

ISSN 2500-2961
УДК 55:57:58:59:61:91

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ

2023. Т. 13. № 1

**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_mgou@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

2023. Vol. 13. No. 1

Socialno-ecologicheskie Technologii

**The Founder
and Publisher:**

Moscow Pedagogical
State University

Mass media
registration
certificate

ПИ № ФС 77–67765
as of 17.11.2016

Editorial office:

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

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

The journal has been published since 2011

The journal is published 4 times a year

E-mail: izdat_mgopu@mail.ru

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

Редакционная коллегия

Главный редактор

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

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 (ВАК Республики Беларусь); заведующий кафедрой ботаники, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь

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

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

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

Михаил Сергеевич Яблоков – кандидат биологических наук; эксперт WWF России

Владимир Иванович Яшкичев – доктор химических наук, профессор; профессор кафедры экологии и природопользования географического факультета, Московский педагогический государственный университет

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 – expert WWF Russia

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

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

Т.С. Завидовская, М.В. Ларионов

О новом местонахождении
и о некоторых экологических особенностях
Salvinia natans (L.) All. в экологических системах
Оско-Донской равнины (в бассейне реки Хопёр) 9

С.В. Наугольных, Д.В. Солодянкин

Ископаемая флора местонахождения Сосновое
(Суксунский район Пермского края;
нижняя пермь, кунгурский ярус) 25

Б.В. Прошкин, А.В. Климов

Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica*
и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание
в естественных местообитаниях 41

ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ И УРБОЭКОЛОГИЯ

А.В. Синдирева, Г.Р. Терентьев

Экологическая оценка содержания тяжелых металлов
и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий
города Тюмени. 57

ОПЫТ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

В.А. Табуницкий, Р.В. Горбунов

Применение концепции экологической ниши
при анализе конфликтов природопользования
в речных бассейнах (на примере бассейнов рек
северо-западного склона Крымских гор) 77

Contents

STUDY AND CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY

T.S. Zavidovskaya, M.V. Larionov

On the new location and some ecological features
of *Salvinia natans* (L.) All. in the ecological systems
of the Oka-Don plain (in the basin of the Khopyor river) 9

S.V. Naugolnykh, D.V. Solodjankin

Fossil flora of the Sosnovoe locality
(Suksun District of the Perm region;
Lower Permian, Kungurian) 25

B.V. Proshkin, A.V. Klimov

Anthropogenic hybridization
of *Populus* × *sibirica* and *Populus nigra* in Siberia.
Crossbreeding in natural habitats 41

ANTHROPOGENICALLY MODIFIED ECOSYSTEMS AND URBAN ECOLOGY

A.V. Sindireva, G.R. Terentev

Ecological assessment of heavy metals
and petroleum products in soils
of roadside areas of Tyumen city 57

EXPERIENCE ENVIRONMENTAL STUDY AREAS

V.A. Tabunshchik, R.V. Gorbunov

Application of ecological niche concept in the analysis
of nature management conflicts in river basins
(on the example of river basins of the North-Western slope
of the Crimean Mountains) 77

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-9-24

УДК: 502.75

Т.С. Завидовская¹, М.В. Ларионов^{2, 3, 4}

¹ Воронежский государственный университет,
394018 г. Воронеж, Российская Федерация

² Государственный университет по землеустройству,
105064 г. Москва, Российская Федерация

³ Российский государственный социальный университет,
129226 г. Москва, Российская Федерация

⁴ Государственный университет управления,
109542 г. Москва, Российская Федерация

О новом местонахождении и о некоторых экологических особенностях *Salvinia natans* (L.) All. в экологических системах Окско-Донской равнины (в бассейне реки Хопёр)

Выявлено новое место нахождения *Salvinia natans* (L.) All., приуроченное к старичному озеру. Оно находится на начальном этапе обособления от основного русла реки Хопёр. *S. natans* входит в состав сообщества кубышки желтой. Указываются некоторые особенности строения и обитания этого растения в условиях Прихоперья. Показана зависимость



распространения вида на территории Окско-Донской равнины от гидрологического, метеоклиматического и экологического факторов. Рассматриваются современные тенденции расширения ареала вида с позиций его биологии и экологии. Расширение границ распространения *Salvinia natans* на территории Окско-Донской равнины рассматривается как следствие климатических перестроек на глобальном и региональном уровнях. Данный вид можно считать индикатором особенностей структурной организации и состояния природной растительности в бассейне реки Хопёр. *S. natans* может также рассматриваться в качестве биоиндикатора ландшафтных изменений и метеоклиматических сдвигов. Это характерно как для Окско-Донской равнины, так и для территории Восточно-Европейской равнины в целом.

Ключевые слова: флора, Красная книга, биологическое разнообразие, *Salvinia natans*, экосистемы, Окско-Донская равнина, Прихопёрье

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Завидовская Т.С., Ларионов М.В. О новом местонахождении и о некоторых экологических особенностях *Salvinia natans* (L.) All. в экологических системах Окско-Донской равнины (в бассейне реки Хопёр) // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 9–24. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-9-24

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-9-24

T.S. Zavidovskaya¹, M.V. Larionov^{2, 3, 4}

¹ Voronezh State University,
Voronezh, 394018, Russian Federation

² State University of Land Use Planning,
Moscow, 105064, Russian Federation

³ Russian State Social University,
Moscow, 129226, Russian Federation

⁴ State University of Management,
Moscow, 109542, Russian Federation

On the new location and some ecological features of *Salvinia natans* (L.) All. in the ecological systems of the Oka-Don plain (in the basin of the Khopyor river)

The new locality of *Salvinia natans* (L.) All., confined to oxbow lake, has been identified. It is located at the initial stage of isolation from the main channel of the Khopyor river. *S. natans* is part of the yellow pod community. Some features of the structure and habitation of this plant in the conditions of the Khopyor river region are indicated. The dependence of the distribution of the species on the territory of the Oka-Don Plain on the hydrological, meteorological and ecological factors is shown. The current trends in the expansion of the range of the species are considered from the standpoint of its biology and ecology. The expansion of the distribution boundaries of the *S. natans* in the territory of the Oka-Don Plain is considered as the consequence of climatic changes at the global and regional levels. This species can be considered of the indicator of the features of the structural organization and the state of natural vegetation in the Khoper River basin. *S. natans* can also be considered as the bioindicator of the landscape changes

and meteorological shifts. Moreover, this is characteristic of the Oka-Don Plain and the whole territory of the East European Plain.

Key words: flora, Red Data Book, biodiversity, *Salvinia natans*, indicator of the meteorological and landscape changes, ecosystems, the Oka-Don Plain, the Khopyor River Region

FOR CITATION: Zavidovskaya T.S., Larionov M.V. On the new location and some ecological features of *Salvinia natans* (L.) All. in the ecological systems of the Oka-Don plain (in the basin of the Khopyor river). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 9–24. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-9-24

Введение

Обнаружение нового места нахождения вида само по себе является значимым событием. Изменения растительного покрова с наблюдаемым в последние десятилетия ускоренным трендом его трансформации, триггерами которой выступают как естественные, так антропогенные воздействия, определяют необходимость мониторинга основных составляющих – флоры и растительности. С точки зрения контроля флористических объектов, приоритетное значение имеют виды разных категорий статуса редкости, а также виды, относящиеся к так называемому «мониторинговому» списку региональной Красной книги.

Отражением текущей ситуации состояния растительного покрова является требование Министерства природных ресурсов и экологии РФ об издании Красной книги не реже одного раза в 10 лет. Первоисточником информации для глобальных обобщений являются, как и столетия назад, локальные точечные флористические исследования.

Вышесказанное определило актуальность и значимость данного исследования.

Территория Окско-Донской равнины характеризуется уникальностью ландшафтов и образованных в них экологических систем. В долинных и прибрежных природных комплексах бассейна реки Хопёр традиционно занимаются рекреационной и краеведческой деятельностью, что связано с относительной сохранностью естественных лесных, луговых, озерных фитоценозов в пойме этой реки. Наблюдение за природными комплексами и, прежде всего, за местными видами растений имеет большое информационное, краеведческое, научное и природоохранное значения.

В июне 2021 г. при изучении растительного покрова Воронежского Прихоперья нами был обнаружен редкий вид *Salvinia natans* (L.) All.:

Воронежская обл., Борисоглебский городской округ, пойма р. Хопёр, озеро-старица, 51.412306 N, 42.364073 E, 23.06.2021, Т.С. Завидовская. Гербарный сбор хранится в секции дикорастущих растений кабинета естествознания Борисоглебского филиала Воронежского государственного университета.

Цель исследования: дать характеристику нового местонахождения и экологических особенностей вида *Salvinia natans* (L.) All. на территории Прихоперья в контексте изучения особенностей распространения вида с учетом глобальных тенденций изменения растительного покрова и ландшафтно-экологических процессов.

Материалами для написания данной статьи послужили полевые исследования, которые проводились в 2021–2022 гг. в течение вегетационного периода в бассейне реки Хопёр на северо-востоке Воронежской области, на территории Борисоглебского городского округа и Грибановского района. В ходе работы использовались общепринятые методы геоботанических исследований [Полевая геоботаника, 1964], картографический и аналитические методы.

Общие особенности сальвинии плавающей

Сальвиния плавающая включена в Красную книгу ряда областей: Московской со статусом 2 [Щербаков, Любезнова, 2018], Пензенской со статусом 3 [Красная книга..., 2013], Тамбовской со статусом 4 [Красная книга..., 20196]. Исключена из Красной книги Ростовской (2014) и Воронежской (2019) областей как вид, расширяющий свой ареал и не нуждающийся в специальных мерах охраны. Однако по результатам более поздних исследований редких видов, произрастающих на территории Воронежской области [Охраняемые сосудистые..., 2021], сальвинию плавающую предлагается относить к уязвимым видам, требующим постоянного контроля и наблюдения («мониторинговый» список). К сходному выводу приходят и исследователи, занимающиеся изучением сальвинии на территории Тамбовской области [Красная книга..., 20196], которые обращают внимание на необходимость проведения мониторинга состояния популяций вида, поскольку сальвиния – вид «неопределенного статуса, достаточной информации о котором в настоящее время нет» [Там же, с. 57].

Этот вид заслуживает особого внимания в силу ряда обстоятельств. Ряд исследователей относят ее к реликтовым видам [Спрыгин, 1938; Дорофеев, 1963; Кулуев и др., 2018; Красная книга..., 20196]. Многочисленные остатки древних представителей рода *Salvinia* типичны для миоценовой флоры региона [Дорофеев, 1988]. *S. natans* – вторично водный

папоротник, у которого наблюдается редукция ряда структур, связанная с переходом к обитанию в водной среде. Наконец, отмечается положительная тенденция изменения численности и встречаемости вида в последнее десятилетие на территории Воронежской и ряда других областей [Сальвиния плавающая..., 2018], причины этого нуждаются в уточнении.

Salvinia natans – термофильный плюризональный вид, широко распространенный на территории Голарктического царства: в Евразии, Северной Америке, Северной Африке. Однако приурочен он к водоемам теплых и умеренно теплых областей, лишь местами и незначительно проникающим в лесную зону [Флора СССР, 1934].

В соответствии с классификацией И.М. Распопова, *S. natans* относится к экологической группе плейстофитов – полупогруженных растений с плавающими на поверхности воды листьями [Распопов, 1977].

Фитоценотическая роль вида испытывает значительные изменения в одном и том же водоеме по годам: от доминирования путем формирования обширных зарослей до небольших скоплений и единичных особей [Титов, Печенюк, 1990]. Вероятно, это можно объяснить некоторой цикличностью жизненного пути данного вида папоротника. Довольно специфичны общевидовые особенности биологии и экологии, имеют место межпопуляционные различия в жизненных циклах, стратегиях занятия экологических ниш и освоения нового пространства, в различиях пределов экологических валентностей по отношению к лимитирующим экологическим факторам.

Особенности строения и обитания *Salvinia natans* (L.) All. в условиях Прихоперья

На территории ареала вид приурочен к озерам-старикам, протокам с замедленным течением, заливам и заводям рек, реке – озерам. По Воронежской области ранее проходила северная граница распространения сальвинии на территории Донского бассейна [Красная книга..., 2011]. Вероятно, наиболее раннее упоминание сальвинии плавающей в регионе было сделано в бассейне Хопра и принадлежит И.А. Гюльденштедту, который в 1769 г. к своему великому удивлению обнаружил его в одном из водоемов у Новохопёрской крепости¹. В настоящее время находки известны из половины районов области. Здесь она встречается в бассейнах таких рек, как Дон, Воронеж, Битюг, Хопёр [Там же, 2011].

¹ Гюльденштедт И.А. О Воронежской губернии. Перев. Т. Томановского и Т. Попова // Памятная книжка Воронежской губернии на 1914 г. / Сост. Д.Г. Тюменев. Воронеж, 1914. С. 113–120.

Ближайшей к району данного исследования территорией и наиболее изученной с точки зрения распространения *Salvinia natans* является Хоперский государственный природный заповедник. В его водоемах сальвиния плавающая как редкий вид впервые подробно стала изучаться С.А. Красовской (1940). В дальнейшем мониторинг водной флоры позволил выявить особенности распространения, экологии, динамики редкого водного папоротника [Титов, Печенюк, 1990; Печенюк, 2017]. Здесь растение встречается как в мелководных и пересыхающих водоемах, так и в глубоководных постоянных. Изучение большого количества водоемов (от 231 до 409) в течение второго десятилетия XXI в., осуществляемые Е.В. Печенюк, позволили установить, что *S. natans* встречается с частотой от 20,92 до 76,73%. Средняя частота встречаемости, вычисленная на основе литературных данных [Печенюк, 2017], составила 46,51%. При этом в середине 1980-х гг. аналогичный показатель составлял 70% [Титов, Печенюк, 1990].

Таким образом, говорить о том, что встречаемость вида на территории Хоперского государственного природного заповедника (северо-восток Воронежской области) увеличивается, оснований нет, и наблюдение за локальными популяциями *S. natans* обоснованно продолжается.

Одним из ключевых вопросов биологии и экологии сальвинии плавающей остается вопрос о годовых колебаниях численности. В связи с тем, что макроспоры сохраняют всхожесть в течение нескольких лет, этот однолетний папоротник может появляться в водоемах при их обводнении после пересыхания. В литературе встречаются высказывания о том, что динамика численности в том или ином водоеме зависит от погодных условий: максимум наблюдается в многоводный год после засушливых лет в результате массового прорастания покоящихся диаспор [Титов, Печенюк, 1990; Красная книга..., 2011]. Тем самым ценотическая значимость вида ставится в зависимость от степени обводнения поймы.

Новейшие исследования выявили отсутствие достоверной корреляции между встречаемостью сальвинии плавающей и глубиной водоема [Печенюк, 2017]. «При массовом развитии, что случается нечасто, вид образует сплошные заросли на поверхности воды с проективным покрытием до 100%, независимо от глубины водоемов» [Там же, с. 168].

Борисоглебский городской округ расположен в Битюго-Хопёрском гидрологическом районе, для которого характерен низкий поверхностный и подземный сток, маломощные водоносные горизонты, вследствие чего низка интенсивность подземного питания рек. В соответствии с районированием водоносных горизонтов [Курдов, 1984] подземные

воды, питающие реки, связаны с флювиогляциальными отложениями и песками неогенового возраста.

Река Хопёр, второй по величине притон Дона, транзитная, заходит на территорию округа участком среднего течения. Длина Хопра в пределах Воронежской области 206 км. Русло отличается значительной извилистостью. Меандрирование реки способствует формированию озер-стариц. Озерность в бассейне Хопра составляет 0,70–0,80%. В бассейне Хопра зарегистрировано 116 озер [Дмитриева, 2015], преимущественно пойменных. Они располагаются цепочкой вдоль главного русла реки и представляют остатки старого русла, находящиеся на разных стадиях формирования.

Озеро-старица, в котором было обнаружено новое местообитание *Salvinia natans*, находится на начальном этапе обособления от основного русла Хопра. Поскольку какие-либо сведения о данном участке реки отсутствуют, в качестве основного источника информации о формировании озера послужили картографические данные.

На «Геометрической карте Тамбовского наместничества» (1791)² зафиксирован меандр, далеко отклоняющийся от русла в южном направлении (рис. 1). На протяжении XIX в. и большей части XX в. существенных изменений в конфигурации речной извилины картографы не фиксируют (рис. 2). Однако топографические карты Европейской части России начала XXI в. уже демонстрируют спрямленное русло Хопра и наличие обособленного озера-старицы, которое в нижней части по-прежнему соединено с основным руслом (рис. 3). Таким образом, с высокой долей вероятности можно предположить, что наиболее существенные изменения на данном участке поймы произошли в 1990-е гг.

В настоящее время сохраняется соединение старицы с основным руслом Хопра в нижней части. В летний период с низкой обводненностью поймы, которая имела место в 2021 г., участки озера с открытой водой значительно сокращались, большая часть сильно мелела и зарастала. Особенно это касалось верхней части старицы, которая полностью утратила соединение с основным руслом. Обособилась центральная часть старицы, потерявшая к августу 2021 г. связь с руслом реки. Непосредственно у уреза реки образовался небольшой илистый пляж, далее по мере удаления от молодого участка русла наблюдается формирование пойменного леса, который испытывает сильный прессинг рекреации.

² Геометрическая карта Тамбовского наместничества / Сочинена в 1791-м Году в Тамбовской межевой конторе; [подписали]: помощник землемера Иван [Чернов], директор чертежной поручтик Лаврентий Корпылев. Тамбов: Тамбовская межевая контора, 1791.



Рис. 1. Фрагмент геометрической карты Тамбовского наместничества (1791 г.)

☆ – место нахождения *Salvinia natans*

Fig. 1. The fragment of the Geometric map of the Tambov Region governorship (1791)

☆ – *Salvinia natans* habitat

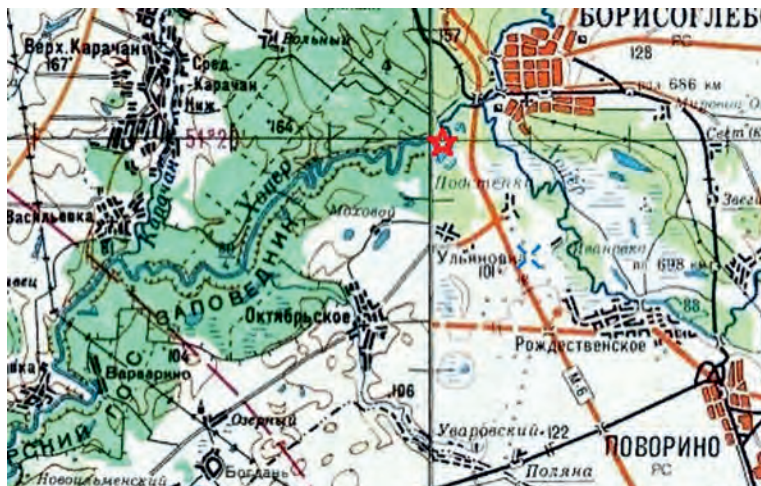


Рис. 2. Фрагмент топографической карты времен СССР

☆ – место нахождения *Salvinia natans*

Fig. 2. The fragment of the Topographic map of the USSR

☆ – *Salvinia natans* habitat



Рис. 3. Фрагмент современной топографической карты Европейской части России

☆ – место нахождения *Salvinia natans*

Fig. 3. The fragment of the Topographic map of the European part of Russia

☆ – *Salvinia natans* habitat

В 2022 г. высокий уровень паводка и значительная обводненность поймы способствовали соединению разрозненных участков старицы в течение большей части летнего периода, перемычки в тыловой части наметились в конце июня – начале июля.

Salvinia natans в данном местообитании входит в состав сообщества кубышки желтой (рис. 4). Оно располагалось в 2021 г. на глубине 50–80 см, в 2022 г. – 140–170 см. Видовой состав фитоценоза беден, значительных различий по этому параметру по годам не обнаружено. Наряду с кубышкой и сальвинией встречались стрелолист обыкновенный, рогоз узколистный, роголистник погруженный, единично водокрас лягушачий, многокоренник обыкновенный.

В течение двух вегетационных периодов доминировала кубышка желтая, ее проективное покрытие в среднем составляло 85%, варьируя на отдельных участках от 70 до 95%. Сальвиния плавающая также

не меняла своей фитоценотической роли на протяжении двух лет наблюдения. Этот папоротник занимал небольшие свободные участки между листьями кубышки. По-видимому, данные растения приспособлены делить ресурсы занимаемой экологической ниши без относительного ущерба для воспроизведения и состояния своих популяций.

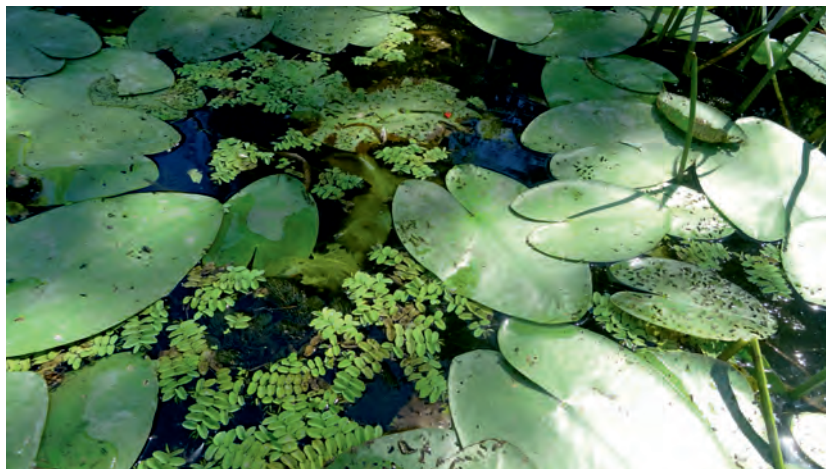


Рис. 4. Сообщество кубышки желтой с сальвинией плавающей, 2022 г.
Фото Т.С. Завидовской

Fig. 4. The community of the *Nuphar lutea* with *Salvinia natans*, 2022
Photo by T.S. Zavidovskaya

Тенденции расширения ареала вида

Безусловно, многие причины, влияющие на численность популяций и на отнесение вида *Salvinia natans* к конкретному статусу, требует продолжения исследований и наблюдений. Проведенный мониторинг позволил выявить, во-первых, фактическое нахождение вида в природных водных экосистемах бассейна реки Хопёр. Во-вторых, некоторые геоморфологические, гидрологические явления и, возможно, метеоклиматические условия оказывают определенное влияние на распространение вида по территории Окско-Донской равнины. Ввиду существенного изменения климата, согласно многим современным исследованиям, идет значительное обмеление Дона и рек в его бассейне. К сожалению, и реки Хоперского бассейна, являющегося базовым суббассейном для Дона, подвержены обмелению, заилению, зарастанию берегов

и нарушению гидрологического и экологического режимов. Ландшафтные изменения связаны и с существенным меандрированием рек Хоперского бассейна.

В совокупности становится очевидным, что фактор варьирования и в отдельные годы падение уровня водности в реке Хопер и в других реках на Окско-Донской равнине способствуют перестройке водных и экотонных с ними прибрежных сообществ. В случае гидрофитов и, в том числе, применительно к рассматриваемому виду *Salvinia natans*, их зависимость от гидрологического, метеоклиматического и экологического факторов является очевидной.

Кроме того, надо отметить и еще возможную причину. Это рекреационная активность населения. Замечено, что в условиях социально-экономической напряженности у населения инициируется альтернативная потребность в рекреационном (и в сельскохозяйственном) природопользовании. Посещение природных комплексов в долинных и прибрежных территориях увеличивается. Рекреация на прибрежных территориях может являться значимым природным фактором, ограничивающим распространение сальвинии плавающей по территории. С другой стороны, вариабельность гидрологических процессов позволяет в определенной мере уравновесить и даже снизить процесс рекреационного давления на водные и прибрежные экологические системы и на данный вид в частности. В итоге, можно предположить, что на распространение, жизненный цикл и экологию рассматриваемого вида действует круг первостепенных экологических факторов, определяющих ее текущий статус.

Безусловно, требуется серьезная нормативно-административная регламентация рекреационного и промыслового природопользования в долинных комплексах, в пойме и непосредственно в прибрежных экотонах, а также в самих водоемах. Вид *Salvinia natans* нуждается в охране ввиду уникальности его географии, экологии и биологии.

Заключение

На территории Окско-Донской равнины расширение границ распространения *Salvinia natans* как вероятное следствие климатических перестроек на глобальном и региональном уровнях и появление ее в новых местах, не учтенных ранее, является фактом, нашедшим отражение в изменении статуса вида в Красной книге Воронежской области.

В последние десятилетия отмечается четкая тенденция смещения границы ареала сальвинии плавающей к северу. Это определенное свидетельство в изменениях в ландшафтно-метеоклиматических условиях,

характерных в целом для Окско-Донской равнины. Поэтому рассматриваемый вид можно считать не только индикатором структурной организации и состояния природной растительности в бассейне реки Хопёр, но и биоиндикатором метеоклиматических сдвигов, как на Окско-Донской равнине, так и в целом на Восточно-Европейской равнине.

Безусловно, проведенный биоэкологический мониторинг позволяет на региональном уровне приблизиться к механизмам в популяционных процессах. Также проведенное исследование представляет определенную основу для последующего анализа процессов и связей на экосистемном и ландшафтом уровнях, что в настоящее время важно и актуально в деле познания механизмов формирования растительности и динамики ландшафтов.

