+			
<i>P. longisetum</i> Sw. ex Brid.			+			
<i>P. piliferum</i> Hedw.		+				

Продолжение табл. 1

Виды растений [Plant species]	Подтипы ямов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
<i>Polytrichum strictum</i> Brid.	+	+	+	+	+	+
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	+, CD	+, CD	+, CD	+	+	+
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.						+
<i>Sphagnum angustifolium</i> (C.E.O. Jensen ex Russow) C.E.O. Jensen	+, CD	+, CD	+		+	Д
<i>S. balticum</i> (Russow) C.E.O. Jensen	+	+, CD	+	+	+	+
<i>S. capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	+	+	+, CD		+	
<i>S. compactum</i> Lam. & DC.		+		+	+	
<i>S. divinum</i> Flatberg & K. Hassel	+	+, CD	CD, +	+		+
<i>S. fallax</i> (H. Klinggr.) H.Klinggr.				+		+
<i>S. flexuosum</i> Dozy & Molk.	+					
<i>S. fuscum</i> (Schimp.) H. Klinggr.	D	D	D	D	D	D, CD
<i>S. jensenii</i> H. Lindb.		CD	+		+	
<i>S. lindbergii</i> Schimp.	+	+	+	+		
<i>S. russowii</i> Warnst.	+	+	+	+		

<i>S. squarrosus</i> Crome		+			+	
<i>S. subfulvum</i> Sjörs		+				
<i>Warnstorfia fluitans</i> (Hedw.) Loeske	+		+			+
Итого [Total]: 30	17	19	18	11	12	14
Печеночники [Liverworts]						
<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dumort.		+				
<i>Barbilophozia lycopodioides</i> (Wallr.) Loeske			+			
<i>Calypogeia muelleriana</i> (Schiffn.) Müll. Frib.	+		+			+
<i>C. sphagnicola</i> (Arnell et J. Perss.) Warnst. et Loeske	+					
<i>Cephalozia bicuspidata</i> (L.) Dumort.	+		+			
<i>C. loitlesbergeri</i> Schiffn.	+	+				
<i>Cephaloziella elachista</i> (J.B. Jack ex Gottsche et Rabenh.) Schiffn.		+				
<i>C. rubella</i> (Nees) Warnst.			+			
<i>C. spinigera</i> (Lindb.) Warnst.		+				
<i>Gymnocolea inflata</i> (Huds.) Dumort.	+	+		+	+	
<i>Fuscocephaloziopsis lunulifolia</i> (Dumort.) Váňa & L. Söderstr.	+			+		
<i>F. pleniceps</i> (Austin) Lindb.	+					

Продолжение табл. 1

Виды растений [Plant species]	Подтипы рямов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
<i>Liochlaena lanceolata</i> Nees			+			
<i>Lophozia murmanica</i> auct., non Kaal.		+				
<i>L. silvicola</i> H. Buch		+	+			
<i>L. ventricosa</i> (Dicks.) Dumort.		+				
<i>Mylia anomala</i> (Hook.) Gray	+	+	+	+	+	+
<i>Odontoschisma denudatum</i> (Mart.) Dumort.		+				
<i>O. elongatum</i> (Lindb.) A. Evans	+					
<i>O. fluitans</i> (Nees) L. Söderstr. & Váňa	+	+		+		
<i>Orthocaulis attenuatus</i> (Mart.) A. Evans			+			
<i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hampe	+					
<i>Riccardia latifrons</i> (Lindb.) Lindb.	+					
<i>Schljakovia kunzeana</i> (Huebener) Konstant. & Vilnet	+	+				
<i>Solenostoma</i> sp.	+					
<i>Sphenobolus minutus</i> (Schreb.) Berggr.	+					
Итого [Total]: 27	16	12	7	4	2	2