Вместе с тем, ряд неизученных вопросов биологии и экологии сальвинии плавающей и прежде всего вопросов, касающихся особенностей многолетней динамики локальных популяций, настоятельно рекомендуют дальнейшие исследования данного вида, поскольку ответ на них может выявить факторы для объективного и точного прогнозирования распространения одного из древнейших сосудистых растений региона и единственного водного папоротника бассейна Дона и его суббассейна, образованного рекой Хопёр и его притоками.

Библиографический список / References

Дмитриева В.А. Водные ресурсы Воронежской области в условиях меняющихся климата и хозяйственной деятельности. Воронеж, 2015. [Dmitrieva V.A. Vodnye resursy Voronezhskoj oblasti v usloviyakh menyayushhikhhsya klimata i khozyajstvennoj deyatel'nosti [Water resources of the Voronezh region in conditions of changing climate and economic activity]. Voronezh, 2015.]

Дорофеев П.И. Третичные флоры Западной Сибири. М.; Л., 1963. [Dorofeev P.I. Tretichnye flory Zapadnoj Sibiri [Tertiary flora of Western Siberia]. Moscow; Leningrad, 1963.]

Дорофеев П.И. Миоценовые флоры Тамбовской области. Л., 1988. [Dorofeev P.I. Miotsenovyie flory Tambovskoj oblasti [Miocene flora of the Tambov region]. Leningrad, 1988.]

Красная книга Воронежской области: В 2 т. Т. 1. Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, 2011. [Krasnaya kniga Voronezhskoj oblasti [The Red Book of the Voronezh Region]. Vol. 1. Plants. Lichens. Mushrooms. Voronezh, 2011.]

Красная книга Пензенской области: В 2 т. / Иванов А.И., Новикова Л.А., Чистякова А.А. и др. Т. 1: Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения. 2-изд. Пенза, 2013. [Ivanov A.I., Novikova L.A., Chistyakova A.A. et al. Krasnaya kniga Pensevskoj oblasti [The Red Book of the Pensa Region]. Vol. 1. Mushrooms, lichens, mosses, vascular plants. Pensa, 2013.]

Красная книга Ростовской области: В 2 т. / Абрамова Т.И., Волкова А.М., Демина О.Н. и др. Т. 2: Растения и грибы. Ростов-н/Д., 2014. [Abramova T.I., Volkova A.M., Demina O.N. et al. Krasnaya kniga Rostovskoj oblasti [The Red Book of the Rostov Region]. Vol. 2. Plants and mushrooms. Rostov-on-Don, 2014.]

Красная книга Воронежской области: В 2 т. Т. 1. Растения. Лишайники. Грибы / Под ред. В.А. Агафонова. Изд. 2-е, испр. и доп. Воронеж, 2019а. [Krasnaya kniga Voronezhskoj oblasti [The Red Book of the Voronezh Region]. Vol. 1. Plants. Lichens. Mushrooms. V.A. Agafonov (ed.). Voronezh, 2019.]

Красная книга Тамбовской области: Мхи, сосудистые растения, грибы, лишайники / Соколов А.С., Соколова Л.А., Третьяков В.С. и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. Тамбов, 2019б. [Sokolov A.S., Sokolova L.A., Tretyakov V.S. et al. Krasnaya kniga Tambovskoj oblasti [The Red Book of the Tambov Region]. Mosses, vascular plants, mushrooms, lichens. Tambov, 2019.]

Красовская С.А. Список высших растений Хоперского заповедника // Тр. Хоперского гос. заповедника. М., 1940. Вып. 1. С. 284–343. [Krasovskaya S.A. List of higher plants of the Khopersky Reserve. *Trudy Khoperskogo gosudarstvennogo zapovednika*. М., 1940. Vol. 1. Pp. 284–343. (In Rus.).]

Кулуев Б.Р., Артюхин А.Е., Михайлова Е.В. Новые находки *Salvinia natans* L. (All.) в Нуримановском районе Республики Башкортостан // Биомика. 2017. Т. 9. № 2. С. 136–140. [Kuluev B.R., Artyukhin A.E., Mikhajlova E.V. The discovery of *Salvinia natans* L. (All.) in Nurimanovsky district of the Republic of Bashkortostan. *Biomika*. 2017. Vol. 9. No. 2. Pp. 136–140. (In Rus.)]

Охраняемые сосудистые растения Воронежской области / Щербakov А.В., Григорьевская А.Я., Владимиров Д.Р. и др. Воронеж, 2021. [Shherbakov A.V., Grigorevskaya A.Ya., Vladimirov D.R. et al. Okhranyaemye sosudistye rasteniya Voronezhskoj oblasti [Protected vascular plants of the Voronezh region]. Voronezh, 2021.]

Печенюк Е.В. Редкие гидрофиты Хоперского заповедника: распространение по территории заповедника и динамика численности видов // Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти А.И. Золотухина и Году экологии / Под ред. А.Н. Володченко. Саратов, 2017. С. 164–172. [Pechenyuk E.V. Rare hydrophytes of the Khopersky Reserve: Distribution on the territory of the reserve and the dynamics of the number of species. *Bioraznoobrazie i antropogennaya transformatsiya prirodnnykh ehkositsem*. A.N. Volodchenko (ed.). Saratov, 2017. Pp. 164–172. (In Rus.)]

Полевая геоботаника. В 5 т. Т. 3 / Под общ. ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М.; Л., 1964. [Polevaya geobotanika [Field geobotany]. Vol. 3. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagin (eds.). Moscow; Leningrad, 1964.]

Расповов И.М. Макрофиты, высшие водные растения (основные понятия) // Первая Всесоюзная конф. по высшим водным и прибрежно-водным растениям: Тезисы докладов. Борок, 1977. С. 91–94. [Rasporov I.M. Macrophytes, higher aquatic plants (basic concepts). *Pervaya Vsesoyuznaya konferentsiya po vysshim vodnym i pribrezhno-vodnym rasteniyam*. Borok, 1977. Pp. 91–94. (In Rus.)]

Курдов А.Г. Реки Воронежской области: (Вод. режим и охрана). Воронеж, 1984. [Kurdiv A.G. Reki Voronezhskoj oblasti: (Vodnyy rezhim i okhrana) [Rivers of the Voronezh region]. Voronezh, 1984.]

Сальвиния плавающая *Salvinia natans* (L.) All. в Омской области / Ефремов А.Н., Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В., Мурашко Ю.А. // Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). Екатеринбург, 2018. С. 270–273. [Efremov A.N., Sviridenko B.F., Sviridenko T.V., Murashko Yu.A. *Salvinia natans* (L.) All. in the Omsk region. *Ehkologiya i geografiya rastenij i rastitelnykh soobshhestv*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 270–273. (In Rus.)]

Спрыгин И.И. Реликты во флоре Поволжья // Проблемы реликтов во флоре СССР: Тезисы совещания. М.; Л., 1938. Вып. 1. С. 58–61. [Sprygin I.I. Relics in the flora of the Volga region. *Problemy reliktov vo flore SSSR*. Moscow; Leningrad, 1938. Pp. 58–61. (In Rus.)].

Титов Ю.В., Печенюк Е.В. Динамика травяной растительности поймы реки Хопер. Л., 1990. [Titov Yu.V., Pechenyuk E.V. Dinamika travyanoy rastitelnosti pojmy reki Khoher [Dynamics of grass vegetation of the Khoper River floodplain]. Leningrad, 1990.]

Флора СССР / Гл. ред. акад. В.Л. Комаров. Л., 1934. Т. 1. [Flora SSSR [Flora URSS]. V.L. Komarov (ed.). Leningrad, 1934. Vol. 1.]

Щербаков А.В., Любезнова Н.В. Сальвиния плавающая // Красная книга Московской области. 3-е изд., пер. и доп. / Под ред. Т.И. Варлыгина, В.А.Зубакина, Н.Б. Никитского, А.В. Свиридова. М., 2018. С. 458. [Shherbakov A.V., Lyubeznova N.V. *Salvinia natans*. Krasnaya kniga Moskovskoj oblasti. T.I. Varlygin, A.V. Zubakin, N.B. Nikitskij, A.V. Sviridov (eds.). Moscow, 2018. P. 458. (In Rus.)]

Статья поступила в редакцию 07.12.2022, принята к публикации 18.02.2023
The article was received on 07.12.2022, accepted for publication 18.02.2023

Сведения об авторах / About the authors

Завидовская Татьяна Сергеевна – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры теории и методики начального образования Борисоглебского филиала, Воронежский государственный университет, г. Борисоглебск, Воронежская обл.

Tatyana S. Zavidovskaya – PhD in Biology; associate professor at the Department of Theory and Methods of Primary Education of the Borisoglebsk Branch, Voronezh State University, Borisoglebsk, Russian Federation

E-mail: zts.ok@mail.ru

Ларионов Максим Викторович – доктор биологических наук, доцент; профессор кафедры цифрового земледелия и ландшафтного проектирования

факультета землеустройства и управления природопользованием, Государственный университет по землеустройству; доцент кафедры экологии и экосистем факультета экологии и природоохранной деятельности, Российский государственный социальный университет; профессор кафедры экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе Института отраслевого менеджмента, Государственный университет управления, г. Москва

Maxim V. Larionov – Dr. Hab. (Biology); Professor at the Department of Digital Farming and Landscape Design of the Faculty of Land Management and Environmental Management, State University of Land Use Planning; associate professor at the Department of Ecology and Ecosystems of the Faculty of Ecology and Environmental Protection, Russian State Social University; Professor at the Department of Economics and Management in the Fuel and Energy Complex of the Institute of Industry Management, State University of Management, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0834-2462>

E-mail: m.larionow2014@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Т.С. Завидовская – общее руководство исследованием, сбор и обработка данных, анализ результатов обработки данных, подготовка текста статьи

М.В. Ларионов – концептуализация работы, анализ данных, участие в подготовке текста статьи

Contribution of the authors

T.S. Zavidovskaya – general management direction of the research, data processing, analysis of the results of data processing, preparation of the text of the article

M.V. Larionov – conceptualization of the work, data analysis, preparation of the text of the article

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

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-25-40

УДК: 561

С.В. Наугольных¹, Д.В. Солодянкин²

¹ Геологический институт Российской академии наук,
119017 г. Москва, Российская Федерация

² Институт экологии растений и животных
Уральского отделения Российской академии наук,
620144 г. Екатеринбург, Российская Федерация

Ископаемая флора местонахождения Сосновое (Суксунский район Пермского края; нижняя пермь, кунгурский ярус)

Статья посвящена палеоботанической характеристике местонахождения Сосновое, расположенного в Суксунском районе Пермского края. Стратиграфически местонахождение Сосновое относится к кошелевской свите иренского горизонта кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы. В таксономический состав флоры местонахождения Сосновое входят хвощевидные *Paracalamites* spp., представленные побегами; гетероспоровые плауновидные, относящиеся к новым роду и виду; пельтаспермовые птеридоспермы *Permocallipteris* sp., гинкгофиты *Psygmodphyllum intermedium* Naugolnykh, *P. expansum* (Brongniart) Schimper, *Psygmodphyllum* sp., *Bardia mauerii* Zalesky, вальхиевые хвойные *Walchia bardaeana* Zalesky emend. Naugolnykh, войновские, представленные крупными ланцетными листьями *Ruflorea derzavini* (Neuburg) S. Meyen. Представительность геологического разреза Сосновое и его удачное расположение относительно дорожной инфраструктуры и ландшафтной приуроченности позволяют использовать его для научных, образовательных и рекреационных проектов.

Ключевые слова: палеоботаника, высшие растения, флостратиграфия, рекреационные ресурсы

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания Геологического института Российской академии наук, г. Москва.

Авторы выражают искреннюю признательность директору Кунгурского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника С.М. Мушкалову и заведующей отделом природы этого музея Л.А. Долгих за возможность ознакомиться с коллекцией растительных остатков из местонахождения Сосновое (Суксунский район Пермского края).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Наугольных С.В., Солодянкин Д.В. Ископаемая флора местонахождения Сосновое (Суксунский район Пермского края; нижняя пермь, кунгурский ярус) // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 25–40. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-25-40

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-25-40

S.V. Naugolnykh¹, D.V. Solodyankin²

¹ Geological Institute RAS,
Moscow, 119017, Russian Federation

² Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS,
Ekaterinburg, 620144, Russian Federation

Fossil flora of the Sosnovoe locality (Suksun District of the Perm region; Lower Permian, Kungurian)

The paper deals with the paleobotanical characteristics of the locality Sosnovoe, situated in the Suksun District of the Perm region, Russia. Stratigraphically the locality Sosnovoe belongs to Koshelevka Formation of Irenian Horizon (Kungurian stage of Lower Permian). Taxonomic composition of the locality Sosnovoe includes equisetophytes *Paracalamites* spp. represented by stems, heterosporous lycopodiophytes most probably belonging to new genus and species, peltaspermalean pteridosperms *Permocallipteris* sp., ginkgophytes *Psygmophyllum intermedium* Naugolnykh, *P. expansum* (Brongniart) Schimper, *Psygmophyllum* sp., *Bardia mauerii* Zalesky, walchialean conifers *Walchia bardaeana* Zalesky emend. Naugolnykh, vojnovskyans represented by large

lanceolate leaves *Rufloia derzavinii* (Neuburg) S.Meyen. Geological value of the Sosnovoe section, and its position in the local road infrastructure and landscapes allow effective use of this locality for scientific, educational, and recreation projects.

Key words: paleobotany, higher plants, phytostratigraphy, recreation resources

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the State Assignment of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow. The authors express their sincere gratitude to S.M. Mushkalov, the director of the Kungur Historical, Architectural and Art Museum-Reserve, and L.A. Dolgikh, the head of the Department of Nature of this museum, for the opportunity to get acquainted with the collection of plant remains from the Sosnovoye locality (Suksunsky district of the Perm Territory).

FOR CITATION: Naugolnykh S.V., Solodyankin D.V. Fossil flora of the Sosnovoe locality (Suksun District of the Perm region; Lower Permian, Kungurian). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 25–40. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-25-40

Материал и методика

Ископаемые остатки нижнепермских растений Приуралья кунгурско-го возраста, послужившие материалом для данной работы, были собраны авторами в местонахождении Сосновое (Суксунский район, Пермский край) (рис. 1). Помимо собственных сборов, были использованы отдельные образцы из фондовых коллекций Кунгурского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника (г. Кунгур, Пермский край).

Ранее одним из авторов статьи для этого района указывалось два близкорасположенных разреза Сосновое-1 и Сосновое-2 [Наугольных, 1998], однако вследствие разработки местными жителями небольшого карьера оба разреза слились в единое целое. По этой причине представляется целесообразным сейчас и в дальнейшей перспективе использовать общее название Сосновое для обоих местонахождений, которые, по существу, сейчас представляют собой один разрез.

Местонахождение Сосновое располагается в уступе цокольной террасы р. Чекарды (левого притока р. Сылвы) над проселочной дорогой, ведущей от д. Чекарда к устью р. Чекарда, на склоне холма (рис. 1; обнажение 3). В слоях 2 и 9 изначально были собраны остатки стеблей *Paracalamites frigidus* Neub., *Paracalamites* sp. и редкие аллохтонные остатки *Permocallipteris* sp. [Там же]. Однако дальнейшее изучение

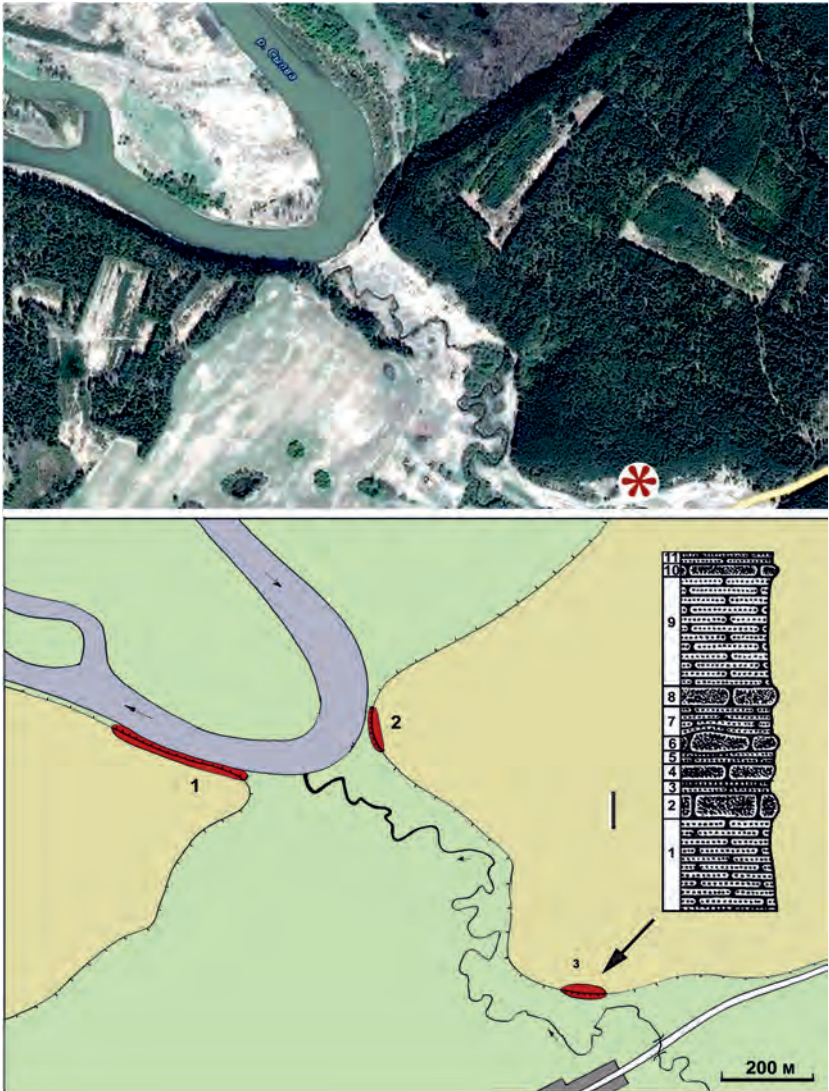


Рис. 1. Географическое расположение местонахождения Сосновое
 Красным цветом отмечены геологические разрезы, светло-зеленым –
 поймы рек Чекарды и Сылвы, цветом хаки – возвышенности
 Местонахождения (геологические разрезы): 1 – Чекарда-1; 2 – Чекарда-2;
 3 – Сосновое
 Длина масштабной линейки для стратиграфической колонки – 1 м

этого разреза различными группами исследователей и краеведов позволило существенно расширить таксономический состав флоры местонахождение Сосновое. Этим новым данным, а также значению, которое имеет местонахождение Сосновое для научных, образовательных и рекреационных целей, посвящена настоящая работа.

Таксономический состав флоры

В таксономическом составе флоры местонахождения Сосновое присутствуют представители хвощевидных, пельтаспермовых, гинкгофитов и хвойных. Доминируют побеги хвощевидных, относящиеся к роду *Paracalamites* Zalesky, а также листья псигмофиллоидов, довольно своеобразных голосеменных растений, сблизившихся ранее то с пельтаспермовыми, то относившихся к особой группе предгинкгофитов, но, согласно последним данным [Naugolnykh, 2007], относящихся непосредственно к отделу Ginkgophyta.

Остатки хвощевидных из местонахождения Сосновое представляют собой фрагменты побегов, как правило, состоящие из двух соседних междоузлий и одного узла (рис. 2, фиг. 3, 5, 6, 7). Средняя ширина побегов варьирует в пределах 8–9 мм; реже встречаются побеги шириной до 13 мм или крупнее. Все побеги несут отчетливые, хорошо развитые продольные ребра. Ребра противопоставлены в узлах (рис. 2, фиг. 3, 6, 7), но у молодых побегов, находившихся в момент перед захоронением в фазе интенсивного роста, ребра могут чередоваться в узлах (рис. 2, фиг. 5). У некоторых из побегов на продольных ребрах наблюдаются продольные желобки (рис. 2, фиг. 6), ранее отмечавшиеся для таких видов как *Paracalamites decoratus* (Eichwald) Zalesky (см., например, [Нейбург, 1964, табл. VIII, фиг. 1, 2, 2а; Владимирович, 1986, табл. 137, фиг. 3] и *P. similis* Zalesky [Нейбург, 1964, табл. X, фиг. 2], а также для форм, определенных в открытой номенклатуре как *Paracalamites* sp. SVN-1 [Наугольных, 1998, табл. I, фиг. 3, табл. III, фиг. 3]. Судя по фрагментарности остатков хвощевидных, до захоронения они претерпели некоторый перенос, который, тем не менее, вряд ли был длительным и дальним, поскольку рельеф побегов сохранился довольно хорошо.

Fig. 1. Geographical position of the Sosnovoe locality

The geological sections are marked in red color; lowland of the rivers Chekarda and Sylva are marked in light-green color; uplifting is marked in pale-brown (khaki) color

Localities (geological sections): 1 – Chekarda-1; 2 – Chekarda-2; 3 – Sosnovoe

The scale bar for the stratigraphical column is 1 m

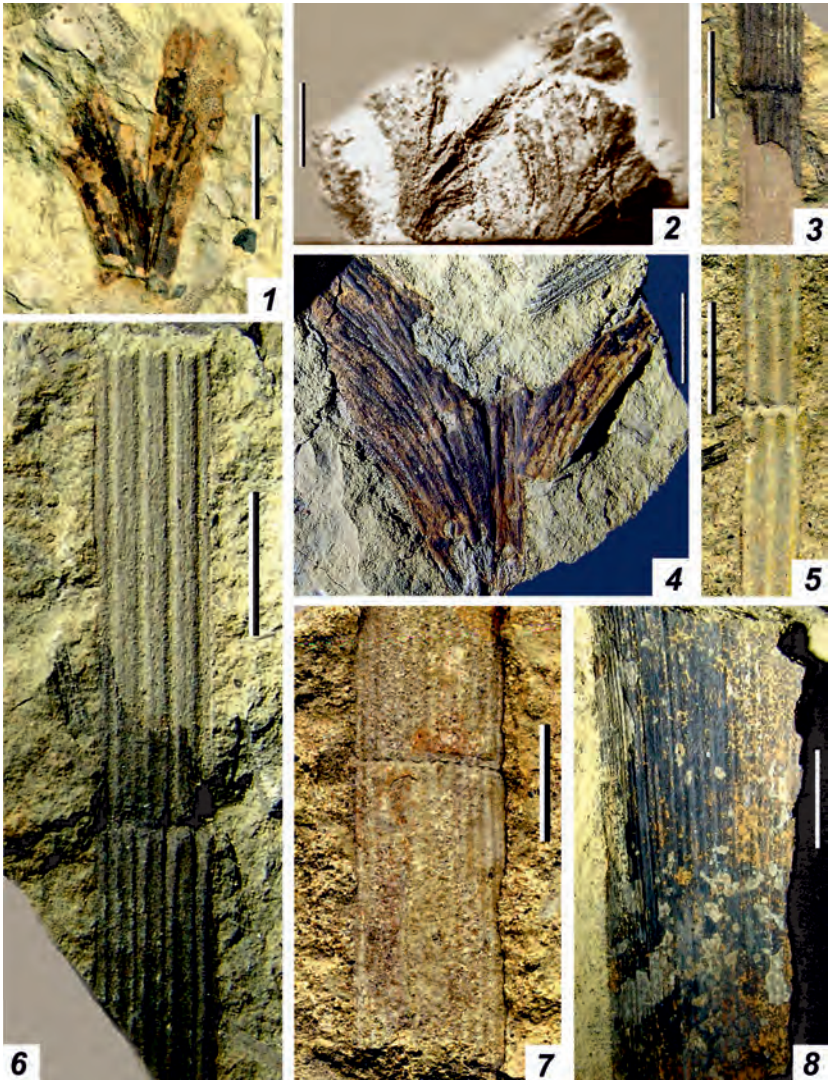


Рис. 2. Растительные остатки из местонахождения Сосновое:

- 1 – билобатный терминальный сегмент крупного листа *Psymphyllum* sp.;
 2 – фрагмент листа гинкгофита *Psymphyllum* cf. *intermedium* Naugolnykh;
 3, 5–7 – фрагменты побегов хвощевидных *Paracalamites* spp.; 4 – фрагмент
 листа гинкгофита *Psymphyllum* *expansum* (Brongniart) Schimper; 8 – средняя
 часть листа войновскиевского *Ruffloria* *derzavinskii* (Neuburg) S. Meyen

Длина масштабной линейки – 1 см

Из местонахождения Сосновое известен единственный экземпляр побега плауновидного, скорее всего, относящегося к новым роду и виду порядка Isoetales (рис. 3, фиг. 3, 4; рис. 5, фиг. 4). Ранее сходный остаток побега плауновидного, но более крупного размера, был изображен и кратко охарактеризован одним из авторов данной статьи из местонахождения Мазуевка [Naugolnykh, 2013, fig. 2C, 3] из отложений практически того же возраста (кошелевская свита, иренский горизонт кунгурского яруса, нижняя пермь). Оба побега принадлежали относительно некрупным кормозным плауновидным, внешне напоминавшим такие мезозойские роды, как *Annalepis* Fliche, *Isoetites* Münster, *Nathorstiana* Richter (подробнее см. [Grauvogel-Stamm, Lugardon, 2001]) очевидно, являвшиеся эволюционными дериватами пермских изоэтопсид.

Побеги плауновидных этого морфологического типа встречаются в отложениях дивьинской свиты (саргинский горизонт артинского яруса нижней перми), а также в кошелевской свите (кунгурский ярус; местонахождение Александровское), обнажающихся в серии геологических разрезов, расположенных в окрестностях г. Красноуфимска (Свердловская область). Скорее всего, все они принадлежали одному естественному (ботаническому) виду материнских растений, который в перспективе требует обстоятельного изучения и описания в качестве нового таксона.

В местонахождении Сосновое относительно часто встречаются листья псигомфиллоидов (о термине и статусе группы и ее представителях см. [Zalesky, 1937, 1939; Naugolnykh, 2007, 2012]). Причем нередко эти остатки отличаются хорошей сохранностью (рис. 3, фиг. 1, 2, 5; рис. 5, фиг. 1), хотя также попадаются и многочисленные фрагменты листьев (см. рис. 2, фиг. 1, 2, 4).

Судя по тому, что листья этого типа регулярно встречаются в фациях, сложенных среднезернистыми полимиктовыми песчаниками (так называемыми «табачными песчаниками»), материнские растения, которым принадлежали листья этой морфологической группы, произрастали относительно недалеко от водотоков, но не в нижних звеньях катены, а на хорошо дренируемых промывных склонах, примыкающих к высокой пойме или первой террасе речной системы.

Fig. 2. The fossil plants from the Sosnovoe locality:

- 1 – bilobate terminal segment of the large leaf *Psygmothallium* sp.; 2 – leaf fragment of the ginkgophyte *Psygmothallium* cf. *intermedium* Naugolnykh; 3, 5–7 – stem fragments of equisetophytes *Paracalamites* spp.; 4 – leaf fragment of the ginkgophyte *Psygmothallium expansum* (Brongniart) Schimper; 8 – a middle part of the vojnovskyan leaf *Rufloia derzavini* (Neuburg) S. Meyen
Scale bar is 1 cm

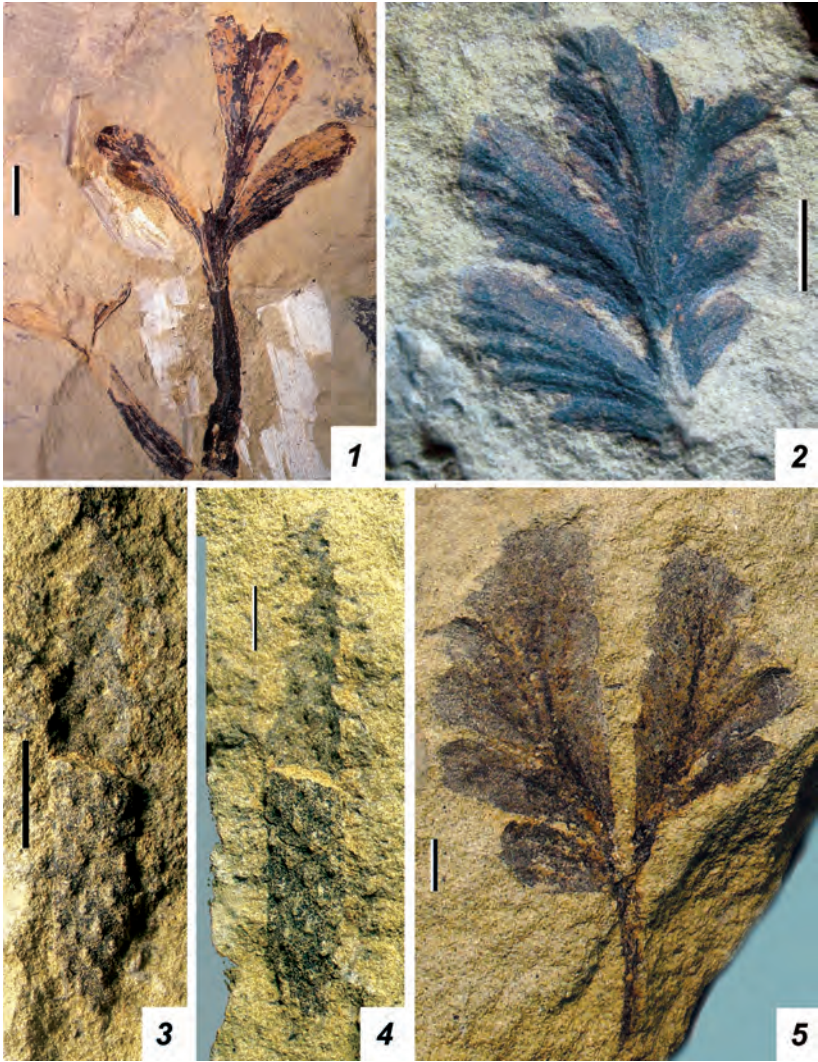


Рис. 3. Растительные остатки из местонахождения Сосновое:

1 – гинкгофит *Bardia maurerii* Zalessky, два листа, прикреплявшиеся к общему брахибласту; 2 – *Psygmaophyllum* cf. *intermedium* Naugolnykh, часть хорошо развитого листа; 3, 4 – побег кормозного гетероспорового плауновидного, с разным освещением; 5 – лист гинкгофита *P. expansum* (Brongniart) Schimper

Из коллекция Кунгурского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника

Длина масштабной линейки – 1 см

Палеогеографическую ситуацию, которая существовала в момент формирования песчаников (исходно – песков) местонахождения Сосновое, можно сопоставить с вариантом II предложенной схемы [Наугольных, 2007, схема 1], когда в условиях повышенной гидродинамики преимущество получают мезофильные элементы исходного растительного сообщества, при подчиненном значении заведомых ксерофитов. Разумеется, в этой ситуации в формирующийся танатоценоз могут быть перемещены аллохтонные остатки гигрофитов (таких как *Paracalamites* spp.) из околородного сообщества, произрастающего выше по течению того же водотока. Такой тип танатоценозов и, как следствие, ориктоценозов, может соответствовать аллополитопному типу согласно классификации ориктоценозов, предложенной Г.П. Радченко (1964).

В редких случаях в местонахождении Сосновое встречаются фрагментарные остатки крупных ланцетовидных листьев, определенных как *Rufloia derzavinii* (Neuburg) S. Meyen (см. рис. 2, фиг. 8). По мнению авторов, эти листья принадлежали войновскиевым, весьма специфическим представителям голосеменных [Meyen, 1982, 1984, 1987, 1988; Naugolnykh, 2001], которые в настоящее время обособляются в самостоятельный класс *Vojnovskyopsida* [Наугольных, 2016]. Относительная редкость этих листьев в местонахождении и их фрагментарность косвенно указывают на то, что материнские растения произрастали на удалении от формировавшегося танатоценоза, скорее всего, на возвышенных участках суши.

Такая же закономерность наблюдается и в распределении остатков хвойных. В местонахождении Сосновое одним из авторов настоящей работы (Д.В. Солодянкиным) был обнаружен побег с характерным строением, типичным для декортицированных побегов хвойных, обычно относящихся к формальному роду *Tylodendron* Weiss (рис. 4, фиг. 1–3). Однако, в отличие от обычных *Tylodendron*-подобных остатков, к побегу из Соснового прикреплялись боковые побеги последнего порядка, на которых по спирали сидели игловидные листья характерной S-образной формы. Исходя из строения этих облиственных побегов, весь этот остаток

Fig. 3. The fossil plants from the Sosnowoe locality:

1 – ginkgophyte *Bardia mauerii* Zalesky, two leaves preserved in connection to common brachyblast; 2 – *Psygmodphyllum* cf. *intermedium* Naugolnykh, a portion of the well-developed leaf; 3, 4 – a stem of cormose heterosporous lycopodiophyte, in different light; 5 – a leaf of the ginkgophyte *P. expansum* (Brongniart) Schimper

The collection of the Kungur Historical-Architecture and Art Museum

Scale bar is 1 cm

был отнесен к виду *Walchia bardaeana* Zalessky emend. Naugolnykh, характерному для нижнепермских отложений Среднего и Южного Приуралья, преимущественно для отложений кунгурского яруса.

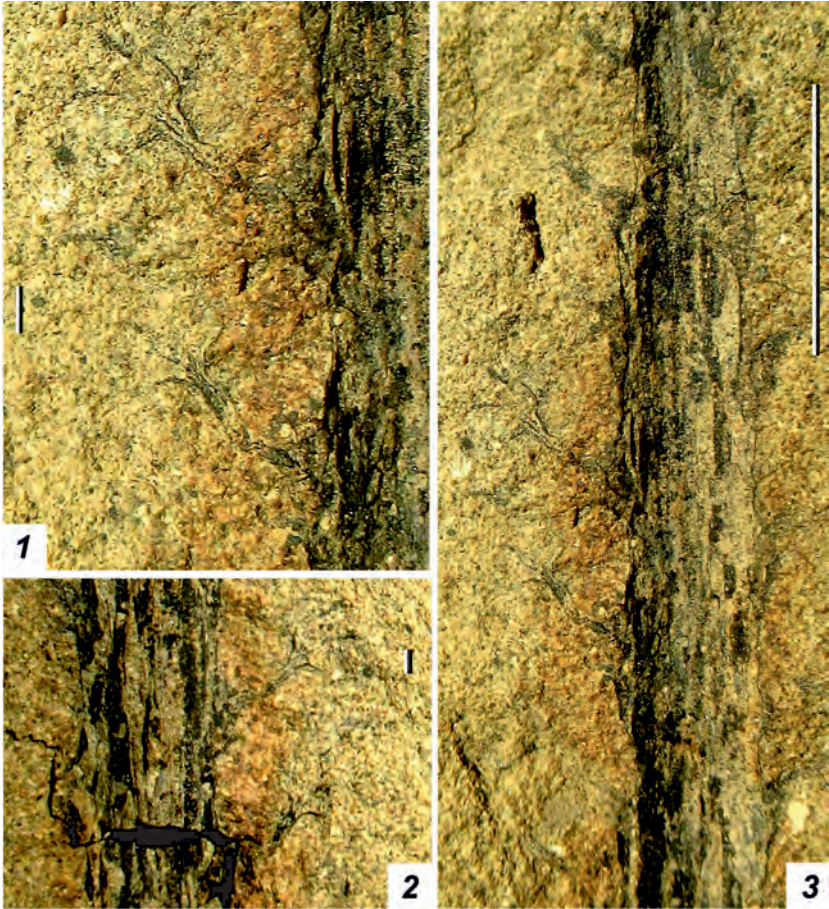


Рис. 4. Растительные остатки из местонахождения Сосновое:

1–3 – *Walchia bardaeana* Zalessky emend. Naugolnykh, побег хвойного с двумя порядками ветвления.

Длина масштабной линейки – 1 мм (фиг. 1, 2); 1 см (фиг. 3)

Fig. 4. The fossil plants from the Sosnovoe locality:

1–3: *Walchia bardaeana* Zalessky emend. Naugolnykh, the conifer branch of two branching orders.

Scale bar is 1 mm (figs. 1, 2), 1 cm (fig. 3)

Представительность остатка позволяет составить мнение об общей морфологии облиственных побегов материнского растения (рис. 5, фиг. 1–3). Редкость остатков вальхиевых хвойных в местонахождении Сосновое также указывает на приуроченность этих растений к самым высоким звеньям катены. Этот вывод хорошо согласуется с существующими представлениями об экологических предпочтениях палеозойских хвойных [Florin, 1938–1945; Barthel, 1983; Mapes, Gastaldo, 1986; Kerp et al., 1990; Meyen, 1997; Rothwell, Mapes, 1997; Ziegler et al., 2002; Naugolnykh, 2018).

Научный, образовательный и рекреационный потенциал местонахождения Сосновое

Несмотря на то, что местонахождение Сосновое располагается в непосредственной близости от местонахождений Чекарда-1 и Чекарда-2, имеющих статус особоохраняемых территорий [Наугольных, 2009; Чекарда..., 2015], это, тем не менее, самостоятельный объект, условия изучения и использования которого требуют специального обсуждения.

С одной стороны, такое близкое расположение нескольких разрезов, к которым также может быть добавлено местонахождение Юлаево, находящееся на левом берегу р. Сылвы ниже по течению от разреза Чекарда-1, способствует организации в этой районе геопарка, который мог бы включать не только обнажения отложений пермского возраста, но и плейстоценовых отложений, также очень интересных и перспективных с научной точки зрения. Но в этом случае возникает неизбежный вопрос, а как же тогда регламентировать посещение тех разрезов, на которых уже действует режим особо охраняемой природной территории (ООПТ)?

Отдельной проблемой является вопрос о ранге памятника природы Чекарда и определения, входит ли в землеотвод памятника разрез Чекарда-2. Разумеется, вопросы о режиме хозяйствования на разрезах Чекарда-1, Чекарда-2, Юлаево и Сосновое должны обсуждаться в контексте наличия или отсутствия бюджетных средств у хозяйствующих субъектов для обустройства этих памятников, организации охранных мероприятий, проведения экспертных заключений о значении и состоянии памятников и т.д. Насколько нам известно, определенности в этих вопросах нет.

Научный потенциал местонахождения Сосновое определяется, прежде всего, его представительностью. В этом разрезе обнажены отложения кошелевской свиты иренского горизонта кунгурского яруса общей мощностью более десяти метров, если учитывать отдельные выходы

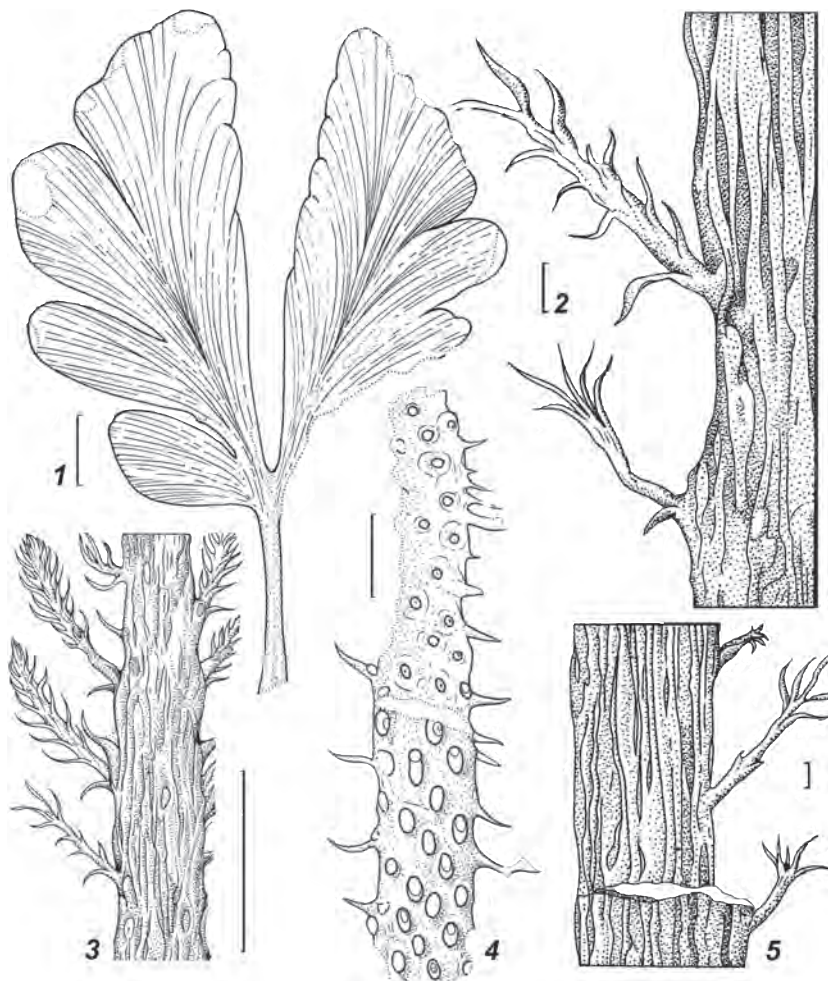


Рис. 5. Растительные остатки из местонахождения Сосновое:

1 – лист гинкгофита *Psymtophyllum expansum* (Brongniart) Schimper;

2, 3, 5 – интерпретация остатков *Walchia bardaeana* Zalesky emend.

Naugolnykh, побег хвойного с двумя порядками ветвления; 4 – побег кормозного гетероспорового плауновидного

1, 4 – из коллекции Кунгурского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника

Длина масштабной линейки – 1 мм (фиг. 2, 5); 1 см (фиг. 1, 3, 4)

алевролитов и песчаников, расположенные выше основной стенки разреза. Возникает неизбежный вопрос: а надо ли вообще поднимать тему определения или создания охранного статуса местонахождения Сосновое? Возможно, это не решит, а только усложнит проблему, связанную с организацией посещения этого разреза геологами, палеонтологами, а также музейщиками и краеведами.

Уже существующий у местонахождения стихийный карьер, если он не превратится в свалку, что, к сожалению, довольно часто бывает с геологическими разрезами в Приуралье (например, карьер у п. Успенка в Пермском крае, где находится знаменитое местонахождение строматолитов соликамского горизонта и который превращен в свалку), вполне можно сохранить при условии регулярного посещения его специалистами для проведения мониторинга, геологических наблюдений и сбора ископаемых остатков. Мониторинг может проводиться силами местных краеведов и сотрудниками музеев, например, Кунгурского историко-архитектурного и художественного музея-заповедника.

Разрез Сосновое вполне может использоваться, помимо научных целей, еще и для организации и проведения образовательных экскурсий со школьниками и студентами, а также для рекреационных целей, благодаря исключительно живописному ландшафту, в котором этот разрез располагается: в долине р. Чекарды на склоне цокольной террасы, поросшей сосновым лесом. Но все эти исследовательские, образовательные и туристические мероприятия должны организовываться и проводиться строго в правовых рамках.

Fig. 5. The fossil plants from the Sosnovoe locality:

- 1 – a leaf of the ginkgophyte *Psygmophyllum expansum* (Brongniart) Schimper;
 2, 3, 5 – interpretation of the fossils of *Walchia bardaeana* Zalessky emend. Naugolnykh figured here on Fig. 4, the conifer branch of two branching orders;
 4 – a stem of cormose heterosporous lycopodiophyte
 1, 4: the collection of the Kungur Historical-Architecture and Art Museum
 Scale bar is 1 mm (figs. 2, 5); 1 cm (fig. 1, 3, 4)

Библиографический список / References

Владимирович В.П. Высшие растения. Telomophyta // Атлас характерных комплексов пермской фауны и флоры Урала и Русской платформы. Л., 1986. С. 32–38. [Vladimirovich V.P. Higher plants. Telomophyta. *Atlas harakternykh kompleksov permskoj fauny i flory Urala i Russkoj platformy*. Leningrad, 1986. (In Rus.)]

Наугольных С.В. Флора кунгурского яруса Среднего Приуралья. М., 1998. [Naugolnykh S.V. Flora kungurskogo yarusa Srednego Priuralya [Flora of the Kungurian Stage of the Middle Urals]. Moscow, 1998.]

Наугольных С.В. Пермские флоры Урала. М., 2007. [Naugolnykh S.V. Permskie flory Urala [Permian floras of the Urals]. Moscow, 2007.]

Наугольных С.В. Flora Permica. Растительный мир пермского периода. Приуралье. М., 2016. [Naugolnykh S.V. Flora Permica. Rastitelnyy mir permskogo perioda. Priurale [Flora Permica. Flora of the Permian period. Urals]. Moscow, 2016.]

Наугольных С.В. Чекарда: следы исчезнувшего леса // Палеомир. 2009. № 2 (7). С. 20–31. [Naugolnykh S.V. Chekarda: Traces of the disappeared forest. *Paleomir*. 2009. No. 2 (7). Pp. 20–31. (In Rus.)]

Нейбург М.Ф. Пермская флора Печорского бассейна. Ч. II. Членистостебельные (Sphenopsida). М., 1964. [Neuburg M.F. Permskaya flora Pechorskogo basseyna [Permian flora of the Pechora basin]. Part II. Sphenopsida. Moscow, 1964.]

Радченко Г.П. Критерии и методы палеогеографических реконструкций прежних условий в областях древней суши по палеонтологическим данным // Методы палеогеографических исследований. М., 1964. С. 167–183. [Radchenko G.P. Criteria and methods for paleogeographic reconstructions of former conditions in ancient land areas based on paleontological data. *Metody paleogeograficheskikh issledovaniy*. Moscow, 1964. (In Rus.)]

Чекарда – местонахождение пермских ископаемых насекомых и растений / Жужгова Л.В., Пономарева Г.Ю., Аристов Д.С., Наугольных С.В. Пермь, 2015. [Zhuzhgorova L.V., Ponomareva G.Yu., Aristov D.S., Naugolnykh S.V. Chekarda – mestonakhozhdenie permskikh iskopaeemykh nasekomykh i rasteniy [Chekarda – locality of Permian fossil insects and plants]. Perm, 2015.]

Barthel M. Die Pflanzenwelt. Die Lebewelt des Rotliegenden. H. Haubold (ed.). Wittenberg Lutherstadt, 1983. S. 63–131.

Florin R. Die Koniferen des Oberkarbons und des Unteren Perms. *Palaeontographica B*. 1938–1945. Bd. 85.

Kerp H., Poort R.J., Swinkels H.A., Verwer R. Aspects of Permian palaeobotany and palynology. IX. Conifer dominated Rotliegend floras from the Saar-Nahe Basin (?Late Carboniferous – Early Permian; SW – Germany) with special reference to the reproductive biology of early conifers. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1990. Vol. 62. Pp. 205–248.

Grauvogel-Stamm L, Lugardon B. The Triassic lycopsids *Pleuromeia* and *Annalepis*: Relationships, evolution and origin. *American Fern Journal*. 2001. Vol. 91. Pp. 115–149.

Mapes G., Gastaldo R.A. Late Paleozoic non-peat accumulating floras. *Land plants. Notes for a short course. University of Tennessee. Department of Geological Sciences, Studies in Geology*. 1986. No. 15. Pp. 115–133.

Meyen S.V. The Carboniferous and Permian floras of Angaraland: A synthesis. *Biological Memoirs*. 1982. Vol. 7. Pp. 1–109.

Meyen S.V. Basic features of gymnosperm systematics and phylogeny as shown by the fossil record. *Botanical Review*. 1984. Vol. 50. No. 1. Pp. 1–111.

Meyen S.V. *Fundamentals of Palaeobotany*. London, 1987.

Meyen S.V. Gymnosperms of the Angara flora. *Origin and evolution of Gymnosperms*. Ch.B. Beck (ed.). New York, 1988. Pp. 338–381.

Meyen S.V. Permian conifers of Western Angaraland. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1997. Vol. 96. Pp. 351–447.

Naugolnykh S.V. Morphology and systematics of representatives of Vojnovskyales. *Paleontological Journal*. 2001. Vol. 35. No. 5. Pp. 545–556.

Naugolnykh S.V. Foliar seed-bearing organs of Paleozoic ginkgophytes and the Early evolution of the Ginkgoales. *Paleontological Journal*. 2007. Vol. 41. No. 8. Pp. 109–153.

Naugolnykh S.V. A new species of *Psymophyllum* Schimper from the Lower Permian of the Urals. *Paleontological Journal*. 2012. Vol. 46. No. 2. Pp. 208–218.

Naugolnykh S.V. Lower Permian (Kungurian) flora of the Mazuevka locality (Perm region, Urals, Russia): Taxonomic composition, taphonomy, and paleoecology. *The Carboniferous-Permian Transition. New Mexico Museum of Natural History and Science*. 2013. Bulletin 60. Pp. 274–285.

Naugolnykh S.V. Lower Permian conifers of the Urals: Taxonomic and morphological diversity and paleoecology. *Paleontological Journal*. 2018. Vol. 52. No. 7. Pp. 34–51.

Rothwell G.W., Mapes G., Mapes R.H. Late Paleozoic conifers of North America: Structure, diversity and occurrences. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1997. Vol. 95. Pp. 95–113.

Zalesky M.D. Sur la distinction de l'étage Bardien dans le Permien de l'Oural et sur sa flore fossile. *Problems of Paleontology*. 1937. Vol. 2–3. Pp. 37–101.

Zalesky M.D. Végétaux Permien du Bardien de l'Oural. *Problems of Paleontology*. 1939. Vol. 5. Pp. 329–374.