Эпигейные лишайники [Epigeic lichens]						
<i>Cetraria ericetorum</i> Opiz				+		
<i>C. islandica</i> (L.) Ach.		+				
<i>C. laevigata</i> Rassad.	+					
<i>Cladonia amaurocraea</i> (Flörke) Schaer.	+	+	+	+		
<i>C. arbuscula</i> (Wallr.) Flot.	+	+	+	+	+	
<i>C. botrytes</i> (K.G. Hagen) Willd.	+	+		+		
<i>C. cariosa</i> (Ach.) Spreng.		+				
<i>C. carneola</i> (Fr.) Fr.				+		
<i>C. cenotea</i> (Ach.) Schaer.	+	+			+	
<i>C. chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.		+		+		+
<i>C. coccifera</i> (L.) Willd.		+	+			
<i>C. coniocraea</i> (Flörke) Spreng.	+			+		+
<i>C. cornuta</i> (L.) Hoffm.	+	+	+	+	+	+
<i>C. crispata</i> (Ach.) Flot.	+	+		+	+	
<i>C. cryptochlorophaea</i> Asahina		+				+
<i>C. deformis</i> (L.) Hoffm.	+	+	+	+	+	+
<i>C. ectocyna</i> Leight.					+	

Продолжение табл. 1

Виды растений [Plant species]	Подтипы рямов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
<i>Cladonia farinacea</i> (Vain.) Evans	+			+		
<i>C. fimbriata</i> (L.) Fr.	+	+				+
<i>C. gracilis</i> (L.) Willd.	+	+			+	+
<i>C. grayi</i> G. Merr. ex Sandst.		+				
<i>C. macilenta</i> Hoffm.		+				
<i>C. maxima</i> (Asahina) Ahti		+				
<i>C. mitis</i> Sandst.	+	+				+
<i>C. ochrochlora</i> Flörke						+
<i>C. pleurota</i> (Flörke) Schaer.		+	+	+		+
<i>C. polydactyla</i> (Flörke) Spreng.	+			+		+
<i>C. pyxidata</i> (L.) Hoffm.						+
<i>C. ramulosa</i> (With.) J.R. Laundon						+
<i>C. rangiferina</i> (L.) F.H. Wigg.	+	+	+, CD	+	CD	+
<i>C. stellaris</i> (Opiz) Pouzar et Vězda	+	+	D	+	D	
<i>C. stygia</i> (Fr.) Ruoss		+			CD	

<i>C. sulphurina</i> (Michx.) Fr.	+	+	+		+	+
<i>C. uncialis</i> (L.) F.H. Wigg.		+				
<i>Foveolaria nivalis</i> (L.) Chesnokov et al.			+		+	
<i>Govardia nigricans</i> (Ach.) Halonen et al.		+				
<i>Icmadophyla ericetorum</i> (L.) Zahlbr.	+	+			+	
<i>Nephromopsis cucullata</i> (Bellardi) Divakar et al.		+	+	+	+	
<i>N. nigricascens</i> (Nyl.) Divakar et al.		+		+		
<i>Peltigera polydactylon</i> (Neck.) Hoffm.	+					
<i>P. scabrosa</i> Th. Fr.	+					
Итого [Total]: 41	20	28	11	17	14	15
Эпифитные лишайники [Epiphytic lichens]						
<i>Bryoria furcellata</i> (Fr.) Brodo et D. Hawksw.	+	+	+	+	+	+
<i>B. simplicior</i> (Vain.) Brodo et D. Hawksw.	+	+	+			
<i>Cetraria sepincola</i> (Ehrh.) Ach.	+	+	+	+	+	+
<i>Cliostomum griffithii</i> (Sm.) Coppins	+					
<i>Evernia mesomorpha</i> Nyl.	+	+	+	+	+	+
<i>Hypogymnia bitteri</i> (Lyng) Ahti					+	
<i>H. farinacea</i> Zopf	+					