Ziegler A.M., Rees P. McA., Naugolnykh S.V. Differentiating global from local effects of climate change. *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2002. Vol. 39. Pp. 223–238. DOI: 10.1139/e01-075

Статья поступила в редакцию 08.12.2022, принята к публикации 18.02.2023

The article was received on 08.12.2022, accepted for publication 18.02.2023

Сведения об авторах / About the authors

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

Serge V. Naugolnykh – Dr. Hab. (Geology and Mineralogy); chief scientist officer at the Laboratory of Paleofloristics, Geological Institute RAS, Moscow, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6506-7319>

E-mail: naugolnykh@list.ru

Солодянкин Дмитрий Владимирович – лаборант-исследователь лаборатории дендрохронологии, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург

Dmitrij V. Solodyankin – research laboratory assistant at the Laboratory of Dendrochronology, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation

E-mail: solodyankin@list.ru

Заявленный вклад авторов

С.В. Наугольных – подготовка текста и иллюстраций, палеоботаническая концепция, участие в полевых работах

Д.В. Солодянкин – участие в полевых работах, обсуждение результатов

Contribution of the authors

S.V. Naugolnykh – preparation of the text and illustrations, paleobotanical concept, participation in field work

D.V. Solodyankin – participation in field work, discussion of the research results

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

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56

УДК: 674.031.623.23

Б.В. Прошкин¹, А.В. Климов^{2, 3}

¹ Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний,
654066 г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Российская Федерация

² ООО «ИнЭкА-консалтинг»,
654027 г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Российская Федерация

³ Кузбасский гуманитарно-педагогический институт
Кемеровского государственного университета,
654041 г. Новокузнецк, Кемеровская обл., Российская Федерация

Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание в естественных местообитаниях

Широкое распространение *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov в Сибирском регионе привело к его многочисленным контактам с насаждениями *P. nigra* L. и фактам антропогенной гибридизации, протекающей как на нарушенных (рудеральных), так и на естественных (пойменных) местообитаниях. Гибриды, произрастающие на этих территориях, отличаются значительным фенотипическим разнообразием, резко затрудняющим их идентификацию. Целью работы явилось изучение антропогенной гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra* в естественных местообитаниях. При этом решались следующие задачи: выявить диагностические морфологические признаки гибридов; особенности изменчивости признаков листьев исследованных таксонов; выявить влияние условий среды обитания на фенотипическое разнообразие популяций гибридов. Для достижения поставленных цели и задач обследовали по 30 репродуктивно зрелых деревьев *P. × sibirica*, *P. nigra* и их гибридов в устье реки Бии и в г. Бийске (Алтайский край). При анализе качественных признаков морфологическими маркерами выбраны: форма листовой пластинки, ее верхушки и основания,

© Прошкин Б.В., Климов А.В., 2023

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

наличие базальных железок, опушение черешка. Важнейшими морфологическими признаками, позволяющими идентифицировать гибриды, являются дифференциация укороченных побегов кроны и наличие базальных железок. Фенотипическое разнообразие насаждений *Populus nigra* и *P. × sibirica* невелико, а гибридов в указанных условиях наблюдается его рост. Наблюдаемая антропогенная гибридизация в естественных местообитаниях носит ассиметричный характер, что, как и фенотипический состав популяций гибридов, определяется действием стабилизирующего отбора.

Ключевые слова: *Populus × sibirica*, *Populus nigra*, естественные местообитания, антропогенная гибридизация, популяция, изменчивость, фенотипическое разнообразие

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Прошкин Б.В., Климов А.В. Антропогенная гибридизация *Populus × sibirica* и *Populus nigra* в Сибири. Скрещивание в естественных местообитаниях // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 41–56. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56

B.V. Proshkin¹, A.V. Klimov^{2, 3}

¹ KI of the FPS of Russia,
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654066, Russian Federation

² InEKA-Consulting LLC,
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654027, Russian Federation

³ Kuzbass Humanitarian Pedagogical Institute
of the Kemerovo State University,
Novokuznetsk, Kemerovo region, 654041, Russian Federation

Anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in Siberia. Crossbreeding in natural habitats

The wide distribution of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov in the Siberian region led to its numerous contacts with plantations of *P. nigra* L. and the facts of anthropogenic hybridization

occurring both in disturbed (ruderal) and natural (floodplain) habitats. Hybrids growing in these territories are distinguished by a significant phenotypic diversity, which makes their identification quite difficult. The aim of this work was to study the anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* with *P. nigra* in natural habitats. At the same time, the following tasks were solved: to identify diagnostic morphological features of hybrids; peculiarities of variability of traits in the leaves of the studied taxa; to identify the influence of environmental conditions on the phenotypic diversity of hybrid populations. To achieve the set goals and objectives, 30 reproductively mature trees of *P. × sibirica*, *P. nigra* and their hybrids were examined at the mouth of the Biya River and in the city of Biysk (Altai Territory). When analyzing the qualitative features, the following morphological markers were chosen: the shape of the leaf blade, its apex and base, the presence of basal glands, and petiole pubescence. The most important morphological features that make it possible to identify hybrids are the differentiation of short crown shoots and the presence of basal glands. The phenotypic diversity of *P. nigra* and *P. × sibirica* plantations is not high, and its growth is observed in hybrids under these conditions. The observed anthropogenic hybridization in natural habitats is asymmetric, which, like the phenotypic composition of hybrid populations, is determined by the action of stabilizing selection.

Key words: *Populus × sibirica*, *Populus nigra*, natural habitats, anthropogenic hybridization, population, variability, phenotypic diversity

FOR CITATION: Proshkin B.V., Klimov A.V. Anthropogenic hybridization of *Populus × sibirica* and *Populus nigra* in Siberia. Crossbreeding in natural habitats. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 41–56. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-41-56

Введение

Антропогенная гибридизация – образование межвидовых гибридов между таксонами, контакт которых обусловлен хозяйственной деятельностью человека, характерна для рода *Populus* L. [Vanden Broeck et al., 2005; Meirmans et al., 2010; Thompson et al., 2010; Eckenwalder, 2010; Roe et al., 2014; Прошкин, Климов, 2017; Климов и др., 2018]. Как и естественная гибридизация, она успешно протекает не только между таксонами одной секции, но и между представителями секции *Tacamahaca* Mill. (бальзамические тополи) и *Aigeiros* Lunell. (черные тополи). Однако, по сравнению со спонтанным скрещиванием в природе, это более сложный процесс, поскольку зачастую протекает не только с участием

чистых видов, но чаще – со сложными гибридными культиварами. В процессе интрогрессивной гибридизации важнейшим фактором, ограничивающим это явление, является обратное скрещивание гибридов F_1 с родительскими видами, этап, который является более сложным, чем последующее образование беккроссов [Meirmans et al., 2010]. Однако многие культивары часто уже являются беккроссами первого поколения, т.к. селекционеры нередко используют повторное скрещивание с одним из родительских видов для усиления хозяйственно ценных признаков. Кроме того, и гибриды F_1 , и беккроссы, используемые в культуре, не подвергаются действию тех факторов естественного отбора, которые могли бы привести к их элиминации в природных условиях при конкуренции с родительскими видами [Прошкин, Климов, 2017].

В Сибирском регионе наиболее широко распространенным в посадках культиваров тополя является *Populus × sibirica*, таксон полигибридного происхождения [Адвентивная флора, 2012; Борзенкова и др., 2022; Климов, Прошкин, 2022], вероятно, возникший в результате спонтанного скрещивания видов и гибридов секций *Tacamahaca* и *Aigeiros*. В недавнем прошлом он очень широко применялся в полезащитных насаждениях, посадках вдоль автострад, железных дорог, озеленении населенных пунктов, что привело к контакту с популяциями аборигенных видов [Прошкин, Климов, 2017]. Факты спонтанного скрещивания *Populus × sibirica* с местными видами – *P. nigra*, *P. laurifolia* Ledeb., *P. × irtyschensis* Chang Y. Yang. и *P. suaveolens* Fisch. – отмечены в различных регионах Сибири [Костина и др., 2016; Прошкин, Климов, 2017, 2019а; Насимович и др., 2019; Климов, Прошкин, 2022].

Как мы уже отмечали ранее, известные к настоящему времени факты антропогенной гибридизации тополя, в том числе и в Сибири, наблюдались как в естественных (пойменных), так и на рудеральных – нарушенных хозяйственной деятельностью человека – территориях [Thompson et al., 2010; Roe et al., 2014; Костина и др., 2016; Прошкин, Климов, 2017]. Гибридные особи тополя, произрастающие на этих территориях, отличаются значительным фенотипическим разнообразием, резко затрудняющим их идентификацию и выявление происхождения.

Рассматривая гибридизацию *P. × sibirica* с *P. nigra* в пойме р. Оби в г. Новосибирске, М.В. Костина с соавторами отмечает, что интенсивность гибридизации зависит от специфики местообитания. Так, несмотря на антропогенные нарушения, в пойме Оби преобладает *P. nigra* и гибриды, морфологически близкие к нему. Вне естественных условий, на пустыре, произрастают гибриды *P. × sibirica* с *P. nigra* с еще более широким диапазоном морфологических признаков (т.е. большим

фенотипическим разнообразием). Промежуточная ситуация наблюдается на побережье искусственного водоема – Обского водохранилища. Таким образом, гибриды, уклоняющиеся в сторону *Populus nigra*, тяготеют к естественным местообитаниям, а уклоняющиеся в сторону *P. × sibirica* – к рудеральным биотопам [Костина и др., 2016].

Исследования гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra*, проведенные в 2017 г. в пределах городской территории Новокузнецка, охватывали только нарушенные территории [Прошкин, Климов, 2017]. В 2020 г. этими же авторами было обследовано устье реки Бии. Здесь в окрестностях села Иконниково был обнаружен очаг гибридизации указанных таксонов в пойменных условиях. Растения гибридов чередовались в прирусловой зоне с *P. nigra*. Большинство из них имело семенное происхождение и оказалось на прирусловой отмели в результате переноса семян водой из городской зоны Бийска, где тополь сибирский явно преобладает в насаждениях. В результате ежегодного торошения льдом гибриды и осокорь на указанном прирусловом участке образуют клоны, возраст которых колеблется от 10 до 40 лет [Прошкин, Климов, 2020]. Взрослые особи *P. nigra* были отмечены за пределами отмели, *P. × sibirica* ни на исследуемом участке, ни за его пределами не встречались. В целом, территория находится в естественных пойменных условиях для аборигенного тополя черного. Поэтому целью настоящей работы являлось изучение антропогенной гибридизации *P. × sibirica* с *P. nigra* в естественных (пойменных) местообитаниях. При этом решались следующие задачи: выявить диагностические морфологические признаки гибридов *P. × sibirica* с *P. nigra*; особенности изменчивости признаков листьев исследованных таксонов; выявить влияние условий среды обитания на фенотипическое разнообразие популяций гибридов.

Материалы и методы

Для достижения поставленных цели и задач рандомизированно обследованы по 30 репродуктивно зрелых деревьев *P. × sibirica*, *P. nigra* и их гибридов. Особи *P. × sibirica* были отобраны в зеленых насаждениях г. Бийска. Тополь черный и гибриды – на исследованном прирусловом участке (N 52°25'35.6", E 85°05'51.9"). С южной стороны средней части кроны проводился сбор гербарного материала. С каждой особи отбиралось по 15 полностью развитых, неповрежденных листьев с укороченных побегов.

Морфологические признаки исследовались с использованием сравнительно-морфологического метода. При этом изучен комплекс признаков, рассматриваемых авторами как качественные: форма листовой

пластинки, ее верхушки и основания, наличие базальных желёзок (железки сверху на стыке черешка и листовой пластинки) и опушение черешка. Подробное описание методов исследования и изучения фенотипической изменчивости приведены в работе авторов [Климов, Прошкин, 2021a].

Опушение черешка листа исследовалось с помощью стереоскопического микроскопа МБС–10 (ЛЗОС, Россия) при увеличении 16,3×. Степень развития трихом оценивали по шкале: черешок голый, трихом нет; редко опушен, волоски рассеяны по поверхности.

Принадлежность особей к определенному фенотипу определяли по сочетанию морфологических качественных признаков.

Результаты

Как мы уже отмечали, гибриды *Populus × sibirica* с *P. nigra* наследуют от тополя сибирского дифференциацию побегов кроны, т.е. наличие укороченных побегов: дискобластов и лептобластов [Прошкин, Климов, 2017; Климов, Прошкин, 2022]. Как и у *P. × sibirica*, удлиненные порослевые побеги гибридов обычно ребристые в верхней части и цилиндрические в нижней, реже, наряду с указанными, встречаются цилиндрические или угловатые. У чистого *P. nigra* они исключительно цилиндрические по всей поверхности.

По форме листовой пластинки у гибридов *P. × sibirica* с *P. nigra* в исследованном насаждении преобладают яйцевидно-треугольные листья (81,7%), как и у *P. nigra* (табл. 1). Треугольные листовые пластинки, отмеченные у осокоря, у гибридов отсутствуют. В меньшей степени для гибридов характерны обычные для *P. × sibirica* листовые пластинки яйцевидной формы (18,3%).

Характеризуя гибриды *P. × sibirica* с *P. nigra*, М.В. Костина с соавторами отмечают: «данные экземпляры имеют более округлое, а не дельтовидное или ромбовидное, как у *P. nigra*, очертание основания листовой пластинки» [Костина и др., 2016, с. 26]. Действительно, по форме основания листовой пластинки таксоны четко различались. Для *P. nigra* характерно исключительно клиновидное (дельтовидное) основание, для *P. × sibirica* и гибридов – только округленно-клиновидное. Поэтому внешне они крайне схожи с пластинками тополя иртышского *P. irtyschensis*, естественного гибрида *P. laurifolia* (Тасамаһаса) и *P. nigra* (Aigeiros) в Алтае-Саянской горной стране. Однако у последнего в основании листовой пластинки отсутствуют базальные желёзки.

Таблица 1

Встречаемость качественных признаков в насаждениях по несмещенной оценке частот ($p \pm Sp$)
[Occurrence of qualitative traits in plantations according to unbiased frequency estimation ($p \pm Sp$)]

| Признак [Sign] | Вариация [Variations] | <i>Populus nigra</i> | <i>Populus × sibirica × P. nigra</i> | <i>Populus × sibirica</i> |
|--|---|----------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Форма листовой пластинки [Leaf blade shape] | Треугольная [Triangular] | 40 / 0,089 ± 0,013 | 0 | 0 |
| | Яйцевидно-треугольная [Ovoid-triangular] | 410 / 0,911 ± 0,013 | 368 / 0,817 ± 0,018 | 123 / 0,273 ± 0,021 |
| | Яйцевидная [Ovoid] | 0 | 82 / 0,183 ± 0,018 | 327 / 0,727 ± 0,021 |
| Форма основания пластинки [Plate base shape] | Клиновидная [Wedge-shaped] | 30 / 1,000 ± 0,000 | 0 | 0 |
| | Округло-клиновидная [Rounded-wedge] | 0 | 30 / 1,000 ± 0,000 | 30 / 1,000 ± 0,000 |
| Форма верхушки пластинки [The shape of the plate tops] | Удлиненно-остроконечная [Elongated-pointed] | 30 / 1,000 ± 0,000 | 15 / 0,5 ± 0,091 | 0 |
| | Заостренная [Pointed] | 0 | 15 / 0,5 ± 0,091 | 30 / 1,000 ± 0,000 |
| Опушение черешка [Petiole pubescence] | Голый [No pubescence] | 26 / 0,866 ± 0,062 | 11 / 0,366 ± 0,087 | 2 / 0,066 ± 0,045 |
| | Опушенный [Pubescent] | 4 / 0,134 ± 0,062 | 19 / 0,634 ± 0,087 | 28 / 0,934 ± 0,045 |
| Листья с желёзками [Leaves with glands] | 0 | 450 / 1,000 ± 0,000 | 43 / 0,095 ± 0,013 | 20 / 0,044 ± 0,009 |
| | 1 | 0 | 174 / 0,386 ± 0,022 | 80 / 0,177 ± 0,017 |
| | 2 | 0 | 233 / 0,519 ± 0,023 | 350 / 0,777 ± 0,019 |
| Наличие желёзок, количество деревьев [Presentence of glands (number of trees)] | Без желёзок [No glands] | 30 | 0 | 0 |
| | С желёзками [With glands] | 0 | 30 | 30 |

Примечание. p – частота морф, Sp – ошибка частоты морф.

[Note. p – morph frequency, Sp – error morph frequency.]

По форме верхушки пластинки также наблюдались четкие различия: для *Populus nigra* характерна исключительно удлинненно-остроконечная, а для *P. × sibirica* – заостренная. У гибридов в равной степени отмечены указанные морфы (см. табл. 1).

На эндогенном уровне (в пределах особи) у таксонов *Populus* не варьирует характер опушения листа [Климов, Прошкин, 2017, 2019]. Как показали наши исследования [Климов, Прошкин, 2022], для *P. × sibirica* характерно преобладание в насаждениях особей с редким опушением черешка (70,0–80,0%), у остальных особей он голый (см. табл. 1). Для типичного, чистого *P. nigra* характерны голые листья и побеги [Šiler et al., 2014; Климов, Прошкин, 2019]. В исследованном насаждении осокоря только у четырех из тридцати особей наблюдалось редкое опушение черешка. Его наличие, на наш взгляд, обусловлено расположением исследованной площадки в зоне естественной гибридизации с *P. laurifolia* и *P. nigra* в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны и является фенотипическим проявлением интрогрессии [Прошкин, Климов, 2019б]. То есть наличие опушения у осокоря в популяциях исследованного района не связано с антропогенной гибридизацией таксона с *P. × sibirica*. Следовательно, данный признак не может рассматриваться для идентификации указанного процесса. Хотя это не исключает возможность его использования за пределами зон естественной гибридизации видов секций *Tacamahaca* и *Aigeiros*.

Для большинства листьев *Populus × sibirica* характерно наличие в основании пластинки двух базальных железок. Как и у родительского таксона, у гибридов этот признак варьирует на эндогенном, но не отличается изменчивостью на индивидуальном уровне: деревьев без развитых железок в насаждении нет. В то же время для *P. nigra* он вообще не характерен, как и для других аборигенных таксонов *P. laurifolia* и *P. irtyschensis*, способных скрещиваться с *P. × sibirica*. В пойменных насаждениях гибридов *P. nigra* и *P. × sibirica* несколько увеличивается доля листьев с одной базальной железкой в основании (см. табл. 1).

По сочетанию изученных качественных морфологических признаков у *P. × sibirica* в насаждениях г. Бийска выявлено три фенотипа. Преобладают особи (73,4%) с опушенными листовыми пластинками яйцевидной формы с округленно-клиновидным основанием и заостренной верхушкой. В популяции *P. nigra* на исследованном прирусловом участке также выявлено три фенотипа с резким преобладанием деревьев (83,3%) с голыми листовыми пластинками яйцевидно-треугольной формы с клиновидным основанием и удлинненно-остроконечной верхушкой. По индексу Животовского, отражающему внутривидовое разнообразие, исследованные насаждения *P. nigra* и *P. × sibirica* оказались весьма близки (табл. 2).

**Встречаемость фенотипов и показатель
внутрипопуляционного разнообразия Животовского**
[Occurrence of phenotypes and index of intrapopulation diversity
of Zhivotovsky]

| Фенотип [Phenotype] | <i>Populus nigra</i> | <i>Populus</i> × × <i>sibirica</i> × × <i>P. nigra</i> | <i>Populus</i> × × <i>sibirica</i> |
|---|----------------------|--|---------------------------------------|
| Черешок листа голый, листовая пластинка треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed] | 1 / 0,033 | – | – |
| Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed] | 25 / 0,833 | 4 / 0,133 | – |
| Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed] | – | 3 / 0,1 | – |
| Черешок листа голый, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole bare, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed] | – | 4 / 0,133 | 2 / 0,066 |
| Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки удлинненно-остроконечная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is elongated-pointed] | 4 / 0,134 | 11 / 0,368 | – |

Окончание табл. 2

| Фенотип [Phenotype] | <i>Populus nigra</i> | <i>Populus</i> × <i>sibirica</i> × <i>P. nigra</i> | <i>Populus</i> × <i>sibirica</i> |
|---|----------------------|--|-------------------------------------|
| Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидно-треугольная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate-triangular, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed] | – | 7 / 0,233 | 6 / 0,2 |
| Черешок листа опушен, листовая пластинка яйцевидная, основание листовой пластинки округленно-клиновидное, верхушка пластинки заостренная [Leaf petiole pubescent, leaf blade ovate, the base of the leaf blade is rounded-wedge-shaped, the tip of the blade is pointed] | – | 1 / 0,033 | 22 / 0,734 |
| μ | 2,128 | 5,349 | 2,430 |
| $S\mu$ | 0,248 | 0,340 | 0,214 |
| Итого [Total] | 30/1 | 30/1 | 30/1 |

Примечание. μ – показатель внутривидового разнообразия Животовского; $S\mu$ – ошибка показателя Животовского.

[Note. μ is an indicator of the intrapopulation diversity of Zhivotovsky; $S\mu$ is the error of the Zhivotovsky exponent.]

Напротив, в популяции гибридов указанных таксонов на исследованном прирусловом участке количество выявленных фенотипов в два раза превысило родительские (шесть фенотипов) (см. табл. 2). Более того, в распределении по популяции, хотя и прослеживался один наиболее широко распространенный фенотип – особи с опушенными листовыми пластинками яйцевидно-треугольной формы с округленно-клиновидным основанием и удлинено-остроконечной верхушкой, но он явно не преобладал (36,8%). Второй по распространению гибридный фенотип отличался заостренной формой верхушки листовой пластинки (23,3%), а третье (13,3%) и четвертое (13,3%) места заняли гибриды с голыми листовыми пластинками яйцевидной и яйцевидно-треугольной форм с заостренной и удлинено-остроконечной верхушкой соответственно. Доля остальных фенотипов не превысила 10,0%. По индексу Животовского внутривидовое разнообразие гибридной популяции также в 2 раза превысило родительские показатели.

Обсуждение

Проведенные исследования показали, что важнейшими признаками, позволяющими идентифицировать гибриды *Populus × sibirica* и *P. nigra*, являются дифференциация укороченных побегов кроны на лептобласты и дискобласты, унаследованная тополем сибирским от таксонов секции *Tasamanasa* и не характерная для осокоря.

По форме листовой пластинки гибриды *P. × sibirica* и *P. nigra*, обитающие на местообитаниях, близких к естественным, подобным изученному нами прирусловому участку, действительно, тяготеют к *P. nigra*, поскольку у них преобладают яйцевидно-треугольные листья с округленно-клиновидным основанием, схожие также с *P. irtyschensis*. Этот факт еще раз подтверждает представление о том, что гибридизация вообще, как и интрогрессивная гибридизация под действием естественного отбора, нередко носит асимметричный характер [Suarez-Gonzalez et al., 2018; Климов, Прошкин, 2021]. Как и у других таксонов рода *Populus*, на эндогенном уровне у гибридов *P. × sibirica* и *P. nigra* можно наблюдать все формы листовых пластинок, но преобладает всегда одна [Климов, Прошкин, 2021б]. Если форму основания листовых пластинок гибриды полностью унаследовали от *P. × sibirica*, то форму ее верхушки – в равной степени от обоих родителей. На эндогенном уровне эти признаки не варьируют.

Наряду с дифференциацией побегов, важнейшим качественным морфологическим признаком, позволяющим идентифицировать гибриды *P. nigra* с *P. × sibirica*, является развитие базальных железок в основании листовых пластинок. При этом в популяции гибридов, по сравнению с *P. × sibirica*, увеличивается доля листьев с одной железкой и сокращается количество с двумя.

Как мы отмечали ранее, при исследовании *P. × sibirica* на территории Сибири у него было выявлено всего четыре фенотипа [Прошкин, Климов, 2022], в ходе настоящих обследований в Бийске выявлено три. В Бийске, как и других городах Сибири, преобладают особи с опушенными черешками, яйцевидной формой листовой пластинки с округло-клиновидным основанием и заостренной верхушкой (см. табл. 2). В целом, фенотипический состав насаждений *P. × sibirica* здесь соответствует региону [Там же, 2022] и отражает культурное происхождение таксона.

В исследованной популяции *P. nigra* отмечено также три фенотипа и наблюдается резкое преобладание одного из них, это, в общем, характерно для «чистых» насаждений вида в Алтае-Саянской горной стране,

расположенных вне очагов его гибридизации с *Populus laurifolia* [Прошкин, 2019]. Такой фенотипический состав, на наш взгляд, отражает строгую специализацию осокоря к пойменным местообитаниям и, как следствие, действие стабилизирующего естественного отбора, в условиях поймы способствующего поддержанию в популяции среднего, ранее сложившегося признака, оптимально соответствующего условиям среды.

Исследование популяции гибридных растений *P. × sibirica × P. nigra* на обследованном прирусловом участке подтвердило полученные ранее представления о росте фенотипического разнообразия. Внутрипопуляционное разнообразие популяции гибридов в условиях, близким к естественным местообитаниям, в 2 раза превысило родительские показатели. При этом фенотипический состав популяции гибридов отличается отсутствием резкого доминирования одного конкретного фенотипа. На наш взгляд, это обусловлено негативным влиянием гибридизации на геномный фон реципиента, ведущий к снижению адаптивности значительной части гибридов к пойменным условиям обитания. В результате эффективность стабилизирующего отбора снижается и ведет к сохранению в популяции нескольких фенотипов, субоптимальных в условиях естественных местообитаний. Однако в условиях узкой специализации действие отбора приводит к сохранению именно фенотипов гибридов, максимально адаптированных к среде. Сочетание этих факторов на естественных (пойменных) местообитаниях и порождает увеличение фенотипического разнообразия в популяциях гибридов, с одной стороны, но и ограничивает его асимметрией гибридизации – с другой.

Выводы

1. Широкое распространение *P. × sibirica* в Сибирском регионе привело его к контактам с насаждениями аборигенных видов тополя, особенно многочисленным с *P. nigra*. Как следствие, к частым фактам антропогенной гибридизации между указанными таксонами, протекающей как на нарушенных (рудеральных), так и на естественных (пойменных) местообитаниях.

2. Важнейшими морфологическими признаками, позволяющими идентифицировать гибриды *P. × sibirica* и *P. nigra*, являются дифференциация укороченных побегов кроны и наличие базальных железок в основании листовой пластинки.

3. Фенотипическое разнообразие в насаждениях *P. nigra* и *P. × sibirica* в регионе невелико и ограничено, с одной стороны, жестким действием

стабилизирующего отбора на популяции осокоря, а с другой – культурным происхождением тополя сибирского, что в обоих случаях привело к резкому доминированию одного фенотипа.

4. В популяциях гибридов *Populus* × *sibirica* и *P. nigra* на естественных (пойменных) местообитаниях наблюдается рост фенотипического разнообразия, ограниченный асимметрией гибридизации, которая также является следствием действия стабилизирующего отбора.

Библиографический список / References

Адвентивная флора Москвы и Московской области / Майоров С.Р., Бочкин В.Д., Насимович Ю.А., Щербakov А.В. М., 2012. [Maiorov S.R., Bochkin V.D., Nasimovich Yu.A., Shcherbakov A.V. Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoy oblasti [Adventivnaya flora Moskvy i Moskovskoy oblasti]. Moscow, 2012.]

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]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Морфотипическое разнообразие в популяциях *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. и *P. × jrtyschensis* Ch.Y. Yang. в зоне естественной гибридизации // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 39. С. 58–72. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Morphotypic diversity in populations of *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. and *P. × jrtyschensis* Ch.Y. Yang. in the zone of natural hybridization. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2017. No. 39. Pp. 58–72. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В., Андреева З.В. Гибридизация видов рода *Populus* L. секций *Aigeiros* Lunell и *Tacamahaca* Mill. в природе и культуре // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018. № 1. С. 16–34. [Klimov A.V., Proshkin B.V., Andreeva Z.V. Hybridization of species of the genus *Populus* L. sections *Aigeiros* Lunell and *Tacamahaca* Mill. *Bulletin of NSAU*. 2018. No. 1. Pp. 16–34. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Использование морфо-анатомических признаков для выявления гибридных растений в зоне естественной гибридизации *Populus laurifolia* и *P. nigra* в Сибири, Россия // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 46. С. 64–81. [Klimov A.V., Proshkin B.V. The use of morpho-anatomical features to identify hybrid plants in the zone of natural hybridization of *Populus laurifolia* and *P. nigra* in Siberia, Russia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2019. No 46. Pp. 64–81. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Морфология *Populus suaveolens* Fisch. в популяциях Северо-Востока России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021a. № 55. С. 19–41. [Klimov A.V., Proshkin B.V. *Populus*

suaveolens Fisch. morphology in the populations of the North-East of Russia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2021. No 55. Pp. 19–41. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Интрогрессивная гибридизация *Populus laurifolia* Ledeb. и *P. nigra* L. в бассейне реки Томи: масштаб, направление и значение // Сибирский лесной журнал. 2021б. № 2. С. 43–52. [Klimov A.V., Proshkin B.V. Introgressive hybridization of *Populus laurifolia* Ledeb. and *P. nigra* L. in the Tom river basin: Scale, direction and significance. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal*. 2021. No 2. Pp. 43–52. (In Rus.)]

Климов А.В., Прошкин Б.В. Морфология *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov в Восточной Сибири // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 3. С. 284–301. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-3-284-301 [Klimov A.V., Proshkin B.V. Morphology of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov in Eastern Siberia. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2022. Vol. 12. No. 3. Pp. 284–301. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-3-284-301]

Костина М.В., Чиндяева Л.Н., Васильева Н.В. Гибридизация *Populus × sibirica* G. Krylov et Grig. ex Skvortsov и *P. nigra* L. в Новосибирске // Социально-экологические технологии. 2016. № 4. С. 20–31. [Kostina M.V., Chindyaeva L.N., Vasilieva N.V. Hybridization between *Populus × sibirica* G. Krylov et Grig. ex Skvortsov and *P. nigra* L. in Novosibirsk. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2016. No. 4. Pp. 20–31. (In Rus.)]

Насимович Ю.А., Костина М.В., Васильева Н.В. Концепция вида у тополей (genus *Populus* L., Salicaceae) на примере представителей подрода *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky, произрастающих в России и сопредельных странах // 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) based on the example of the subgenus *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky representatives growing in Russia and neighbouring countries. *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]

Прошкин Б.В. Морфологические и анатомические особенности *Populus × jrtyschensis* Chang Y. Yang в бассейне реки Томи: Дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2019. [Proshkin B.V. Morfologicheskiye i anatomicheskiye osobennosti *Populus × jrtyschensis* Chang Y. Yang v bassejne reki Tomi [Morphological and anatomical features of *Populus × jrtyschensis* Chang Y. Yang in the Tom river basin]. PhD dis. Novosibirsk, 2019.]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Спонтанная гибридизация *Populus sibirica* и *P. nigra* в городе Новокузнецке (Кемеровская область) // *Turczaninowia*. 2017. № 4. С. 206–218. [Proshkin B.V., Klimov A.V. Spontaneous hybridization of *Populus × sibirica* and *P. nigra* in the city of Novokuznetsk (Kemerovo region). *Turczaninowia*. 2017. No. 4. Pp. 206–218. (In Rus.)]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Изменчивость количественных и качественных признаков *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov // Социально-экологические технологии. 2019а. Т. 9. № 2. С. 162–175. DOI:

10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175 [Proshkin B.V., Klimov A.V. Variability of quantitative and qualitative traits of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov. *Socio-ecological technologies*. 2019. Vol. 9. No. 2. Pp. 162–175. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2019-9-2-162-175]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Роль истории расселения и интрогрессии в морфологии *Populus nigra* L. в северо-западной части Алтае-Саянской горной страны // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019б. № 42. С. 62–74. [Proshkin B.V., Klimov A.V. The role of the history of settlement and introgression in the morphology of *Populus nigra* L. in the northwestern part of the Altai-Sayan Mountainous Country. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2019. No. 42. Pp. 62–74. (In Rus.)]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Стратегии размножения видов *Populus* в зоне интрогрессивной гибридизации бассейна реки Томи // Сибирский лесной журнал. 2020. № 4. С. 77–86. [Proshkin B.V., Klimov A.V. Reproduction strategies of *Populus* species in the area of introgressive hybridization in the basin of Tom river. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal*. 2020. No. 4. Pp. 77–86. (In Rus.)]

Прошкин Б.В., Климов А.В. Фенотипический анализ *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov в насаждениях Сибири // Социально-экологические технологии. 2022. Т. 12. № 4. С. 359–376. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-359-376 [Proshkin B.V., Klimov A.V. Phenotypic analysis of *Populus × sibirica* G.V. Krylov & G.V. Grig. ex A.K. Skvortsov in the plantations of Siberia. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2022. Vol. 12. No. 4. Pp. 359–376. DOI: 10.31862/2500-2961-2022-12-4-359-376 (In Rus.)]

Eckenwalder J.E. *Populus. Flora of North America North of Mexico*. New York, Oxford, 2010. Vol. 7. Pp. 5–14.

Meirmans P.G., Lamothe M., Gros-Louis M.C. et al. Complex patterns of hybridization between exotic and native North American poplar species. *American Journal Botany*. 2010. Vol. 97. Pp. 1688–1697.

Roe A.D., MacQuarrie C. J., Gros-Louis M.C. et al. Fitness dynamics within a poplar hybrid zone: II. Impact of exotic sex on native poplars in an urban jungle. *Ecology Evolution*. 2014. Vol. 4. No. 9. Pp. 1876–1889.

Suarez-Gonzalez A., Hefer C.A., Lexer C. et al. Scale and direction of adaptive introgression between black cottonwood (*Populus trichocarpa*) and balsam poplar (*P. balsamifera*). *Molecular Ecology*. 2018. Vol. 27. No. 7. Pp. 1667–1680.

Šiler B., Skorić M., Mišić D. et al. Variability of European Black Poplar (*Populus nigra*) in the Danube Basin. *Vojvodinašume, Novi Sad*, 2014.

Thompson S.L., Lamothe M., Meirmans P.G. et al. Repeated unidirectional introgression towards *Populus balsamifera* in contact zones of exotic and native poplars. *Molecular Ecology*. 2010. Vol. 19. Pp. 132–145.

Vanden Broeck A., Villar M., Van Bockstaele E., Van Slycken J. Natural hybridization between cultivated poplars and their wild relatives: Evidence and consequences for native poplar populations. *Annals of Forest Science*. 2005. Vol. 62. Pp. 601–613.

Статья поступила в редакцию 19.06.2022, принята к публикации 04.08.2022
The article was received on 19.06.2022, accepted for publication 04.08.2022

Сведения об авторах / About the authors

Прошкин Борис Владимирович – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник организационно-научного и редакционно-издательского отделения, Кузбасский институт Федеральной службы исполнения наказаний, г. Новокузнецк, Кемеровская обл.

Boris V. Proshkin – PhD in Biology; senior researcher at the Organizational-scientific and Editorial-publishing Department, KI of the FPS of Russia, Novokuznetsk, Kemerovo region, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-9879>

E-mail: boris.vladimirovich.93@mail.ru

Климов Андрей Владимирович – кандидат биологических наук; директор по научной работе, ООО «ИнЭкА-консалтинг»; доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт Кемеровского государственного университета, г. Новокузнецк, Кемеровская обл.

Andrey V. Klimov – PhD in Biology; scientific director, InEkA-Consulting LLC; associate professor at the Department of Natural Sciences, Kuzbass Humanitarian Pedagogical Institute of the Kemerovo State University, Novokuznetsk, Kemerovo region, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6750-4807>

E-mail: populus0709@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Б.В. Прошкин – анализ и интерпретация результатов обработки данных, подготовка текста статьи

А.В. Климов – общее руководство направлением исследования, обработка данных, участие в подготовке текста статьи

Contribution of the authors

B.V. Proshkin – analysis and interpretation of the results of data processing, preparation of the text of the article

A.V. Klimov – general management of the research direction, data processing, participation in the preparation of the text of the article

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

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

УДК: 504.05

А.В. Синдирева, Г.Р. Терентьев

Тюменский государственный университет,
625003 г. Тюмень, Российская Федерация

Экологическая оценка содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий города Тюмени

В статье представлена оценка содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) в почвах придорожных территорий вблизи объектов автотранспортной инфраструктуры Калининского административного округа г. Тюмени. Проанализировано содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов (валовое и подвижной формы) в образцах почв, отобранных вблизи автомобильных заправочных станций и автомобильных перекрестков. Показана корреляция между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием тяжелых металлов. Содержание нефтепродуктов вблизи исследуемых автомобильных перекрестков выше, чем в районе автомобильных заправочных станций, на 30%. Валовое содержание свинца в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков выше на 64%. Но валовое содержание кадмия, меди и цинка ниже, чем вблизи автозаправочных станций. Выявлено отсутствие превышения нормативов валового содержания и подвижной формы исследуемых тяжелых металлов, за исключением кадмия. Зависимости между интенсивностью автомобильного потока и валовым содержанием

© Синдирева А.В., Терентьев Г.Р., 2023



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

тяжелых металлов прямые, характеризуются положительными коэффициентами корреляции от 0,37 до 0,88. Установлена наиболее тесная взаимосвязь между интенсивностью автомобильного потока и уровнем накопления нефтепродуктов.

Ключевые слова: придорожные территории, автомобильный транспорт, город Тюмень, городские почвы, урбаноземы, интруземы, нефтепродукты, тяжелые металлы

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: 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

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-57-76

A.V. Sindireva, G.R. Terentev

Tyumen State University,
Tyumen, 625003, Russian Federation

Ecological assessment of heavy metals and petroleum products in soils of roadside areas of Tyumen city

The article assesses the content of petroleum products and heavy metals (cadmium, copper, zinc, lead) in the soils of roadside territories of Kalininsky administrative district of Tyumen. The content of petroleum products and heavy metals (gross and mobile forms) in soil samples collected near petrol stations and road crossings was analyzed. The correlation between the intensity of the traffic flow and the gross content of heavy metals is shown. According to generalized data, the content of petroleum products near the studied road junctions is 30% higher than in the area of gas stations. The gross content of lead in the soils of roadside areas near automobile intersections is 64% higher. But the gross content of cadmium, copper and zinc is lower than near gas stations. The absence of exceeding the standards for the gross content

and mobile form of the studied heavy metals, with the exception of cadmium, was revealed. The relationship between the intensity of the traffic flow and the gross content of heavy metals is direct, characterized by positive correlation coefficients from 0.37 to 0.88. The closest relationship between the intensity of the traffic flow and the level of accumulation of oil products has been established.

Key words: roadside areas, road transport, Tyumen city, urban soils, intrusive soils, oil products, heavy metals

FOR CITATION: 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

Введение

Воздействие автотранспорта на окружающую среду города является одним из самых распространенных среди антропогенных источников загрязнения. Отмечаются высокие концентрации ряда загрязняющих веществ на напряженных транспортных узлах и придорожных территориях [Гелашвили, Копосов, Лаптев, 2007]. При этом особенностью такого воздействия является постепенное аккумулярование экотоксикантов в почвах придорожных территорий, а также способность к сохранению их на долгое время после ликвидации источника загрязнения.

Анализ опыта многолетних исследований загрязнения придорожных зон показал, что существенное влияние на почву оказывают тяжелые металлы (например, свинец, цинк, кадмий и др.) и нефтепродукты [Автотранспортное загрязнение..., 1999; Шигабаева, 2015].

Основными источниками поступления тяжелых металлов в почву придорожных территорий являются: действие тормозных колодок, постоянное трение автомобильных покрышек (стирание) с дорожным покрытием под действием турбулентных потоков от движущегося транспорта, расходные жидкости, имеющие в своем составе присадки, улучшающие работу двигателя, обеспечивающие надежность работы механизмов, другие механические и физические воздействия автомобильного транспорта. Источники нефтепродуктов – это продукты сгорания топлива, моторного и трансмиссионного масел, автомобильные жидкости (антифриз, тормозная и стеклоомывающая жидкости).

Таким образом, влияние автотранспортных систем на придорожные почвы заключается в химическом загрязнении, в том числе тяжелыми

металлами и нефтепродуктами. Почвы придорожных зон отлично накапливают тяжелые металлы, они служат буфером для аккумуляции их частиц из приземного слоя атмосферы [Ловинецкая, 2019]. Дополнительному их увеличению в почве могут способствовать следующие объекты дорожно-транспортной инфраструктуры: пешеходные переходы, автостоянки, перекрестки ввиду снижения скорости, торможения и старта автотранспортных средств, работы их на «холостом ходу», а также появления транспортных заторов [Луканин, Трофименко, 2001].

Нефтепродукты, как и тяжелые металлы, изменяют механические, химические, биохимические и физико-химические свойства почвы, вызывая нарушения в процессах роста и развития растительного покрова.

Содержание нефтепродуктов вблизи автозаправочных станций и автомобильных стоянок находится выше принятых относительно фоновых значений, а при удалении от этих загрязнителей – снижается. Поступление нефтепродуктов в почвы, прилегающие к автомобильным дорогам, связано с утечками топлива, моторного и трансмиссионного масел и других жидкостей, обеспечивающие работу систем автомобиля. Факторами, влияющими на их накопление, также являются климатические условия, некачественное топливо, неудовлетворительное техническое состояние агрегатов автомобильного транспорта, резкие маневры [Бышевская, 2013; Васильченко, Галактионова, 2015; Чигринова, 2017].

В городской среде отмечается потеря естественных почв. Строительство жилой и дорожной инфраструктуры существенно изменяет экосистему, нарушая состав и свойства почв, почвы городской среды принято называть урбаноземы. Почвы, формирующиеся на территории автозаправочных станций (АЗС) и автомобильных стоянок, связанные с автотранспортом и его необходимой инфраструктурой как источником загрязнения, классифицируют как интруземы [Синцов, Бармин, 2011]. Процессы самоочищения таких почв затруднены в связи с дефицитом благоприятных условий для роста и развития растительного покрова [Свистова, Корецкая, Щербаков, 2005].

На законодательном уровне мероприятий, решающих проблемы охраны и восстановления почв придорожных территорий, проводится достаточно мало. В основном, предпринимаются решения о попытке снизить автомобильные выбросы, но это не помогает решить полностью проблему ввиду увеличения количества автотранспорта.

Тюмень является крупным областным центром и центром нефтегазовой отрасли. Город интенсивно развивается, увеличиваются площади жилой и нежилой застроек, как следствие – строительство новых дорожных объектов и расширение уже существующих автотранспортных

путей. Все перечисленное формирует серьезное препятствие для создания благоприятной экологической обстановки города Тюмени.

Цель исследования: оценка содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) в почвах придорожных территорий Калининского административного округа города Тюмени.

Задачи исследования:

- 1) изучить содержание нефтепродуктов вдоль придорожных территорий вблизи автозаправочных станций и автомобильных перекрестков;
- 2) оценить накопление тяжелых металлов (кадмий, медь, цинк, свинец) вдоль придорожных территорий вблизи автозаправочных станций и автомобильных перекрестков;
- 3) установить взаимосвязь между интенсивностью автомобильного движения и количеством нефтепродуктов, тяжелых металлов в почве;
- 4) определить факторы, влияющие на накопление экотоксикантов вдоль придорожных территорий.

Объектом исследования являются почвы придорожных территорий города Тюмени. *Предмет исследования:* содержание нефтепродуктов и тяжелых металлов в почвах придорожных территорий.

Материалы и методы

Для достижения цели и задач в ходе полевых работ проводился отбор почвенных проб придорожных зон в летние периоды 2020–2021 гг. Выбор мест отбора определялся близостью объектов дорожно-транспортной инфраструктуры.

Методика отбора и подготовки проб для химического анализа проводилась в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84¹, ГОСТ 17.4.4.02–2017².

Всего по Калининскому административному округу г. Тюмени обследованы 7 участков вблизи перекрестков автомобильных улиц (Тюменская кольцевая автомобильная дорога и ул. Авторемонтная; Тюменская кольцевая автомобильная дорога и проезд Воронинские горки; ул. Ставропольская и ул. Червишевский тракт; ул. Червишевский тракт, ул. Рабочая, ул. Зои Космедемьянской; ул. Московский тракт и ул. Магнитогорская; ул. Интернациональная и ул. Амурская) и 10 в районе автомобильных заправочных станций («Новый поток» возле экологического парка «Затюменский»; «Лукойл» на ул. Авторемонтная;

¹ ГОСТ 17.4.4.02–84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Введен в действие 01.01.1986. М., 1985.

² ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». М., 2018.

«Н-1» на ул. Институтская; «Газпромнефть» на ул. Барнаульская; «Мечта» на ул. Чернышевского; «Новый поток» на ул. Клары Цеткин; «Лукойл» на пересечении ул. 50 лет ВЛКСМ и ул. Холодильная; «Н-1» на ул. Амурская; «ТПК газ» возле ЖК «Плеханово» на Тюменской кольцевой автомобильной дороге; «Лукойл» между Московским и Червишевским трактами).

Отбор образцов ($n = 85$) осуществлялся на глубине 0–20 см на расстоянии 5 м от дорожного полотна в тихую, безветренную погоду.

Определение тяжелых металлов (валовое содержание и подвижные формы кадмия, меди, цинка, свинца) и нефтепродуктов проводили в аккредитованной лаборатории ООО «Западно-Сибирский экологический центр» методом атомно-абсорбционной спектроскопии (тяжелые металлы), флуориметрическим методом³.

Интенсивность автотранспортного движения на исследуемых участках (вблизи перекрестков) Калининского административного округа города Тюмени определяли в утренние, дневные и вечерние часы в летний период 2020 и 2021 гг. в соответствии с ГОСТ 32965–2014 «Методы учета интенсивности движения транспортного потока»⁴.

Полученные данные обрабатывались статистически посредством программного комплекса Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Значительным источником загрязнения почв нефтепродуктами являются автозаправочные станции. На рис. 1 представлено содержание нефтепродуктов в почвах, отобранных вблизи АЗС в Калининском административном округе Тюмени.

Во всех исследуемых образцах почвы отмечены превышения по сравнению с фоном. При значении фоновой концентрации нефтепродуктов в почве (40 мг/кг)⁵ уровень этих экотоксикантов в исследуемых пробах превышен в 7–100 раз.

³ М-МВИ 80–2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. СПб., 2008; ПНДФ 16.1:2.2.22–98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органических, органо-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М., 1998; Количественный химический анализ почв и отходов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 03-03–2012).

⁴ ГОСТ 32965–2014 «Методы учета интенсивности движения транспортного потока». М., 2019.

⁵ Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом ИКС. Методика выполнения измерений. РД 52.18.575–96 Методические указания. М., 1999.

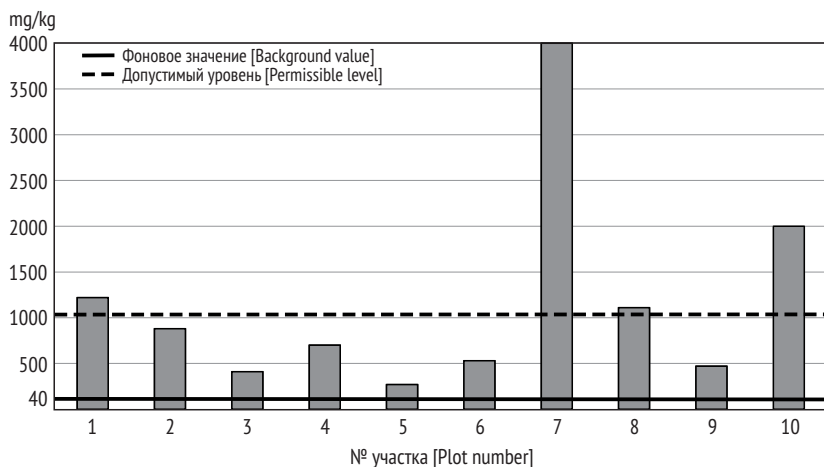


Рис. 1. Содержание нефтепродуктов на почвах придорожных территорий, пробы взяты вблизи АЗС

Fig. 1. Petroleum product content sampled near petrol stations in roadside soils

В результате исследования определена степень загрязнения почвы нефтепродуктами в соответствии с классификацией показателей уровня загрязнения в зависимости от содержания нефтепродуктов⁶. Содержание нефтепродуктов в почве участков № 2–6 и 9 соответствуют допустимому уровню загрязнения (менее 1000 мг/кг). Почвы участков № 1, 8, 10 обладают низким уровнем загрязнения (1000–2000 мг/кг), а в районе АЗС «Лукойл» между ул. 50 лет ВЛКСМ и ул. Холодильная (участок № 7) – высоким уровнем загрязнения (3000–5000 мг/кг).

Таким образом, установлено превышение фона и допустимых значений содержания нефтепродуктов в районе АЗС Калининского административного округа Тюмени. Содержание нефтепродуктов варьирует от 410 до 4000 мг/кг, что превышает уровень фона в 10–100 раз, 40% проб превышают допустимый уровень.

В ряде исследований указано, что возможно загрязнение почв городских придорожных территорий кадмием, медью, цинком, свинцом [Шигабаева, 2015; Ловинецкая, 2019]. Нами также были проведены исследования почвы по этим показателям.

⁶ Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М., 1993.

Содержание кадмия (валовое и подвижной формы) в почвах придорожных территорий в районе АЗС представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Валовое содержание и содержание подвижной формы кадмия
в почвах придорожных территорий
(пробы отобраны в районе АЗС)
[Gross and mobile cadmium content in roadside soils sampled
in the vicinity of the petrol stations]**

| № участка [Plot number] | Содержание кадмия [Cd content] | |
|----------------------------|--|---|
| | Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg [*]] | Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg ^{**}] |
| 1 | 1,40 | 0,050 |
| 2 | 4,30 | 0,050 |
| 3 | 3,10 | 0,500 |
| 4 | 0,89 | 0,050 |
| 5 | 1,80 | 0,050 |
| 6 | 1,60 | 0,050 |
| 7 | 3,50 | 0,050 |
| 8 | 7,40 | 0,074 |
| 9 | 3,20 | 0,050 |
| 10 | 4,80 | 0,050 |

* Ориентировочно допустимая концентрация – 1,0 мг/кг.

** Ориентировочно допустимая концентрация – 0,5 мг/кг.

[* Approximate permissible concentration – 1.0 mg/kg.

** Maximum Permissible Concentration – 0.5 mg/kg.]

Содержание кадмия в почвах, отобранных в зоне влияния АЗС, составляет от 0,89 до 7,4 мг/кг. Согласно законодательным документам, в качестве норматива по валовому содержанию кадмия принимают ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК), равную 1,0 мг/кг⁷. Наблюдается превышение показателя валового содержания кадмия

⁷ Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М., 2009.

в 9 из 10 исследуемых пробах (от 1,4 до 7,9 ОДК соответственно), в то время как на участке № 4 содержание кадмия не превышает норматив (АЗС «Газпромнефть» на ул. Барнаульская). Таким образом, установлено, что в 90% исследуемых проб отмечены превышения значения валового содержания кадмия в зоне влияния АЗС.

Содержание подвижной формы кадмия в почвах варьирует от 0,05 до 0,5 мг/кг. Среднее значение показателя подвижной формы кадмия по АЗС 0,09 мг/кг.

В табл. 2 представлены данные по содержанию меди в почвах исследуемых территорий.

Таблица 2

**Валовое содержание
и содержание подвижной формы меди в почве
(пробы отобраны вблизи АЗС)
[Gross and mobile Cu content in roadside soils sampled
in the vicinity of the petrol stations]**

| № участка [Plot number] | Содержание меди [Cu content] | |
|----------------------------|---|--|
| | Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*] | Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**] |
| 1 | 12,1 | 0,5 |
| 2 | 8,6 | 0,5 |
| 3 | 8,1 | 0,5 |
| 4 | 10,1 | 0,5 |
| 5 | 8,1 | 0,5 |
| 6 | 8,2 | 0,5 |
| 7 | 8,6 | 0,5 |
| 8 | 8,5 | 0,5 |
| 9 | 8,8 | 0,5 |
| 10 | 8,9 | 0,5 |

* Ориентировочно допустимая концентрация 66,0 мг/кг.