Продолжение табл. 1

Виды растений [Plant species]	Подтипы рямов [Subtypes of riams]					
	1	2	3	4	5	6
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+	+	+	+
<i>Imshaugia aleurites</i> (Ach.) S.L.F. Mey	+	+			+	+
<i>Japewia tornoënsis</i> (Nyl.) Tønsberg		+	+		+	
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.			+		+	
<i>L. circumborealis</i> Brodo et Vitik.	+					+
<i>L. pulicaris</i> (Pers.) Ach.	+		+			
<i>Lecanora</i> sp.				+		
<i>Lecidea helvola</i> (Körb. ex Hellb.) Th. Fr.			+			
<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner	+					
<i>Melanohalea olivacea</i> (L.) O. Blanco et al.	+	+	+	+	+	+
<i>Mycoblastus sanguinarius</i> (L.) Norman	+	+				+
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	+	+	+		+	+
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.	+	+	+	+	+	+
<i>P. hyperopta</i> (Ach.) Arnold	+	+	+	+	+	+
<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i> (Willd.) Hale		+				

<i>T. ciliaris</i> (Ach.) Gyeln.		+				
<i>Usnea filipendula</i> Stirt.						+
<i>U. glabrescens</i> (Nyl. ex Vain.) Vain.	+					
<i>U. hirta</i> (L.) F.H. Wigg.	+	+		+		+
<i>U. subfloridana</i> Stirt.						+
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop) J.-E. Mattsson et M.J. Lai	+	+	+	+	+	+
Итого [Total]: 28	19	16	14	10	13	15
Итого всех видов [Total of all species]	91	94	69	58	59	67

Примечание. Подтипы рябов: 1 – типичный («центральный образ»); 2 – с вкраплением мелких мочажин; 3 – приозерный; 4 – мелкозалежный; 5 – лишайниковый (регрессивный); 6 – олиго-мезотрофный.

Условные обозначения: + – вид присутствует в небольшом количестве экземпляров или единично, D – доминирующий вид, CD – содоминирующий вид. Последовательность этих условных обозначений слева направо отражает распространенность того или иного вида в данном сообществе.

[Note. Subtypes of riams: 1 – typical “central image” riam, 2 – riam interspersed with small hollows, 3 – lakeside riam; 4 – shallow-layered riam; 5 – lichen (regressive) riam; 6 – oligo-mesotrophic riam.

Legend: + – species present in small numbers or as single specimens, D – dominant species, CD – co-dominant species. The order of symbols from left to right reflects the prevalence of a particular species in a given community.]

Количество собранных видов эпифитных лишайников также во многом зависело от степени обследованности разных подтипов рямов и их местоположения, при этом заметна локализация по подтипам видов или даже родов. Так, больше видов рода *Usnea* найдено в рямах олиго-мезотрофного подтипа, граничащих с сограми рек.

Наименьшее количество видов деревьев (*Pinus sylvestris* и *P. sibirica*) характерно для рямов с вкраплением мелких мочажин, что связано с более высоким уровнем грунтовых вод и в среднем большей глубиной залежи, чем на других подтипах, что обусловило более олиготрофный состав древесной растительности. Наибольшее количество видов деревьев (4) произрастает на подтипах рямов «центрального образа», мелкозалежном и олиго-мезотрофном. Это связано с повышенной доступностью элементов питания для корневых систем деревьев (в частности, с мелозалежностью, повышенной трофностью из-за близости к сограм или окраинам минеральных островов, суглинистым составом подстилающих торф пород).

В целом, наибольшее разнообразие высших растений и лишайников выявлено в «центральном» подтипе (91) и подтипе с вкраплениями мелких мочажин (94), наименьшее – в мелкозалежном и лишайниковом подтипах (58 и 59 соответственно) (см. табл. 1). В подтипе мелкозалежного рьяма тенденция к уменьшению видового разнообразия растений, помимо слабовыраженного микрорельефа, возможно, также обусловлена относительно низкими температурой, освещенностью и влажностью почв (см. рис. 3а, b, d). В лишайниковом рьяме, в свою очередь, средние баллы по шкалам температуры и освещенности несколько выше, но при этом значения по шкале влажности почв близки к мелкозалежному подтипу и меньше, чем в четырех остальных подтипах. Именно на этих двух подтипах найдено наименьшее количество видов мхов.