** Предельно допустимая концентрация 3,0 мг/кг.

[* Approximate permissible concentration 66.0 mg/kg.

** Maximum Permissible Concentration 3.0 mg/kg.]

Результаты проведенных исследований показывают отсутствие превышений норматива валового содержания меди в образцах почвы вблизи АЗС. При ОДК, равной 66 мг/кг⁸, уровень валового содержания меди составляет 0,1–0,2 ОДК. Среди исследованных почв возле автозаправочных станций наибольшее содержание меди на участке № 1 (АЗС в районе экологического парка «Затюменский») со значением 12,1 мг/кг, минимальное – в точке № 5 (АЗС «Мечта»), со значением 8,1 мг/кг. Среднее валовое содержание меди – 9 мг/кг.

Содержание подвижной формы меди во всех пробах не превышает 0,5 мг/кг, это свидетельствует об отсутствии превышения ПДК, которое составляет 3 мг/кг.

В табл. 3 представлены результаты исследования содержания валового и подвижной формы цинка в почвах, отобранных вблизи АЗС.

По результатам исследований валовое содержание цинка не превышает нормативы (ОДК 110 мг/кг⁹). В данном случае превышение нормативов содержания подвижной формы цинка в почвах отсутствуют (0,1–0,7 ОДК). Среднее валовое содержание цинка – 49,5 мг/кг.

При ПДК подвижной формы цинка 23,0 мг/кг¹⁰ на участке № 1 (АЗС «Новый поток» возле экологического парка «Затюменский») отмечается содержание цинка, равное ПДК, на остальных участках нормативы не превышены.

Таким образом, отмечается отсутствие превышений нормативов по валовому содержанию и по подвижной форме цинка в точках отбора почв придорожных территорий в зоне влияния АЗС.

Не менее важным с позиции оценки качества почв является определение содержания свинца (табл. 4).

Превышения по ПДК (32 мг/кг) валового содержания свинца в почвах придорожных территорий не отмечены.

При ПДК 6 мг/кг подвижной формы свинца в почвах, отобранных в районе АЗС, превышение норматива не отмечается. Среднее содержание подвижной формы свинца в пробах составляет 1,4 мг/кг.

Таким образом, превышений по валовому содержанию и по подвижной форме содержания свинца в отобранных пробах не отмечается.

⁸ Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М., 2009.

⁹ Там же.

¹⁰ Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление Роспотребнадзора от 28.01.2021 г. № 2.

**Валовое содержание и содержание подвижной формы цинка
в почве (пробы отобраны вблизи АЗС)
[Gross and mobile Zn content in roadside soils sampled
in the vicinity of the petrol stations]**

| № участка [Plot number] | Содержание цинка [Zn content] | |
|----------------------------|---|--|
| | Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*] | Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**] |
| 1 | 77,0 | 23,00 |
| 2 | 49,0 | 5,70 |
| 3 | 46,0 | 4,90 |
| 4 | 10,6 | 1,06 |
| 5 | 16,0 | 1,60 |
| 6 | 74,0 | 20,00 |
| 7 | 55,0 | 5,60 |
| 8 | 61,0 | 6,50 |
| 9 | 34,0 | 3,60 |
| 10 | 73,0 | 7,70 |

* Ориентировочно допустимая концентрация 110,0 мг/кг.

** Предельно допустимая концентрация 23,0 мг/кг.

[* Approximate permissible concentration 110.0 mg/kg.

** Maximum Permissible Concentration 23.0 mg/kg.]

В целом анализ содержания тяжелых металлов в пробах, отобранных в районе десяти АЗС, показал отсутствие превышений нормативных показателей по меди, цинку, свинцу, однако по валовому содержанию кадмия и нефтепродуктов установлено превышение нормативов соответственно в 90 и 40% случаев.

Исследованиями показано, что почвы вблизи перекрестков отличаются повышенным содержанием экотоксикантов [Синцов, Бармин, 2011]. В нашей работе представлены результаты определения содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов в почвах, отобранных вблизи семи перекрестков Калининского административного округа города Тюмени с различной интенсивностью движения (рис. 2, табл. 5, 6).

Таблица 4

**Валовое содержание и содержание подвижной формы свинца
в почве (пробы отобраны вблизи АЗС)
[Gross and mobile Pb content in roadside soils sampled
in the vicinity of the petrol stations]**

| № участка [Plot number] | Содержание свинца [Pb content] | |
|----------------------------|---|--|
| | Валовая форма, мг/кг* [Gross form, mg/kg*] | Подвижная форма, мг/кг** [Mobile form, mg/kg**] |
| 1 | 8,9 | 1,30 |
| 2 | 12,1 | 1,23 |
| 3 | 6,5 | 2,30 |
| 4 | 8,7 | 1,50 |
| 5 | 1,6 | 1,22 |
| 6 | 3,4 | 1,25 |
| 7 | 8,3 | 1,40 |
| 8 | 5,1 | 0,79 |
| 9 | 18,0 | 1,04 |
| 10 | 19,0 | 1,60 |

* Предельно допустимая концентрация 32,0 мг/кг.

** Предельно допустимая концентрация 6,0 мг/кг.

[* Maximum Permissible Concentration 32.0 mg/kg.

** Maximum Permissible Concentration 6.0 mg/kg.]

На рис. 2 представлено содержание нефтепродуктов в почвах придорожных зон вблизи перекрестков. По результатам лабораторных исследований отмечены превышения по допустимому уровню загрязнения почв по нефтепродуктам на участках 1–6.

Содержание нефтепродуктов исследуемых перекрестков превышают фон в 21–65 раз. Среднее значение содержания нефтепродуктов в обследуемых участках равно 1652 мг/кг.

Таким образом, установлено превышение уровня фона и допустимых значений содержания нефтепродуктов вблизи перекрестков. Содержание нефтепродуктов составляет от 840 до 2600 мг/кг, при этом все значения превышают фон, а 85% проб – допустимый уровень.

В табл. 5 представлены данные по валовому содержанию тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков.

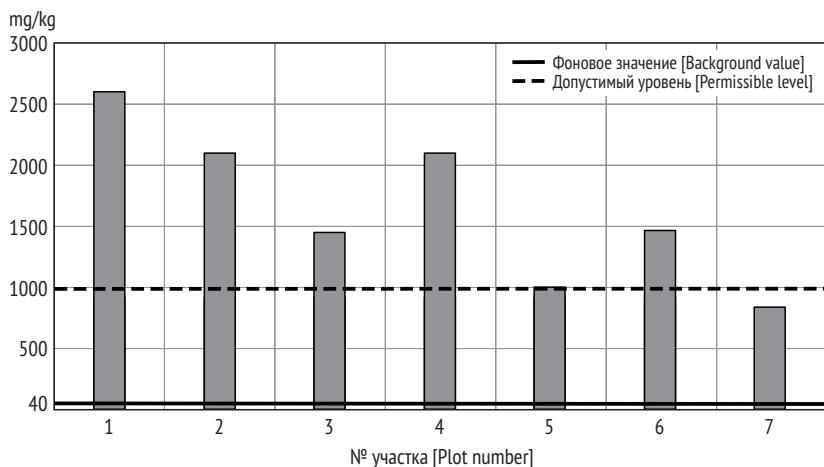


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в образцах почв придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков

Fig. 2. Petroleum product content in roadside soil samples near road crossings

Таблица 5

Валовое содержание тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков [Gross heavy metal content in soils of roadside areas near road crossings]

| № участка [Plot number] | Содержание валовой формы, мг/кг [Gross form content, mg/kg] | | | |
|-------------------------|---|-----|------|------|
| | Cd | Cu | Zn | Pb |
| 1 | 1,60 | 8,7 | 63,0 | 8,6 |
| 2 | 4,40 | 8,2 | 78,0 | 20,0 |
| 3 | 3,00 | 7,1 | 12,0 | 18,0 |
| 4 | 1,70 | 8,0 | 76,0 | 5,1 |
| 5 | 0,81 | 9,1 | 11,3 | 36,0 |
| 6 | 0,84 | 8,3 | 68,0 | 5,6 |
| 7 | 1,31 | 6,3 | 17,0 | 5,3 |

Ориентировочно допустимая концентрация для кадмия 1,0 мг/кг, для меди 66,0 мг/кг, для цинка 110,0 мг/кг, предельно допустимая концентрация для свинца 32,0 мг/кг.

[Approximate permissible concentration for Cd is 1.0 mg/kg, for Cu is 66.0 mg/kg, for Zn is 110.0 mg/kg, the maximum permissible concentration for Pb is 32.0 mg/kg.]

Валовое содержание меди в почвах исследуемых перекрестков не превышает норматив и изменяется от 6,3 до 9,1 мг/кг соответственно. Среднее значение составляет 8 мг/кг.

Превышение норматива валового содержания по цинку не установлено и составляет 11,3–78 мг/кг, при среднем значении 46,5 мг/кг.

Установлено отсутствие превышения норматива валового содержания свинца. Среднее содержание свинца составляет 14,1 мг/кг.

Таким образом, значения валового содержания меди, цинка, свинца вблизи автомобильных перекрестков не превышают нормативы. В 71% проб значения кадмия превышают норматив.

В табл. 6 представлено содержание подвижной формы тяжелых металлов в образцах почв, отобранных на участках вблизи перекрестков.

Таблица 6

Содержание подвижной формы тяжелых металлов в почвах придорожных территорий вблизи автомобильных перекрестков
[Mobile form heavy metal content in soils of roadside areas near road crossings]

| № участка [Plot number] | Содержание подвижной формы, мг/кг [Mobile form, mg/kg] | | | |
|----------------------------|--|-----|------|------|
| | Cd | Cu | Zn | Pb |
| 1 | 0,05 | 0,5 | 6,6 | 2 |
| 2 | 0,05 | 0,5 | 8,2 | 2,2 |
| 3 | 0,05 | 0,5 | 1,2 | 3,6 |
| 4 | 0,05 | 0,5 | 7,6 | 1,25 |
| 5 | 0,05 | 0,5 | 1,13 | 2,4 |
| 6 | 0,05 | 0,5 | 11,1 | 1,02 |
| 7 | 0,05 | 0,5 | 1,7 | 1,7 |

Ориентировочно допустимая концентрация для кадмия 0,5 мг, предельно допустимая концентрация для меди 3 мг/кг, для цинка 23,0 мг/кг, для свинца 6,0 мг/кг.

[Approximate permissible concentration for Cd is 0.5 mg/kg, the maximum permissible concentration for Cu is 3.0 mg/kg, for Zn is 23.0 mg/kg, for Pb is 6.0 mg/kg.]

Превышение содержания подвижной формы кадмия в исследуемых пробах соответствует нормативу и равно 0,05 мг/кг. Содержание подвижной формы меди не превышает норматив, среднее значение составляет 0,5 мг/кг. Превышения ПДК подвижной формы цинка не отмечено. Содержание изменяется от 1,13 до 11,1 мг/кг.

Превышений значений ПДК подвижной формы свинца в пробах также не отмечено, его содержание изменяется от 1,7 до 3,6 мг/кг. Отсутствие превышения значений свинца, возможно, обусловлено отказом от использования в автомобильном топливе в качестве присадки соединений свинца, использование которых прекращено в 2003 г¹¹.

Таким образом, в исследуемых пробах, отобранных вблизи перекрестков, отмечены превышения значений допустимого уровня нефтепродуктов в 85% проб. В 71% проб значения валового содержания кадмия превышают норматив. Превышений значений подвижной формы тяжелых металлов не отмечено.

В рамках данного исследования рассчитана интенсивность автотранспортного потока вблизи перекрестков. Исходными данными стали усредненные значения по учету автотранспортных средств за 1 час в утренний, дневной, вечерний режимы дня в летний период 2021 г. на семи перекрестках Калининского административного округа города Тюмени:

- 1) Тюменская кольцевая автомобильная дорога и ул. Авторемонтная – 1268 ед.;
- 2) Тюменская кольцевая автомобильная дорога и проезд Воронинские горки – 1330 ед.;
- 3) автотранспортное кольцо пересечений ул. Ямской, Белинского, Таврической – 1095 ед.;
- 4) ул. Ставропольская и Червишевский тракт – 1283 ед.;
- 5) ул. Червишевский тракт, ул. Рабочая, ул. Зои Космодемьянской – 1317 ед.;
- 6) Московский тракт и ул. Магнитогорская – 1255 ед.;
- 7) ул. Интернациональная и ул. Амурская – 550 ед.

В рамках исследования рассчитаны коэффициенты корреляции между интенсивностью автотранспортного потока и содержанием тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах придорожных территорий вблизи перекрестков (рис. 3–6).

В ходе анализа отмечается положительная связь между количеством автотранспорта и содержанием нефтепродуктов тяжелых металлов. Наши исследования согласуются с рядом работ [Автотранспортное загрязнение..., 1999; Синцов, Бармин, 2011 и др.], которые также отмечают роль автомобильного транспорта в накоплении экотоксикантов. Интенсивность автотранспортного потока имеет тесную взаимосвязь с накоплением меди ($r = 0,88$), нефтепродуктов ($r = 0,58$) и цинка

¹¹ Федеральный закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации» от 22.03.2003 № 34-ФЗ.

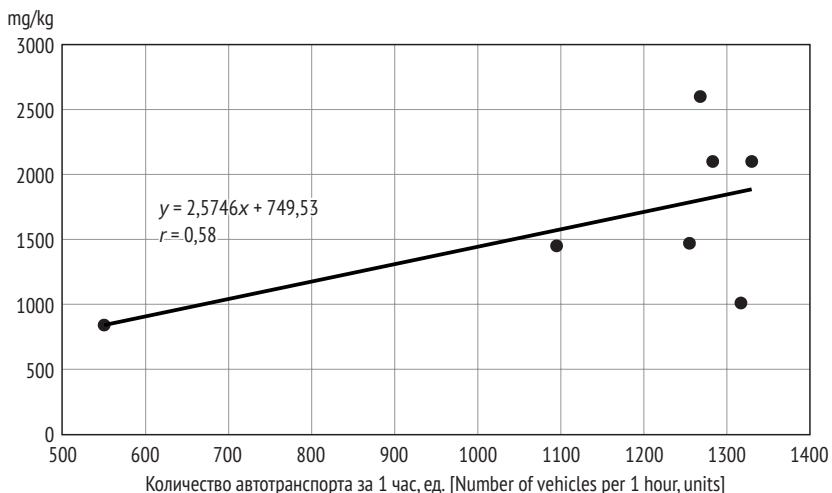


Рис. 3. Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и содержанием нефтепродуктов в почвах вблизи перекрестков

Fig. 3. Relationship between the intensity of motor traffic flow and the content of oil products in soils near intersections

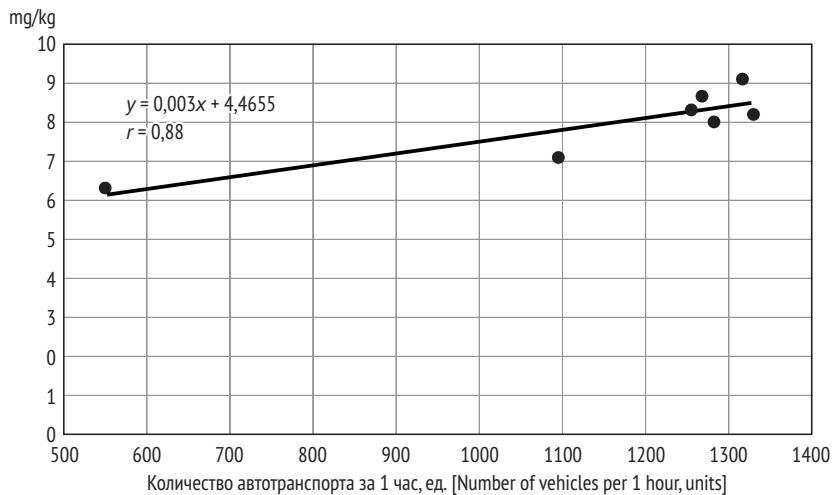


Рис. 4. Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием меди в почвах вблизи перекрестков

Fig. 4. Relationship between traffic intensity and gross Cu content in soils near intersection

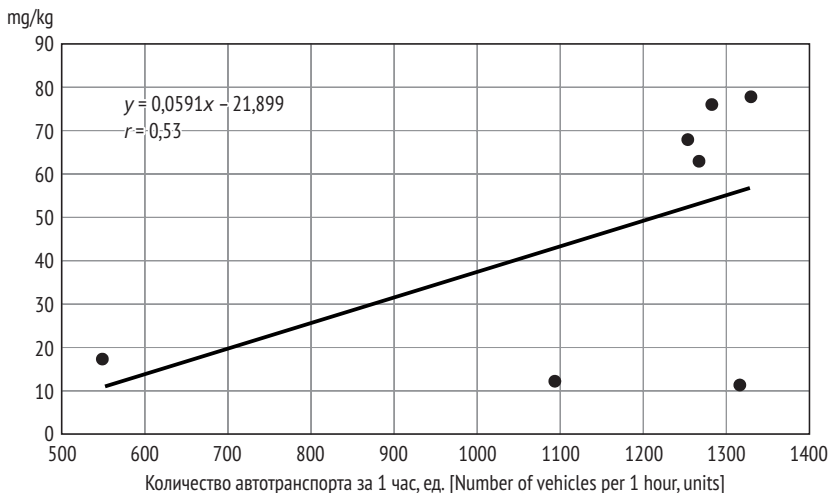


Рис. 5. Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием цинка в почвах вблизи перекрестков

Fig. 5. Relationship between traffic intensity and gross Zn copper content in soils near intersection

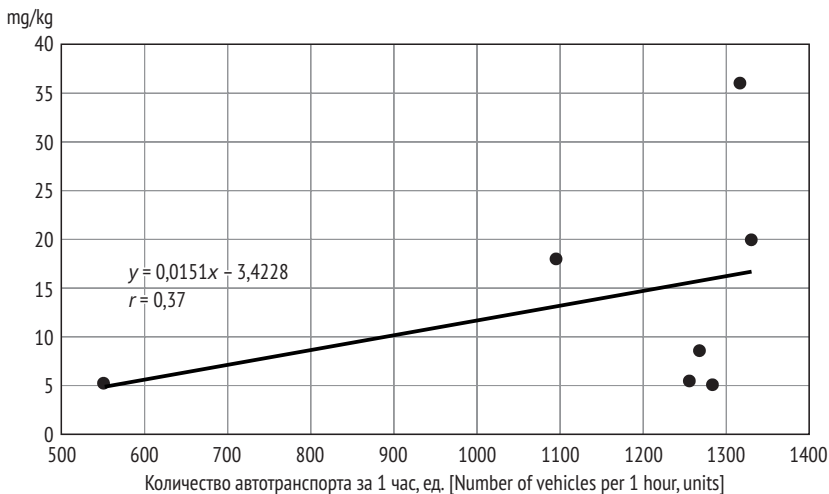


Рис. 6. Зависимость между интенсивностью автотранспортного потока и валовым содержанием свинца в почвах вблизи перекрестков

Fig. 6. Relationship between traffic intensity and gross Pb content in soils near intersection

($r = 0,53$). Наименее достоверное влияние интенсивность движения автотранспорта оказывает на содержание свинца в почвах придорожных зон. Не установлена зависимость с кадмием.

Выводы

1. По обобщенным данным содержание нефтепродуктов вблизи исследуемых автомобильных перекрестков Тюмени выше, чем в районе АЗС в среднем на 30%. Валовое содержание свинца в почвах на территории перекрестков выше, чем в почвах в зоне влияния АЗС в среднем на 64%. Напротив, валовое содержание кадмия, меди и цинка вблизи автомобильных перекрестков ниже, чем в зоне влияния АЗС.

2. Установлено отсутствие превышения нормативов содержания валового и подвижной формы тяжелых металлов, за исключением кадмия, в пробах, отобранных вблизи АЗС и автомобильных перекрестков.

3. Зависимости между интенсивностью автомобильного потока прямые; характеризуются коэффициентами корреляции от 0,37 до 0,88. Наиболее тесная взаимосвязь установлена между интенсивностью автомобильного потока и уровнем накопления меди.

Библиографический список / References

Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / Подольский В.П., Артюхов В.Г., Турбин В.С., Канищев А.Н. Воронеж, 1999. [Podolskii V.P., Artyukhov V.G., Turbin V.S., Kanishchev A.N. Avtotransportnoe zagryaznenie pridorozhnykh territorii [Motor transport pollution of roadside areas]. Voronezh, 1999.]

Бышевская В.А Трансформация придорожных геосистем Смоленской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 1. С. 8–13. [Byshevskaya A.V. The transformation of roadside geosystems of the Smolensk region under the impact of motor transport complex. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Natural and Medical Sciences*. 2013. Vol. 1. Pp. 8–13. (In Rus.)]

Васильченко А.В., Галактионова Л.В. Оценка токсического загрязнения почв нефтепродуктами в результате деятельности автозаправочных станций с использованием метода биотестирования // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2 (Ч. 2). С. 242–250. [Vasilchenko A.V., Galaktionova L.V. Assessment of toxic pollution soil resulting from oil petrol stations using the method of bioassay. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. No. 2-2. Pp. 242–250. (In Rus.)]

Гелашвили Б.Д., Копосов Е.В., Лаптев А.В. Экология Нижнего Новгорода // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. С. 820–823. [Gelashvili D.B., Koposov E.V., Laptev A.V. Ecology of Nizhny Novgorod. *Izvestia RAS SamSC*. 2008. Pp. 820–823. (In Rus.)]

Ловинецкая С.Б. Эколого-биологическая оценка содержания нефтепродуктов в почвах придорожных территорий и возможность их ремедиации: Дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2019. [Lovinetskaya S.B. Ekologo-biologicheskaya otsenka soderzhaniya nefteproduktov v pochvakh pridorozhnykh territorii i vozmozhnost ikh remediatsii [Ecological and biological assessment of petroleum products in roadsides oils and the possibility of remediation]. PhD dis. Tyumen, 2019.]

Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. М., 2001. [Lukanin V.N., Trofimenko Yu.V. Promyshlennno-transportnaya ekologiya [Industrial and transport ecology]. Moscow, 2001.]

Свистова И.Д., Корецкая И.И., Щербаков А.П. Микробомониторинг автотранспортного загрязнения чернозема в разных типах придорожных экосистем // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2005. С. 107–114. [Svistova I.D., Koretskaya I.I., Shcherbakov A.P. Microbiological monitoring of road pollution of chernozem in different types of roadside ecosystems. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geocology.* 2005. No. 2. Pp. 107–114. (In Rus.)]

Синцов А.В., Бармин А.Н. Современная классификация почвенного покрова городских территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2011. С. 149–155. [Sintsov A.V., Barmin A.N. Modern classification of the soil cover of urban areas. *Geology, Geography and Global Energy.* 2011. No. 3. Pp. 149–155. (In Rus.)]

Чигринева Н.А. Экологическая оценка содержания нефтепродуктов в почве // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3. С. 31–35. [Chigrineva N.A. Environmental assessment of oil products in the soil. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii.* 2017. No. 3. Pp. 31–35. (In Rus.)]

Шигабаева Г.Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2015. № 2 (2). С. 92–102. [Shigabaeva G.N. A heavy metals in soils of several districts of Tyumen. *Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology.* 2015. No. 2 (2). Pp. 92–102. (In Rus.)]

Статья поступила в редакцию 24.11.2022, принята к публикации 29.12.2022
The article was received on 24.11.2022, accepted for publication 29.12.2022

Сведения об авторах / About the authors

Синдирева Анна Владимировна – доктор биологических наук; заведующая кафедрой геоэкологии и природопользования Института наук о Земле, Тюменский государственный университет

Anna V. Sindireva – Dr. Hab. (Biology); Head at the Department of Geoecology and Nature Management of the Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8596-7584>

E-mail: a.v.sindireva@utmn.ru

Терентьев Глеб Робертович – аспирант кафедры геоэкологии и природопользования Института наук о Земле; Тюменский государственный университет

Gleb R. Terentev – postgraduate student at the Department of Geoecology and Nature Management of the Institute of Earth Sciences, Tyumen State University

E-mail: gleb-mamleev@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

А.В. Синдирева – научное руководство исследованием, интерпретация результатов, подготовка текста статьи

Г.Р. Терентьев – сбор полевого материала, интерпретация результатов, статистическая обработка данных, подготовка текста статьи

Contribution of the authors

A.V. Sindireva – scientific management of the study, interpretation of the results, preparation of the text of the article

G.R. Terentev – collection of field material, interpretation of results, statistical processing of data, preparation of the text of the article

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

Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-77-106

УДК: 504.05(477.75)

В.А. Табунщик, Р.В. Горбунов

Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН,
299011 г. Севастополь, Российская Федерация

Применение концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования в речных бассейнах (на примере бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор)

Территория Крымского полуострова имеет долгую историю хозяйственного освоения и как следствие в отдельных, особенно староосвоенных, регионах Крымского полуострова, наблюдается проблема использования территории различными природопользователями. Для описания конфликтов природопользования в большинстве случаев используется качественная оценка. В работе показана возможность количественной оценки конфликтов природопользования с использованием концепции экологической ниши в многомерном факторном пространстве. Опираясь на концепцию экологической ниши, приводится количественная оценка конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная). Под конфликтом природопользования понимается ситуация, когда в многофакторном пространстве пересекаются экологические ниши основных видов природопользования. Количественная мера этого пересечения и является

© Табунщик В.А., Горбунов Р.В., 2023



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

мерой конфликта природопользования. Для основных видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) построены их экологические ниши в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы», а также «Среднегодовая температура, °С» и «Осадки, мм/год». Количественная оценка проявления конфликтов природопользования дана как мера пересечения их экологических ниш.