Таким образом, проведенное исследование позволило расширить представления о сосново-кустарничково-сфагновых болотах подзоны северной тайги Западной Сибири. Полученные данные по геоморфологическим закономерностям распространения растительности, почвам этих болот, а также проведенная оценка по экологическим шкалам Г. Элленберга позволили оценить возможность обособления подтипов рямов, распространенных в южной части природного парка «Нумто». Предложенное подразделение сосново-кустарничково-сфагновых биогеоценозов на подтипы можно будет использовать в работах по оценке земель, при ландшафтном картографировании, в проектах природоохранной направленности, в том числе в процессе экологического мониторинга, в подзоне северной тайги Западной Сибири.

Выводы

1. Подразделение сосново-кустарничкового-сфагнового типа биоценоза на подтипы возможно на основе комплексного рассмотрения их фитоценотических, почвенных, геоморфологических и экологических особенностей.

2. Выраженные отличия подтипов, выявленные по экологическим шкалам Г. Элленберга, установлены для температуры и влажности почв, а также по фактору освещенности. Самыми теплообеспеченным является приозерный подтип рьяма. Подтипы мелкозалежного и лишайникового рьяма выделяются наиболее низкими показателями влажности и континентальности. В свою очередь, к наиболее освещенным относятся подтипы центрального образа рьяма и приозерного рьяма. Приозерный рьям также характеризуется наиболее низкими баллами по шкалам кислотности почв и богатства азотом.

3. На обследованных пробных площадях рьямов суммарно было зафиксировано 26 видов сосудистых растений, 57 видов мхов и печеночников, 69 видов эпигейных и эпифитных лишайников.

4. Неоднородность экологических условий на различных подтипах рьямов проявляется в видовом разнообразии, а также морфологии отдельных видов. Наибольшее количество видов отличает рьям с вкраплением мелких мочажин, что главным образом обусловлено неоднородностью микрорельефа. Наименьшее количество видов отмечено на рьямах с пониженной влажностью почв – лишайниковом и мелкозалежном. Расчеты по шкалам Г. Элленберга показали, что более благоприятные условия (лучшая освещенность и теплообеспеченность) компенсируют у приозерных рьямов выявленные сравнительно высокую кислотность почв и низкую обеспеченность азотом, что выражается в более пышном развитии кустарничков и возрастании доли *Pinus sibirica* в древостое.

5. Мощность торфяной залежи в исследуемых подтипах рьяма варьирует в пределах от 30 см в мелкозалежном подтипе рьяма до 210 см в подтипе «рьям с вкраплениями мелких мочажин», при этом возрастание мощности торфяной залежи сопровождается снижением высоты древостоя. Гранулометрический состав постилающего торфяную залежь минерального ложа, несмотря на обнаруженную неоднородность, не влияет на дифференциацию рьямов на подтипы.

Библиографический список / References

Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветов и др. Тула, 2001. [Liss O.L., Abramova L.I.,

Avetov N.A. et al. Bolotnye sistemy Zapadnoi Sibiri i ikh prirodookhrannoe znachenie [Bog systems of Western Siberia and their conservation significance]. Tula, 2001.]

Валеева Э.И., Московченко Д.В., Арефьев С.П. Природный комплекс парка «Нумто». Новосибирск, 2008. [Valeeva E.I., Moskovchenko D.V., Arefev S.P. Prirodnyi kompleks parka «Numto» [Numto Park natural complex]. Novosibirsk, 2008.]

Веревкина Е.Л., Лапшина Е.Д. Мир болот природного парка «Нумто». Характеристика, типология и значение для устойчивого развития. Екатеринбург, 2019. [Verevkina E.L., Lapshina E.D. Mir bolot prirodnogo parka «Numto». Kharakteristika, tipologiya i znachenie dlya ustoichivogo razvitiya [The wetland world of the “Numto” Nature Park. Characterization, typology and importance for sustainable development]. Ekaterinburg, 2019.]

Веревкина Е.Л., Лапшина Е.Д. Леса и лесные болота природного парка «Нумто» // Ботаника и ботаники в меняющемся мире: Труды Международной научной конференции, посвященной 135-летию кафедры ботаники и 145-летию Томского государственного университета, Томск, 14–16 ноября 2023 года. Томск, 2023. С. 38–40. [Verevkina E.L., Lapshina E.D. Forests and forested mires of the Numto Nature Park. *Botanika i botaniki v menyayushchemsya mire: Trudy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 135-letiyu kafedry botaniki i 145-letiyu Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, Tomsk, 14–16 noyabrya 2023 goda*. Tomsk, 2023. Pp. 38–40. (In Rus.)]

Веревкина Е.Л., Лапшина Е.Д., Филиппов И.В. Видовое богатство растительных сообществ болот южной части природного парка «Нумто» // Западно-Сибирские торфяники и цикл углерода: прошлое и настоящее. Материалы Шестого Международного полевого симпозиума. Томск, 2021. С. 62–64. [Verevkina E.L., Lapshina E.D., Filippov I.V. Species richness of mire plant communities in the southern part of the “Numto” Nature Park. *Zapadno-Sibirskie torfyaniki i tsikl ugleroda: proshloe i nastoyashchee. Materialy Shestogo Mezhdunarodnogo polevogo simpoziuma*. Tomsk, 2021. Pp. 62–64. (In Rus.)]

Гвоздецкий Н.А., Криволуцкий А.Е., Макунина А.А. Схема физико-географического районирования Тюменской области // Физико-географическое районирование Тюменской области. М., 1973. С. 9–27. [Gvozdetskii N.A., Krivolutskii A.E., Makunina A.A. Scheme of physiographic zoning of the Tyumen Oblast. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Tyumenskoi oblasti*. Moscow, 1973. Pp. 9–27. (In Rus.)]

Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. [Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii [Russian soil classification system]. Smolensk, 2004.]

Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения / под ред. К.С. Байкова. Новосибирск, 2012. [Konspekt flory Aziatskoi Rossii: sosudistye rasteniya [Prospectus of the flora of Asian Russia: Vascular plants]. Novosibirsk, 2012.]

Лапшина Е.Д., Филиппов И.В., Веревкина Е.Л. Дополнение к флоре мхов и печеночников природного парка «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ, Западная Сибирь) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2018. Т. 9. № 1. С. 3–21. [Lapshina E.D., Filippov I.V., Verevkina E.L. A contribution to the moss and hepatic flora of Nature Park “Numto” (Khanty-Mansi

Autonomous District, Western Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2018. Vol. 9. No. 1. Pp. 3–21. (In Rus.)]

Лисс О.Л., Толпышева Т.Ю. Развитие сосново-кустарничково-сфагновых комплексов фитоценозов на болотах Среднего Приобья // Ботанический журнал. 2005. Т. 90. № 8. С. 1216–1227. [Liss O.L., Tolpysheva T.Yu. The development of bog moss-pine-dwarf shrub phytocoenotic complexes in the bogs of the Middle Ob. *Botanical Journal*. 2005. Vol. 90. No. 8. Pp. 1216–1227. (In Rus.)]

Московченко Д.В., Глазунов В.А., Тигеев А.А. Типология болотных комплексов природного парка «Нумто» // Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий в промышленно развитых регионах. Материалы межрегиональной конференции, посвященной 20-летию природного парка «Нумто». Нижневартовск, 2017. С. 44–47. [Moskovchenko D.V., Glazunov V.A., Tigeev A.A. Typology of bog complexes of the Numto Nature Park. *Sovremennoe sostoyanie i perspektiva razvitiya seti osobo okhranyaemykh prirodnnykh territorii v promyshlennno razvitykh regionakh. Materialy mezhhregional'noi konferentsii, posvyashchennoi 20-letiyu prirodnogo parka «Numto»*. Nizhnevartovsk, 2017. Pp. 44–47. (In Rus.)]