Ключевые слова: природопользование, экологическая ниша, конфликт природопользования, Крымский полуостров, бассейн реки

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ 121040100327-3).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Табунщик В.А., Горбунов Р.В. Применение концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования в речных бассейнах (на примере бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор) // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 77–106. DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-77-106

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-77-106

V.A. Tabunshchik, R.V. Gorbunov

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS,
Sevastopol, 299011, Russian Federation

Application of ecological niche concept in the analysis of nature management conflicts in river basins (on the example of river basins of the North-Western slope of the Crimean Mountains)

The territory of the Crimean Peninsula has a long history of economic development and as a result, in some, especially old-developed, regions of the Crimean Peninsula, there is a problem of the use of the territory by various nature users and, consequently, nature management conflicts are developing. In most cases, qualitative assessment is used to describe

nature management conflicts. The paper shows the possibility of quantifying these conflicts using the concept of an ecological niche in a multidimensional factor space. The paper, based on the concept of ecological niche, provides a quantitative assessment of nature management conflicts in the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains (the basins of the Zapadnii Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, and Chernaya rivers). By nature management conflict we mean a situation when, in a multifactorial space, the ecological niches of the main types of nature use intersect and the quantitative measure of this intersection is the measure of the nature management conflict. For the main types of nature use within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains (the basins of the Zapadnii Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, and Chernaya rivers), their ecological niches are constructed in the space of the factors "Altitude, m" and "Slope, degrees", as well as "Annual air temperature, °C" and "Annual precipitation, mm". A quantitative assessment of the manifestation of nature management conflicts is given as a measure of the intersection of their ecological niches.

Key words: nature use, ecological niche, Crimean Peninsula, river basin, nature management conflicts

Acknowledgments. The study was funded as part of a state assignment (№ 121040100327-3).

FOR CITATION: Tabunshchik V.A., Gorbunov R.V. Application of ecological niche concept in the analysis of nature management conflicts in river basins (on the example of river basins of the North-Western slope of the Crimean Mountains). *Environment and Human: Ecological Studies*. 2023. Vol. 13. No. 1. Pp. 77–106. (In Rus.) DOI: 10.31862/2500-2961-2023-13-1-77-106

Введение

Слово «конфликт» имеет в русском языке несколько значений. В «Толковом словаре русского языка» приводится следующее определение конфликт – это «столкновение, серьезное разногласие, спор»¹.

В четырехтомном «Словаре русского языка» приводятся два определения, характеризующие слово «конфликт» в различных оттенках значения: «осложнение в международных отношениях» и «столкновение противоположных сторон, мнений, сил; серьезное разногласие, острый спор»².

¹ Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений. М., 2006. С. 292.

² Евгеньева А.П. Словарь русского языка: В 4-х т. Т. 2. К–О. М., 1999. С. 96.

В «Толковом словаре русского языка» приводится пять определений для слова «конфликт»: «ситуация, когда несколько человек или групп людей не могут согласиться или договориться по какому-либо вопросу» (в этом значении определение равносильно словам «ссора», «разногласие»); «вооруженное столкновение или серьезное осложнение в отношениях между странами»; конфликт (внутри государства) – это «столкновение интересов различных социальных групп населения, представителей различных народов и т.п. на территории одной страны»; конфликт (в литературном произведении) – это «борьба характеров и обстоятельств, которая движет сюжет»³.

Такими образом получается, что основой развития конфликта является противоречие, противостояние, противоположность. Естественно, что конфликт может возникнуть только тогда, когда необходимо осуществить дальнейший выбор при движении вперед. Что означает понятие «конфликт» в географических и геоэкологических исследованиях? Как оно вводится? Опираясь на тот факт, что географические исследования в первую очередь связаны с пространственно-временными изменениями, то понятие конфликта связано напрямую с дальнейшим развитием и существованием (возможностью или невозможностью существования) объекта исследования в пространстве внешних факторов из-за возникающих противоречий. Если не брать во внимание факты динамики природных катастроф, то очевидно, что большинство примеров возникновения и развития конфликтов и дальнейшая судьба той или иной территории или пространства связано непосредственно с человеческой деятельностью. Однако стоит отметить тот факт, что некоторые авторы показывают возможность конкурентного занятия одними природными комплексами, пространства и территории других природных комплексов [Гродзинский, Свідзінська, 2008, с. 66–69].

Вышеприведенный анализ значений слова «конфликт» показывает, что сфера его использования может быть самой различной, т.к. противоположные мнения, противоречия, споры присущи во всех сферах человеческой деятельности. Если говорить о деятельности человеческого общества и человека, то по отношению к природе она выражается в природопользовании. Естественно, что природопользование направлено на вовлечение в жизнедеятельность общества различных благ окружающей человека природной среды. Природопользование относится к кругу таких вопросов, вокруг которого остро возникают конфликтные

³ Дмитриев Д.В. Толковый словарь русского языка. М., 2003. С. 489.

мнения, споры и столкновения различных сторон, отстаивающих свои точки зрения и интересы.

Понятие «конфликт природопользования» незыблемо вошло в научный обиход и активно применяется при ландшафтном и территориальном планировании, изучении региональных экосистем и ландшафтов. В работах многих авторов понятие «конфликт природопользования» рассматривается с различными, в том числе и личностными интерпретациями. Существует большой объем работ, направленных на картирование конфликтов природопользования [Красовская, Котова, Горелова, 2003; Карпенко, Ладогина, 2005; Бармин, Шуваев, Колчин, 2011; Конфликты в сфере природопользования, 2011; Вавер, 2012; Соцкова, Позаченюк, Смирнов, 2013], однако отсутствуют работы по количественной оценке проявления конфликтов природопользования. Большинство авторов только приводят описание первопричин конфликтов, которое иногда ограничивается констатацией факта, что конфликт возникает из-за борьбы за природные ресурсы, или описывают его последствия (уничтожение компонентов окружающей природной среды, военные столкновения и захват ресурсов), в то время как первопричины возникновения конфликта с естественнонаучной точки зрения практически не описываются.

Л.А. Межова с соавторами отмечают, что часто понятия «конфликт природопользования», «хозяйственный конфликт» и «экологический конфликт» выступают как синонимы [Межова, Сагова, Луговской, 2018, с. 34] и указывают, что «под конфликтом в природопользовании понимается ситуация, обусловленная деятельностью человека, которая приводит к нарушению нормативно установленного состояния окружающей среды, причиняет ущерб отраслям регионального природопользования» [Там же, с. 33]. Н.С. Шуваев с соавторами говорит, что конфликт природопользования – это «противоречие территориальных приоритетов охраны природы и хозяйственного развития в рамках определенного режима природопользования, выражающееся в реальной или потенциальной деградации природных комплексов или их основных компонентов, снижении разнообразия, продуктивности и ценности ландшафтов, а также общей эффективности реализации хозяйственных функций территории» [Шуваев, Вязникова, Минеев, 2018, с. 220]. Т.А. Артемьева с соавторами считает, что конфликт природопользования – это «столкновение между участниками, которые состоят в конфликте на почве разногласий в формах и объемах природопользования и получения доходов от него, который происходит после инцидента конфликта природопользования» [Артемьева, Ефимова, Сытина, 2016, с. 3].

В зарубежной литературе изучению конфликтов природопользования также уделяется большое внимание. Глобальное осмысление этого негативных процессов при сосуществовании различных типов природопользования началось со второй половины XX в. Пионерными работами в этой области выступают исследования [White Jr, 1967; Odum, 1969; Marx, 1970; Klopatek et al., 1979]. На сегодняшний день продолжается исследование конфликтов в природопользовании, особенно между сохранением естественных экосистем и развитием наиболее негативно влияющих на природные экосистемы типов природопользования [Humphreys, 2005; Hagmann, Mulugeta, 2008].

В зарубежной литературе близким понятием выступает “environmental conflict” [Libiszewski, 1991; The decision support system, 1997; Lalander, Merimaa, 2018], которое можно рассматривать как синоним понятия «конфликт природопользования». Еще одним близким понятием в иностранной литературе является “environmental management” [Metcalfe et al., 2010; Gebru et al., 2019; Ikram et al, 2019], которое направлено на решение конфликтов природопользования и их оценку. Однако, как отмечают ряд авторов [Bryant, Wilson, 1998], здесь также имеются большие разрывы между научными и политическими подходами к пути решения конфликтов между природой и обществом.

Стоит также отметить, что зарубежные исследователи также постоянно ведут поиск способа количественной оценки конфликта между различными видами природопользования и также испытывают некоторые сложности. Предлагаются различные подходы для оценки конфликтов природопользования: модель графов [Hipel et al., 1997], теоретико-игровые модели [Hipel, Walker, 2011], математические модели [Malczewski et al., 1997]. В то же время в зарубежных исследованиях применение концепции экологической ниши характерно преимущественно для изучения живых организмов и влияния на них внешней окружающей природной среды [Manlick, Pauli, 2020; Melo-Merino et al., 2020].

Некоторые авторы в тоже время используют понятие «геоэкологический конфликт». А.И. Лычак и Т.В. Бобра указывают, что геоэкологический конфликт – «это определенный тип негативных экологических ситуаций, возникающих в результате присвоение одной и той же территории различных взаимоисключающих социально значимых функций» [Лычак, Бобра, 2009, с. 68]. Возникает резонный вопрос о том, кто присваивает территории эти самые функции, которые она должна выполнять. А также вопрос о том, что представляет собой это взаимоисключение. Очевидно, что взаимоисключение функций использования той или иной территории предполагает разделение их экологических ниш,

как в функциональном значении, так и в многомерном пространстве. Используя научную аргументацию, развитие той или иной территории должно строиться с учетом ландшафтного и территориального планирования. Стоит оговориться о том, что в трехмерном географическом пространстве (широта–долгота–высота) формирование геоэкологического конфликта связано с зонами контакта территорий с различным использованием, в результате «формируется переходная зона или зона влияния одной территориальной системы на другую, что приводит к нарушению режима функционирования территориальных комплексов и формированию антропогенных экотонов» [Лычак, Бобра, 2009, с. 68], однако для выявления причин возникновения геоэкологических конфликтов этого может быть недостаточно и необходимо учитывать многомерность пространства и его характеристики.

Как видно из вышеперечисленных определений, в большинстве случаев словосочетание «конфликт природопользования» ассоциируется с наличием нескольких противоположных мнений по вопросу использования той или иной территории или акватории и пространства в целом и возникающими спорами и разногласиями об их будущности. В то же время нужно понимать, что конфликт природопользования возникает там, где на одну и ту же территорию претендуют несколько природопользователей, и в перспективе на ней может развиваться один из тех видов природопользования, которые на нее претендуют.

А.Н. Бармин с соавторами говорит о том, что конфликт между природопользователями – это «столкновение двух или более потребителей, заинтересованных в обладании или пользовании каким-либо природным ресурсом» [Бармин, Шуваев, Колчин, 2011, с. 121], а Н.С. Шуваев с коллегами справедливо отмечает, что необходимо говорить о конфликте «природопользователь – окружающая среда» [Конфликты природопользования..., 2018, с. 447]. И очевидно, что под окружающей средой или внешней средой в данном случае мы можем понимать другого природопользователя со специфичным набором присущих ему видов деятельности и часть внешней природной среды, еще не вовлеченной в природопользование и условно рассматриваемую как естественную среду.

В своей работе Е.А. Позаченюк и Н.И. Ващенко отмечают, что «современное природопользование все в большей степени представляет собой некую дезинтегрированную систему, в которой интересы многих землепользователей *пересекаются* (курсив наш. – В.Т., Р.Г.)» [Позаченюк, Ващенко, 2003, с. 177]. О.И. Шокина и И.Л. Марголина указывают, что природа конфликтов заложена в конфликтности сервисных функций экосистем (сырьевая, рекреационная, климатообразующая, водоохранная,

эстетическая и пр.), которые могут эксплуатироваться одновременно несколькими видами природопользования [Шокина, Марголина, 2007, с. 83]. То есть получается, что за одну и ту же территорию идет борьба – за саму территорию и за ее функциональное использование. А это, в свою очередь, как уже отмечалось выше, приводит к конфликтам природопользования. Ведь большинство территорий полифункциональны, т.е. используются по нескольким назначениям. А если между каждым назначением или функцией, которую может исполнять территория, возникает противоречие или конфликт, следует говорить о перекрытии экологических ниш объектов, претендующих на использование этой территории.

В связи с этим возникает вопрос о полифункциональном или монофункциональном использовании речного бассейна или бассейнов более мелких порядков. Очевидно, что в статике мы можем говорить о монофункциональном использовании речного бассейна, если он выполняет одну функцию или полифункциональном использовании – при выполнении нескольких функций, а в динамике – только о полифункциональном использовании, ввиду подверженности изменениям территории самого бассейна и постоянном нарастании всевозможных видов использования территории в силу ограниченности территории как ресурса и комплексным проявлениям различных процессов использования территории.

В то же время, т.к. мы исследуем территорию, ограниченную физико-географическими рубежами, нужно понимать, что если ниша определенного вида природопользования шире, чем ниша ландшафта, в котором ландшафт существует, то ландшафт является потенциально уязвимым, потому что его место может полностью занять определенный вид природопользования. В то же время в данной работе мы анализируем именно конкуренцию за одну и ту же территорию между различными видами природопользования, которые претендуют на использование территории, а в дальнейшем и на конкуренцию с естественными и современными ландшафтами.

Очевидно, что конфликт или борьба идут не только за территорию в пределах части трехмерного географического пространства, но и во всех многомерных факторных пространствах, в которых также развиваются и одновременно существуют виды природопользования и которые во многом выступают лимитирующими факторами развития видов природопользования.

Применение экологического подхода и рассмотрение в качестве объекта (хозяйина) отдельных регионов и видов природопользования, а в качестве субъектов – факторов внешней среды, позволяет говорить

о возможной количественной оценке конфликта с использованием концепции экологической ниши. Б.И. Кочуров говорит о том, что виды использования территории (пашня, застроенные земли и т.п.) представляют собой природно-антропогенные геосистемы – антропогенные ландшафты, которые, как и естественные ландшафты, являются основными операционными единицами при экологической оценке и картографировании территории, и таким образом к их изучению возможно применение экологического подхода [Кочуров, 2016, с. 38].

Изучение конфликтов природопользования на территории Крымского полуострова активно ведется в силу значительной преобразованности его территории. Например, Л.М. Соцкова и И.В. Окара изучали конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна озера Джарылгач [Соцкова, Окара, 2016]; Т.В. Панкеева с соавторами указывает на конфликты между природоохранной ценностью и активным хозяйственным использованием бухты Круглая в Крыму [Панкеева, Миронова, Пархоменко, 2019, с. 97]; Л.М. Соцкова с соавторами – конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна Симферопольского и Чернореченского водохранилищ, а также Сакского озера [Соцкова, Позаченюк, Смирнов, 2013]; Е.А. Позаченюк и Н.И. Ващенко – ядра экологических конфликтов в бассейне реки Черная [Похаченюк, Ващенко, 2003]; Л.А. Ожегова – конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна реки Салгир в черте города Симферополя [Ожегова, 2016]. В то же время изучение конфликтов природопользования в пределах территории Крымского полуострова часто сводится только к качественному описанию существующих экологических проблем.

Однако важным является тот факт, что авторы рассматривают конфликты природопользования, опираясь на бассейновый подход. Бассейновый подход также находит место в рассмотрении конфликтов в мировой практике. В некоторых работах приводится характеристика международных конфликтов в трансграничных речных бассейнах [Межова, Сагова, Луговской, 2018; Причины геоэкологических конфликтов..., 2018]. В других исследованиях подчеркивается особая роль использования бассейновой организации территории при решении конфликтов природопользования и организации рациональной системы природопользования [Соцкова, Позаченюк, Смирнов, 2013, с. 288, 290].

Цель работы – изучить возможность применения концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования для целей выполнения геоэкологической оценки в пределах речных бассейнов.

Рабочая гипотеза исследования основывается на предположении, что мера пресечения экологических ниш выступает количественным показателем проявления конфликта природопользования между исследуемыми видами природопользования в выбранных осях факторного пространства.

Применение экологического подхода позволяет рассматривать вид природопользования, сформированный на определенной территории, как систему со своим особым функционированием, конкурирующую с другими системами (видами природопользования, экосистемами, ландшафтами) за различные виды пространства и ресурсов. Конфликт природопользования существует в многомерном пространстве, именно в анализе многомерного пространства и заключается поиск первопричин возникновения или отсутствия конфликтов природопользования.

Для рассмотрения нашей гипотезы проанализированы основные виды природопользования (названия которых рассмотрены в трактовке П.Г. Шищенко [Шищенко, 1988, с. 41]), приуроченные к бассейнам рек северо-западного склона Крымских гор. В качестве операционно-территориальных единиц исследования выбраны пять наиболее крупных бассейнов рек – бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная.

Материалы и методы исследования

Невозможность разделения функций, которые может выполнять территория в пределах одного и того же речного бассейна, приводит к возникновению конфликтов природопользования. В решении этой проблемы предлагается использовать концепцию экологической ниши. Согласно этой концепции конфликт природопользования может возникнуть только там, где наблюдается перекрытие экологических ниш.

Концепция экологической ниши, возникшая в начале XX в. и завоевавшая признание во второй его половине, сначала в биологии и экологии, а затем и в ряде других наук (география, экономика, социология и др.), как в изначальном, так и в переосмысленном виде до сих пор представляет научный интерес для исследователей, т.к. имеет ряд нерешенных теоретико-методологических и практических вопросов, а также значительные перспективы для дальнейшего развития и междисциплинарной интеграции.

Об уровне проявления конфликтов в природопользовании в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор можно судить, опираясь на [Автономна..., 2003]. По данной работе составлена карта проявления конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 1).

На рис. 1 использована балльная шкала оценки конфликтов природопользования, однако в работе [Автономна..., 2003] не приведена ни методика построения этой карты, ни ее фактический анализ, что снижает ценность данной карты.

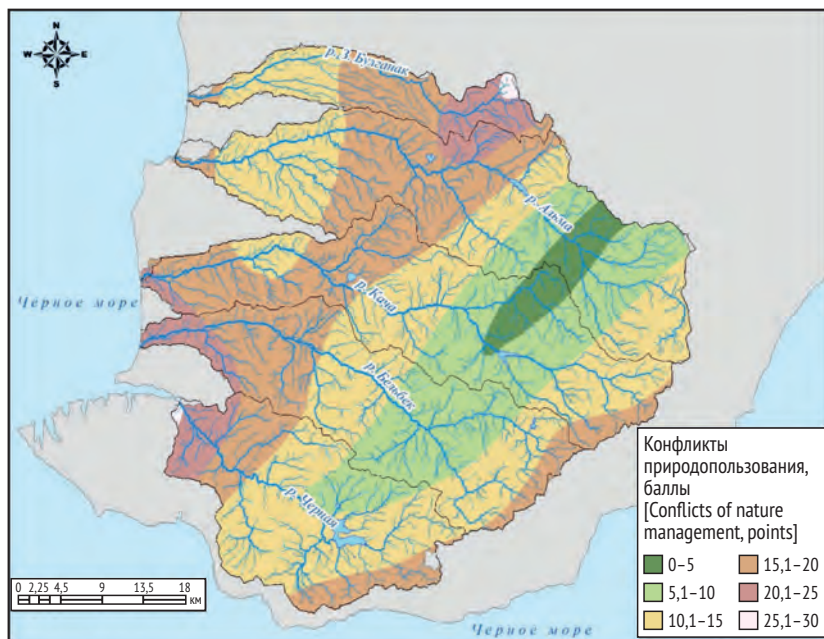


Рис. 1. Проявление конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор

Составлено с использованием [Автономна Республіка..., 2003]

Fig. 1. Manifestation of conflicts of nature management in the river basins of the North-Western Slope of the Crimean Mountains

Compiled using [Avtonomna Respublika..., 2003]

Однако наибольший интерес представляет распределение конфликтов природопользования в многомерном пространстве и выявление причин их формирования в зависимости от факторов среды.

Для анализа конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор была составлена карта основных видов природопользования, показывающая их распределение в трехмерном географическом пространстве. Стоит также сделать уточнение, что в вид использования земель «Луга» мы включали и степные сообщества,

не используемые в хозяйственной деятельности и расположенные часто в труднодоступных местах (в том числе и растительные сообщества яйл). Для выявления факторов внешней среды использовались данные об абсолютных высотах [Табунщик, Келип, Андрончик, 2021], наклоне поверхности [Табунщик, 2021], среднегодовом количестве выпадающих осадков [Gorbunov et al., 2020] и среднегодовых температурах воздуха [Изменение температуры..., 2020].

В многомерном факторном пространстве экологические ниши относительно друг друга могут располагаться: независимо друг от друга, одна ниша может быть включена в другую, ниши могут перекрываться. Количественно степень перекрытия двухмерных ниш можно оценить графически, через отношение площади, на которой ниши пересекаются, к их общей площади на графике. Математически это можно представить в следующем виде:

$$\mu_{ij} = \frac{S_x}{S_i + S_j - S_x}, \quad (1)$$

где μ_{ij} – мера перекрытия экологических ниш i -го и j -го типов; S_x – площадь пересечения экологических ниш i -го и j -го типов; S_i и S_j – площадь экологических ниш i -го и j -го типов [Гродзинський, Свідзінська, 2008, с. 89–90].

Суть формулы сводится к понимаю количественного выражения полного перекрытия и, соответственно, конфликта природопользования как 1 (или 100%), или частичного перекрытия и наличия конфликта (значения от 0 до 1), или отсутствия перекрытия и соответственно конфликта природопользования – как 0.

Результаты исследования и их обсуждение

Для территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор на основании анализа баз геоданных, космических снимков высокого разрешения составлена карта видов природопользования (использования земель), которая представляет собой основные виды природопользования рассматриваемой территории. На основании соотношения полученных данных о виде природопользования и карт абсолютных высот, крутизны склонов, а также карт среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков за третий и четвертый периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи построены экологические ниши видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 2, 3).

Конфликт природопользования рассматривается нами как область перекрытия экологических ниш различных видов природопользования (рис. 4). Количественной мерой конфликта природопользования в данном случае выступает степень пересечения экологических ниш, которая представлена в табл. 1, и оценивается от 0 до 1.

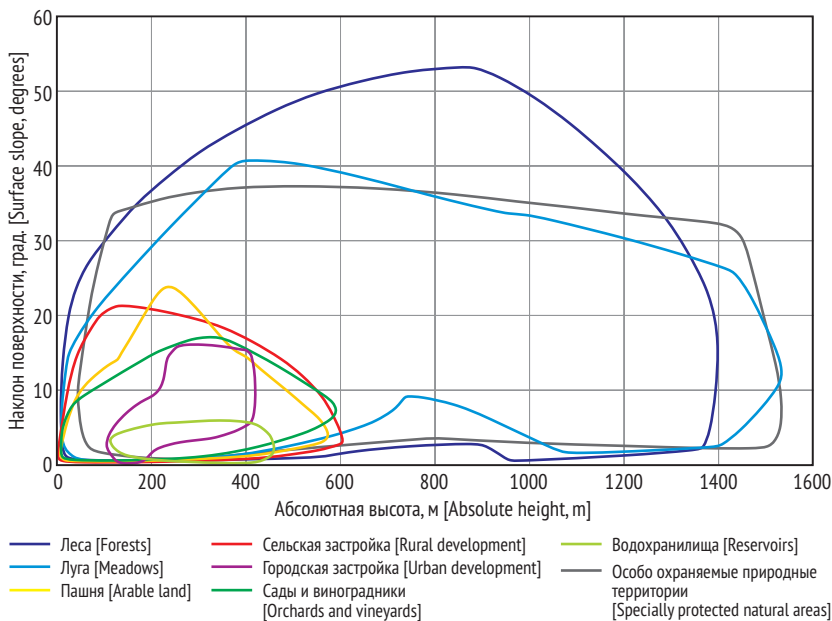
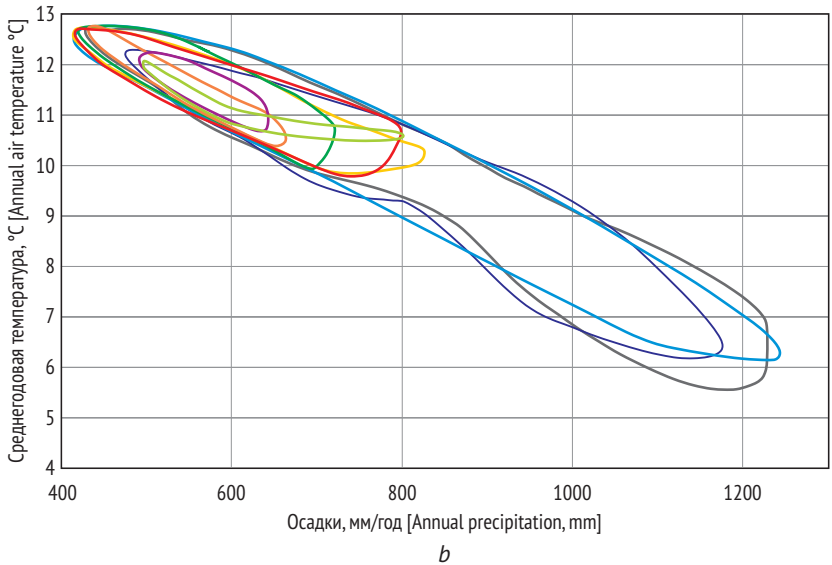
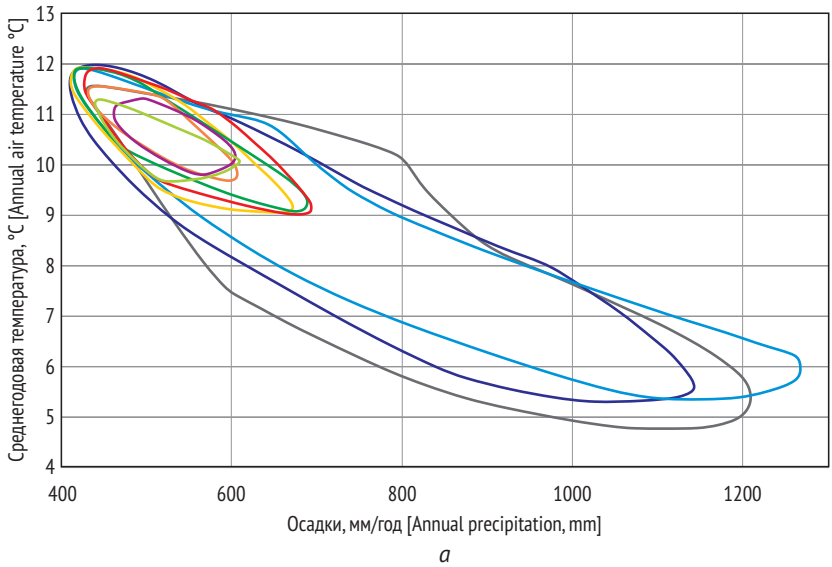


Рис. 2. Положение основных видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы»

Fig. 2. The position of the main types of nature management within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains withing the factors “Absolute height, m” and “Surface slope, degrees”

В то же время нужно понимать, что в пяти рассматриваемых бассейнах рек конфликты природопользования проявляются с разной силой. Например, в бассейне реки Западный Булганак, где доминирует пашня, основной конфликт будет происходить между пашней, застройкой и естественными территориями, которые слабо сохранились, а в бассейне реки Альма – между лесами, лугами и другими видами природопользования (рис. 5, табл. 2, 3).