О процессе болотообразования в таежной зоне (подзонах средней и южной тайги) Западной Сибири / Н.А. Березина, Г.Г. Куликова, О.Л. Лисс, С.Н. Тюремнов // Природные условия Западной Сибири. Вып. 3. М., 1973. С. 91–106. [Berezina N.A., Kulikova G.G., Liss O.L., Tyuremnov S.N. On the process of bog formation in the taiga zone (subzones of middle and southern taiga) of Western Siberia. *Prirodnye usloviya Zapadnoi Sibiri*. Moscow, 1973. Vol. 3. Pp. 91–106. (In Rus.)]

Парк «Нумто»: природа и историко-культурное наследие / под ред. Д.В. Московченко. Сургут, 2017. [Park «Numto»: priroda i istoriko-kulturnoe nasledie [The Numto Park: Nature and historical and cultural heritage]. Surgut, 2017.]

Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. Т. 1–5. М.; Л., 1959–1976. [Polevaya geobotanika [Field geobotany]. Vol. 1–5. Moscow; Leningrad, 1959–1976.]

Проявления регрессивных процессов на болотах южной части природного парка «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) / Е.А. Шишконокова, Н.А. Аветов, Н.А. Березина и др. // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2016. Т. 121. Вып. 3. С. 39–50. [Shishkonakova E.A., Avetov N.A., Berezina N.A. et al. Manifestations of regressive processes in the bogs of the southern part of Numto Nature Park (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra). *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2016. Vol. 121. Issue 3. Pp. 39–50. (In Rus.)]

Растительный покров Западно-Сибирской равнины / И.С. Ильина, Е.И. Лапшина, Н.Н. Лавренко и др. Новосибирск, 1985. [Ilyina I.S., Lapshina E.I., Lavrenko N.N. et al. *Rastitelnyi pokrov Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Vegetation cover of the West Siberian Plain]. Novosibirsk, 1985.]

Седельникова Н.В. Видовое разнообразие лишенобиоты Западной Сибири и оценка участия видов лишайников в основных ее горных и равнинных фитоценозах. Новосибирск. 2017. [Sedelnikova N.V. *Vidovoe raznoobrazie*

likhenobioty Zapadnoi Sibiri i otsenka uchastiya vidov lishainikov v osnovnykh ee gornykh i ravninnykh fitotsenozakh [Species diversity of lichenobiota of Western Siberia and assessment of lichen species participation in its main mountain and plain phytocenoses]. Novosibirsk, 2017.]

Толпышева Т.Ю., Шишконокова Е.А. Лишайники в структуре сосново-кустарничково-сфагнового-кладониевых биогеоценозов севера таежной зоны Западной Сибири // Биоразнообразие: проблемы изучения и сохранения. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета, Тверь, 8–11 ноября 2017 года. Тверь, 2017. С. 399–401. [Tolpysheva T.Yu., Shishkonakova E.A. Lichens in the structure of pine-shrub-sphagnum-cladina bogs ecosystems in the North taiga zone West Siberia. *Bioraznoobrazie: problem izucheniya i sokhraneniya. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu kafedry botaniki Tverskogo gosudarstvennogo universiteta, Tver, 8–11 noyabrya 2017 goda*. Tver, 2017. Pp. 399–402. (In Rus.)]

Толпышева Т.Ю., Шишконокова Е.А. Лишайники южной части природного парка «Нумто» (ХМАО – Югра, Западная Сибирь) // Растительный мир Азиатской России. 2019. № 1 (33). С. 15–22. [Tolpysheva T.Yu., Shishkonakova E.A. Lichens species composition in the South part of the regional Park "Numto" (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, West Siberia). *Flora and Vegetation of Asian Russia*. 2019. No. 1 (33). Pp. 15–22. (In Rus.)]

Толпышева Т.Ю., Шишконокова Е.А., Аветов Н.А. Эпигейные лишайники болот природного парка «Нумто» (ХМАО – ЮГРА) // Современная микология в России. 2015. Т. 4. С. 358–360. [Tolpysheva T.Yu., Shishkonakova E.A., Avetov N.A. Epigeic lichens of the bogs of the Numto Nature Park (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra). *Current Mycology in Russia*. 2015. Vol. 4. Pp. 358–360. (In Rus.)]

Филиппов И.В., Лапшина Е.Д. Типы болотных микроландшафтов озерно-болотных систем Среднего Приобья // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2008. Т. 1. № S1. С. 115–124. [Filippov I.V., Lapshina E.D. Peatland unit types of lake-bog systems in the Middle Priob'ie (Western Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*. 2008. Vol. 1. No. S1. Pp. 115–124. (In Rus.)]

Шалатонов Е.Н. Особенности болот юго-западной части природного парка «Нумто» // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2009. № 9. С. 191–194. [Shalatonov E.N. Features of the swamps of the south-western part of the Numto Nature Park. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. 2009. No. 9. Pp. 191–194. (In Rus.)]

Шалатонов Е.Н. Флора болот природного парка «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2007. № 7. С. 122–130. [Shalatonov E.N. Swamp flora of the Numto Nature Park. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. 2007. No. 7. Pp. 122–130. (In Rus.)]

Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. Томск, 1962. [Shumilova L.V. *Botanicheskaya geografiya Sibiri* [Botanical geography of Siberia]. Tomsk, 1962.]

Ahti T. Taxonomic studies on reindeer lichens (Cladonia, subgenus Cladina). Helsinki. *Ann. Bot. Fennicae*. 1961. Vol. 32. No. 1. P. 160.

van Breemen N. How Sphagnum bogs down other plants. *Tree*. 1995. Vol. 10. No. 7. Pp. 270–275.

Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Gottingen, 1974.

Hodgetts N.G., Söderström L., Blockeel T.L. et al. 2018. Understory vegetation mediates permafrost active layer dynamics and carbon dioxide fluxes in open-canopy larch forests of northeastern Siberia. *Plos. One*. 2018. No. 13 (3). e0194014

Статья поступила в редакцию 18.12.2024, принята к публикации 14.02.2025

The article was received on 18.12.2024, accepted for publication 14.02.2025

Сведения об авторах / About the authors

Шишконокова Екатерина Анатольевна – кандидат географических наук; старший научный сотрудник отдела генезиса, географии, классификации и цифровой картографии почв, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

Ekaterina A. Shishkonakova – PhD in Geography; senior researcher at the Department of Genesis, Geography, Classification, and Digital Cartography of Soils, V.V. Dokuchaev Soil Institute, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2712>

E-mail: shishkonakova_ea@esoil.ru

Аветов Николай Андреевич – кандидат биологических наук; ведущий научный сотрудник кафедры географии почв факультета почвоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Nikolay A. Avetov – PhD in Biology; leading researcher at the Soil Geography Department of the Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2679-5166>

E-mail: awetowna@mail.ru

Толпышева Татьяна Юрьевна – доктор биологических наук; ведущий научный сотрудник кафедры микологии и альгологии биологического факультета, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Tatyana Yu. Tolpysheva – Dr. Hab. in Biology; leading researcher at the Department of Mycology and Algology of the Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University

E-mail: tolpyшева@mail.ru

Лебедь Юлия Александровна – студентка факультета почвоведения, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Yulia A. Lebed – student at the Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0608-7285>

E-mail: ulyalebed@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Е.А. Шишконокова – участие в полевых работах, анализ данных и интерпретация результатов

Н.А. Аветов – участие в полевых работах, анализ данных и интерпретация результатов

Т.Ю. Толпышева – определение лишайников, участие в интерпретации результатов

Ю.А. Лебедь – участие в полевых работах, участие в интерпретации результатов

Contribution of the authors

E.A. Shishkonakova – participation in fieldwork, data analysis, and interpretation of results

N.A. Avetov – participation in fieldwork, data analysis, and interpretation of results

T.Yu. Tolpysheva – lichen identification, participation in interpretation of results

Yu.A. Lebed – participation in fieldwork, participation in interpretation of results

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

All authors have read and approved the final manuscript

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Тематика журнала

Журнал «Социально-экологические технологии» специализируется на всестороннем и объективном освещении вопросов экологии: проблемам взаимоотношений организма и среды, человека и природы.

Тематика журнала – экологические исследования в ботанике, зоологии, почвоведении, географии, также публикуются материалы, посвященные экологии человека (физиология, психогенетика, адаптивные способности организма человека).

Для публикации принимаются научные статьи, отражающие результаты оригинальных исследований, а также обзоры и рецензии, информация о программах и совещаниях, о деятельности учреждений, общественных организаций и отдельных специалистов в России и за ее пределами.

Редакционная политика

Редакции журнала не интересны материалы, основанные на компиляции давно известных фактов! Это не может считаться научной статьей!

Все присланные материалы проверяются при помощи программы «Антиплагиат». В разделах «Результаты», «Выводы» оригинальность должна превышать 80%. Специфика разделов «Введение», «Материалы и методы» позволяет снизить этот показатель до 60%.

Журнал строго следит за соблюдением следующих положений этики научных публикаций

Автор не должен публиковать рукопись, по большей части посвященную одному и тому же исследованию, более чем в одном журнале как оригинальную публикацию.

Представление одной и той же рукописи одновременно более чем в один журнал воспринимается как неэтичное поведение и неприемлемо.

Авторами публикации могут выступать только лица, которые внесли значительный вклад в формирование замысла работы, разработку, исполнение или интерпретацию представленного исследования. Все те, кто внес значительный вклад, должны быть обозначены как соавторы. В тех случаях, когда участники исследования внесли существенный вклад по определенному направлению в исследовательском проекте, они должны быть указаны как лица, внесшие значительный вклад в данное исследование (в сноске).

Нельзя представлять в качестве соавторов тех, кто не участвовал в исследовании. Все соавторы должны одобрить окончательную версию работы и согласиться с представлением ее к публикации.

Рецензирование

Помогает членам редакционной коллегии принять решение о публикации и, при соответствующем взаимодействии с автором, также может помочь ему повысить качество работы. Таким образом, рецензирование – не просто инструмент отбора, но и средство, повышающее научный уровень статьи.

Кроме того, рецензент выявляет значимые опубликованные работы, соответствующие теме и не включенные в библиографию к рукописи. На любое утверждение (наблюдение, вывод или аргумент), опубликованное ранее, в рукописи должна быть соответствующая библиографическая ссылка. Рецензент также обращает внимание редакционной коллегии на обнаружение существенного сходства или совпадения между рассматриваемой рукописью и любой другой опубликованной работой, находящейся в сфере его научной компетенции.

Авторы доклада об оригинальном исследовании должны предоставлять достоверные результаты проделанной работы, как и объективное обсуждение значимости исследования. Данные, лежащие в основе работы, должны быть представлены безошибочно. Работа должна содержать достаточно деталей и библиографических ссылок для возможного воспроизведения. Ложные или заведомо ошибочные утверждения воспринимаются как неэтичное поведение и неприемлемы.

Обзоры также должны быть объективными, точка зрения автора должна быть четко обозначена.

Плата за публикацию

Редакция не взимает с авторов плату за подготовку, размещение и печать материалов.

Язык публикаций

Журнал принимает к рассмотрению и публикует материалы на русском и английском языках.

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. № 2

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 29.06.2025.
Формат 60×90 1/16. Гарнитура «Liberation Serif».
Объем 7,6 п. л. Тираж 1000 экз.