- | | | |
|------------------------------|--|---|
| — Леса [Forests] | — Сельская застройка [Rural development] | — Земли промышленного использования [Lands of industrial use] |
| — Луга [Meadows] | — Городская застройка [Urban development] | — Особо охраняемые природные территории [Specially protected natural areas] |
| — Пашня [Arable land] | — Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | |
| — Водохранилища [Reservoirs] | | |

Рис. 3. Положение основных видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Среднегодовая температура, °С» и «Осадки, мм/год»:

a – третий период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981–1997 гг.); *b* – четвертый период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2019 гг.)

Fig. 3. The position of the main types of nature management within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains in the space of the factors “Annual air temperature, °C” and “Annual precipitation, mm”:

a – the third period of the meridional southern circulation epoch (1981–1997); *b* – the fourth period of the meridional southern circulation epoch (1998–2019)

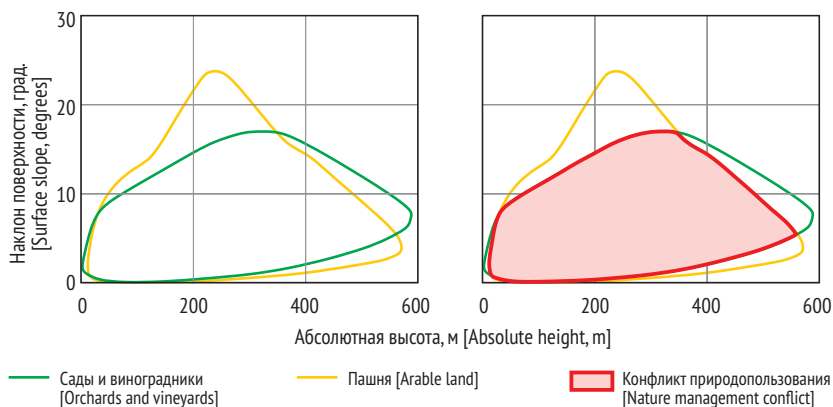


Рис. 4. Графическая визуализация конфликта природопользования между видами природопользования «Пашня» и «Сады и виноградники» как степень перекрытия их экологических ниш, в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы»

Fig. 4. Graphical visualization of the nature management conflict between “Arable land” and “Gardens and vineyards” types of nature management as the degree of overlap of their ecological niches, within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains within such factors as “Absolute height, m” and “Surface slope, degrees”

Таблица 1

Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор
[Significance of the nature management conflict (crossing of ecological niches) of the main types of nature management taking into account “Absolute height, m” and “Surface slope, degrees” factors within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains]

| | ООПТ [Specially protected natural areas] | Леса [Forests] | Луга [Meadows] | Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | Пашня [Arable land] | Сельская застройка [Rural development] | Городская застройка [Urban development] | Водохранилища [Reservoirs] | Земли промышленного использования [Lands of industrial use] |
|--|--|----------------|----------------|---|---------------------|---|--|-------------------------------|---|
| ООПТ [Specially protected natural areas] | – | | | | | | | | |
| Леса [Forests] | 0,70 | – | | | | | | | |
| Луга [Meadows] | 0,86 | 0,71 | – | | | | | | |
| Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | 0,13 | 0,11 | 0,15 | – | | | | | |
| Пашня [Arable land] | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,76 | – | | | | |
| Сельская застройка [Rural development] | 0,17 | 0,15 | 0,20 | 0,69 | 0,77 | – | | | |
| Городская застройка [Urban development] | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,46 | 0,38 | 0,32 | – | | |
| Водохранилища [Reservoirs] | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | – | |
| Земли промышленного использования [Lands of industrial use] | 0,14 | 0,11 | 0,15 | 0,60 | 0,72 | 0,65 | 0,57 | 0,17 | – |

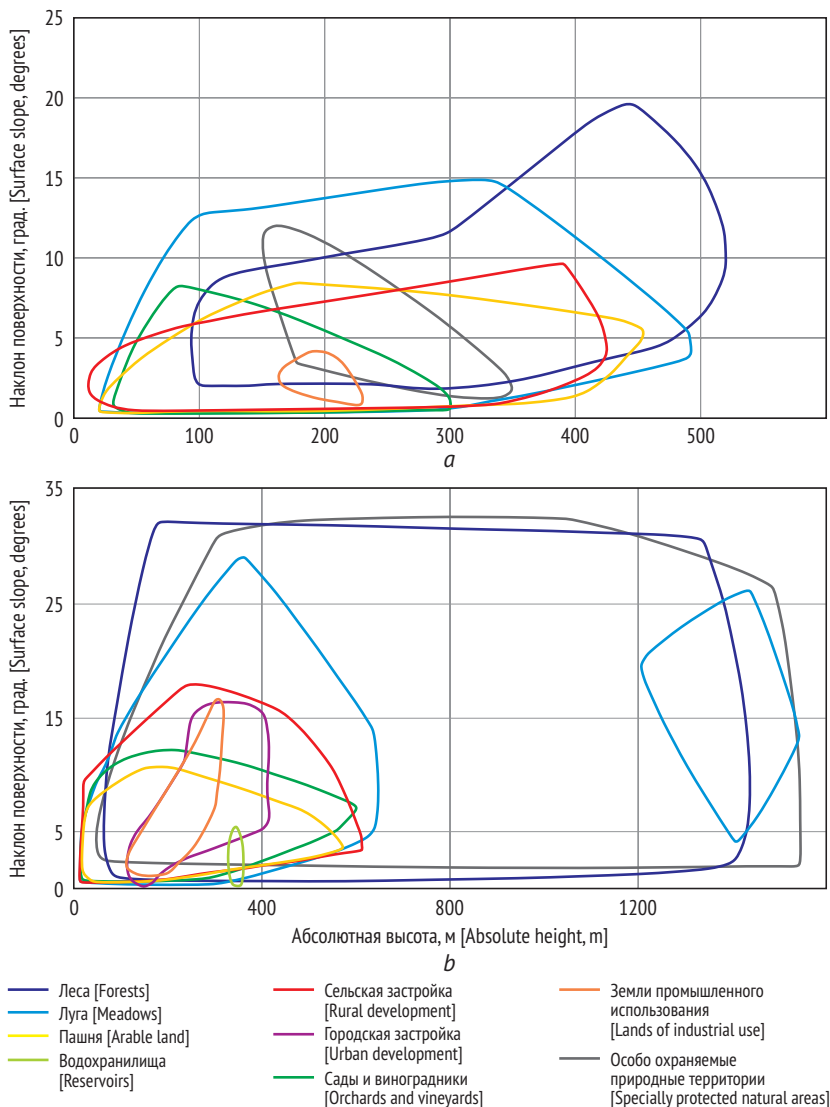


Рис. 5. Положение основных видов природопользования в пределах бассейна реки Западный Булганак (а) и Альма (б) в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы»

Fig. 5. The position of the main types of nature management within the Western Bulganak (a) and Alma (b) river basins within the factors “Absolute height, m” and “Surface slope, degrees”

Таблица 2

Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в бассейне реки Западный Булганак в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы»
[Significance of the nature management conflict (crossing of ecological niches) of the main types of nature management in the Western Bulganak river basin within ‘Absolute height, m’ and ‘Surface slope, degrees’ factors]

| | ООПТ [Specially protected natural areas] | Леса [Forests] | Луга [Meadows] | Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | Пашня [Arable land] | Сельская застройка [Rural development] | Земли промышленного использования [Lands of industrial use] |
|---|--|----------------|----------------|---|---------------------|---|---|
| ООПТ [Specially protected natural areas] | - | | | | | | |
| Леса [Forests] | 0,21 | - | | | | | |
| Луга [Meadows] | 0,22 | 0,48 | - | | | | |
| Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | 0,10 | 0,14 | 0,02 | - | | | |
| Пашня [Arable land] | 0,31 | 0,36 | 0,48 | 0,42 | - | | |
| Сельская застройка [Rural development] | 0,26 | 0,35 | 0,52 | 0,41 | 0,76 | - | |
| Земли промышленного использования [Lands of industrial use] | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,11 | 0,06 | 0,05 | - |

Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в бассейне реки Альма в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы»

[Significance of the nature management conflict (crossing of ecological niches) of the main types of nature management in the Alma river basin within ‘Absolute height, m’ and ‘Surface slope, degrees’ factors]

| | ООПТ [Specially protected natural areas] | Леса [Forests] | Луга [Meadows] | Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | Пашня [Arable land] | Сельская застройка [Rural development] | Городская застройка [Urban development] | Водохранилища [Reservoirs] | Земли промышленного использования [Lands of industrial use] |
|--|--|----------------|----------------|---|---------------------|---|--|-------------------------------|---|
| ООПТ [Specially protected natural areas] | - | | | | | | | | |
| Леса [Forests] | 0,84 | - | | | | | | | |
| Луга [Meadows] | 0,36 | 0,32 | - | | | | | | |
| Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | 0,11 | 0,11 | 0,31 | - | | | | | |
| Пашня [Arable land] | 0,08 | 0,09 | 0,22 | 0,72 | - | | | | |
| Сельская застройка [Rural development] | 0,16 | 0,18 | 0,44 | 0,64 | 0,46 | - | | | |
| Городская застройка [Urban development] | 0,07 | 0,07 | 0,18 | 0,38 | 0,34 | 0,38 | - | | |
| Водохранилища [Reservoirs] | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | - | |
| Земли промышленного использования [Lands of industrial use] | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,22 | 0,24 | 0,18 | 0,47 | 0,00 | - |

Применение концепции экологической ниши показывает, что на одно факторное пространство претендуют несколько видов природопользования, и за это пространство будет вестись конкуренция либо до установления динамического равновесия, либо до полного доминирования определенных видов природопользования: происходит вытеснение наиболее «слабого» вида природопользования, поскольку в итоге наиболее «сильный» вид природопользования должен занять господствующее положение (в том числе и с учетом антропогенного фактора внешнего воздействия).

Наименее приспособленными с позиции конкуренции за пространство выступают территории, занятые лесами и ООПТ, в силу того, что они наиболее подвержены воздействию хозяйственной деятельности, а наиболее сильными – староосвоенные территории, искусственно регулируемые человеком, где развита сеть поселений и территория активно используется под пашню, сады и виноградники.

В то же время пересечение экологических ниш ООПТ и естественной растительности не выглядит спорно, поскольку ООПТ создаются для сохранения основных типов уникальных экосистем региона. Однако здесь нужно отметить, что в силу освоения региона исследования экологические ниши ООПТ намного шире по факторам, наименее благоприятным для хозяйственного использования.

Нужно понимать, что в силу исторического развития естественные слабо преобразованные территории и их ниши должны быть уничтожены, их ниши будут заняты либо преобразованными ландшафтами, либо ООПТ. Получается, что в любом случае естественные ландшафты будут трансформироваться и их экологическая ниша будет сужаться.

Количественные значения пересечения экологических ниш, представленные в табл. 1, могут использоваться, однако требуют некоторых уточнений. Например, при таком подходе, когда мы имеем дело со сравнением широкой и узкой экологической ниши, результат общего пересечения составляет незначительные величины ввиду большой площади одной фигуры и крайне малой, относительно большой, площади второй фигуры. Если рассматривать экологические ниши лесов и городской застройки, то очевидно, что экологическая ниша городской застройки практически полностью включается в экологическую нишу лесов. Результаты по формуле (1) составляют только 0,06 ввиду большой ширины экологической ниши лесов. Таким образом, если проводить анализ пересечения по формуле (1), то учитывается только пересечение от общей площади экологической ниши, в то время как конфликт природопользования должен оцениваться с позиции каждого участника конфликта. Ввиду этого предлагается использовать для оценки конфликта

природопользования отношение площади пересечения экологических ниш к площади самой ниши, в рамках субъект-объектных отношений (табл. 4). Например, если сравнивать пересечение экологических ниш лесов и городской застройки с позиции городской застройки, то пересечение достигает 0,92 и очевидно, что экологическая ниша леса может вытеснить экологическую нишу городской застройки в факторном пространстве с большей вероятностью, чем экологическая ниша городской застройки вытеснить городскую нишу лесов, где значение пересечения составляет 0,17.

Интересен сам факт понимания формирования роста экологических ниш отдельных видов природопользования. Например, экологическая ниша городской застройки полностью включена в экологическую нишу сельской застройки (рис. 6), что свидетельствует о том, что, городская застройка формируется преимущественно на базе сельской, а сельская, в свою очередь, захватывает новые пространства. В то же время нужно констатировать, что в результате климатических условий изменяются и климатические факторы среды, влияющие на развитие отдельных видов природопользования, что влияет на изменение экологических ниш.

Также интересен тот факт, что экологическая ниша городской и сельскохозяйственной застройки почти полностью связана с экологической нишей территорий с промышленным использованием. В то же время экологическую нишу каждого вида природопользования можно рассматривать как его количественную характеристику положения в многомерном пространстве и использовать для целей планирования и прогнозирования. При этом нужно сделать оговорку, что существует проблема реального и нормативного природопользования, когда, например, земли могут принадлежать лесному фонду или землям запаса или еще куда-то быть отнесены, а по факту покрыты луговой растительностью, что существо затрудняет научный анализ и поиск.

Очевидно, что природоохранный и промышленный виды природопользования выступают взаимоисключающими видами природопользования, конкурирующими за территорию и пространство. Тем не менее, дискуссионным и требующим дальнейшей проработки может выступить вопрос о наличии конкуренции между отдельными видами природопользования из-за того, что некоторые из них могут дополнять друг друга и находиться в симбиозе друг с другом: например, сельскохозяйственный вид природопользования может быть неразделим с рекреационным, как отдельные специально засеваемые поля с определенными культурами (в Крыму очень часто посевы лаванды используются в разное время года по-разному).

Таблица 4

Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в пространстве факторов «Абсолютная высота, м» и «Наклон поверхности, градусы», рассчитанные как отношение площади пересечения экологических ниш к площади самой ниши
[Significance of the nature management conflict (crossing of ecological niches) of the main types of nature management within such factors as “Absolute height, m” and “Slope of the surface, degrees”, calculated as the ratio of the area of intersection of ecological niches to the area of the niche itself]

| | ООПТ [Specially protected natural areas] | Леса [Forests] | Луга [Meadows] | Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | Пашня [Arable land] | Сельская застройка [Rural development] | Городская застройка [Urban development] | Водохранилища [Reservoirs] | Земли промышленного использования [Lands of industrial use] |
|--|--|----------------|----------------|---|---------------------|---|--|-------------------------------|---|
| ООПТ [Specially protected natural areas] | – | 0,91 | 0,88 | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,06 | 0,03 | 0,14 |
| Леса [Forests] | 0,75 | – | 0,72 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,05 | 0,03 | 0,11 |
| Луга [Meadows] | 0,96 | 0,95 | – | 0,15 | 0,17 | 0,21 | 0,07 | 0,03 | 0,15 |
| Сады и виноградники [Orchards and vineyards] | 0,98 | 0,99 | 0,99 | – | 0,95 | 1,00 | 0,47 | 0,21 | 0,76 |
| Пашня [Arable land] | 0,89 | 0,97 | 0,99 | 0,80 | – | 0,96 | 0,39 | 0,18 | 0,78 |
| Сельская застройка [Rural development] | 0,88 | 0,97 | 0,97 | 0,69 | 0,79 | – | 0,32 | 0,15 | 0,68 |
| Городская застройка [Urban development] | 0,92 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | – | 0,17 | 0,96 |
| Водохранилища [Reservoirs] | 0,82 | 0,93 | 0,93 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,34 | – | 0,08 |
| Земли промышленного использования [Lands of industrial use] | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,74 | 0,90 | 0,94 | 0,45 | 0,02 | – |

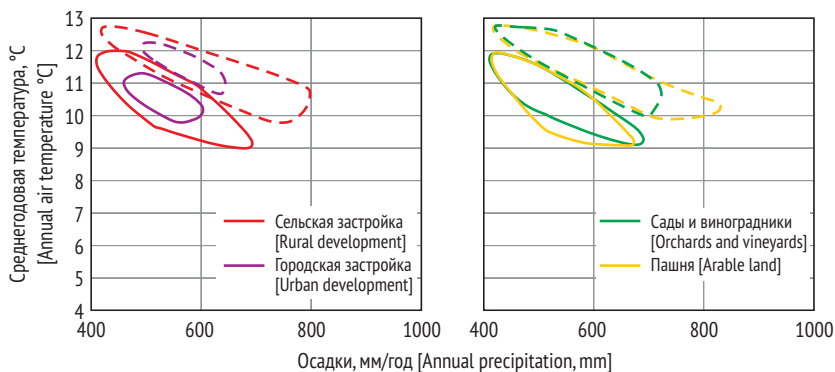


Рис. 6. Положение некоторых видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Среднегодовая температура, °С» и «Осадки, мм/год» в третий период (1981–1997 гг.) (прямая линия) и в четвертый период (1998–2019 гг.) (пунктирная линия) меридиональной южной циркуляционной эпохи:

a – «сельская застройка и городская застройка»; *b* – «сады и виноградники» и «пашня»

Fig. 6. The position of some types of nature management within the river basins of the northwestern slope of the Crimean Mountains in the space of the factors «Annual air temperature, °C» and «Annual precipitation, mm» in the third period (1981–1997) (straight line) and in the fourth period (1998–2019) (dotted line) of the meridional southern circulation epoch:

a – «Rural development» and «Urban development»; *b* – «Orchards and vineyards» and «Arable land»

Очевидно, что в некоторых случаях возможно сосуществование различных видов природопользования в пределах одного ландшафта или одной исследуемой территории. В первую очередь это связано с тем, что в факторных пространствах их экологические ниши не пересекаются. Учитывая то обстоятельство, что полностью невозможно учесть все факторы внешней среды, нами предпринята попытка рассмотреть конфликты природопользования в пространстве только некоторых факторов, в которых, как мы увидели выше, существует явный конфликт природопользования и отсутствует конфликт природопользования, т.к. экологические ниши не пересекаются.

Дополнительно нужно отметить тот факт, что, анализируя по ходу работы положения многомерной концепции экологической ниши, нельзя не упомянуть и о функциональной концепции экологической ниши.

Частично этот вопрос уже затрагивался во введении при обзоре литературы, когда мы говорим о том, что территория, или ландшафт, или экосистема могут выполнять различные функции, со временем трансформируясь в доминирующий вид природопользования. Остановимся более подробно на этом моменте. Если говорить о положении вида природопользования в факторном пространстве, то очевидно, что концепция экологической ниши является новым способом его количественной оценки, чего не скажешь про функциональные ниши. Функциональная ниша формируется в большинстве случаев внешними факторами среды, которые либо не поддаются количественной оценке (как например, политические решения), либо являются чрезвычайно сложными для количественной оценки (сложные экономические расчеты и получение экономической выгоды от территории/ландшафта/экосистемы).

Концепция многомерной экологической ниши позволяет вводить элементы планирования для определенного ландшафта. Можно смоделировать положение ландшафта в пространстве различных факторов среды, и путем сравнения выбрать наиболее пригодные ландшафты для определенных видов природопользования.

Использование количественных значений величин конфликтов природопользования является важным элементом при геоэкологической оценке. Анализ публикаций, выполненный нами, показывает, что конфликты природопользования учитываются только качественно, в основном, просто описываются случаи негативного использования той или иной территории. В связи с этим количественная характеристика меры пересечения экологических ниш может служить одним из критериев при геоэкологической оценке территории.

Выводы

В работе показана возможность применения концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования для целей выполнения геоэкологической оценки в пределах речных бассейнов. Для анализа параметров внешней среды, в которых существует тот или иной вид природопользования, предлагается использовать практическое применение концепции многофакторной экологической ниши, которая рассматривается как набор факторов и условий внешней среды, которые могут быть количественно определены: высота, климатические поля факторов, характеристики почвенного покрова и ряд других факторов и условий (в том числе комплексный многомерный анализ совокупности факторов), которые влияют на развитие вида природопользования и его существование.

Работа апробирована на региональном уровне. Территория, включающая в себя бассейны наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная), является довольно контрастной – здесь представлены самые различные виды природопользования. В ходе работы выявлены количественные меры перекрытия экологических ниш видов природопользования в пределах бассейнов рассматриваемых рек.

Таким образом, использование концепции экологической ниши позволяет установить количественные закономерности развития природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, выявить и количественно оценить конфликты природопользования, наметить оптимальные пути их решения и подготовить рекомендации для органов власти, опираясь на научный подход.

Библиографический список / References

Автономна Республіка Крим: Атлас / Ред. М.В. Багров [та ін.]. Київ, Симферополь, 2003. [Avtonomna Respublika Krim [Autonomous Republic of Crimea]. Atlas. M.V. Bagrov et al. (eds.). Kiev, Simferopol, 2003.]

Артемьева Т.А., Ефимова Т.Н., Сытина М.А. Конфликты в природопользовании на территории кластера «Быстринский» природного парка «Вулканы Камчатки» // Огарёв-Online. 2016. № 24 (89). С. 3. [Artemyeva T.A., Efimova T.N., Sytina M.A. Conflicts in nature management on the territory of the Bystrinsky cluster of the Kamchatka Volcanoes Natural Park. *Ogarev-online*. 2016. No. 24 (89). Pp. 3. (In Rus.)]

Бармин А.Н., Шуваев Н.С., Колчин Е.А. Опыт картографирования конфликтов природопользования на примере Астраханской области // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17. № 4 (49). С. 120–130. [Barmin A.N., Shuvaev N.S., Kolchin E.A. The experience of mapping conflicts of nature management on the example of the Astrakhan region. *Arid Ecosystems*. 2011. Vol. 17. No. 4 (49). Pp. 120–130. (In Rus.)]

Вавер О.Ю. Анализ социальных конфликтов природопользования в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Фундаментальные исследования. 2012. № 11-3. С. 533–537. [Vaver O.Yu. Analysis of social conflicts of nature management in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2012. No. 11-3. Pp. 533–537. (In Rus.)]

Гродзинський М. Д., Свідзінська Д. В. Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів. Київ, 2008. [Grodzinski M.D., Svidzinska D.V. Nishi landshaftiv Ukraïni u prostori klimatichnikh faktoriv [Nice landscape of Ukraine with spacious climatic factors]. Kiev, 2008.]

Изменение температуры воздуха в Крыму / Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Табунщик В.А. // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

[Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Drygval A.V., Tabunshchik V.A. Change of air temperature in Crimea. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383 (In Rus.)]

Карпенко С.А., Лагодина С.Е. Геоинформационное картирование территориальных конфликтов природопользования приморских территорий Украины // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. 2005. Т. 18 (57). № 1. С. 58–66. [Karpenko S.A., Lagodina S.E. Geoinformation mapping of territorial conflicts of nature management of the coastal territories of Ukraine. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya*. 2005. Vol. 18 (57). No. 1. Pp. 58–66. (In Rus.)]

Конфликты в сфере природопользования на территории Астраханской области и их картографическое отображение / Шуваев Н.С., Бармин А.Н., Иолин М.М. и др. // Геодезия и картография. 2011. № 7. С. 43–49. [Shuvaev N.S., Barmin A.N., Iolin M.M. et al. Conflicts in the sphere of nature management on the territory of the Astrakhan region and their cartographic mapping. *Geodeziya i kartografiya*. 2011. No. 7. Pp. 43–49. (In Rus.)]

Конфликты природопользования: типизация и анализ на современном этапе / Шуваев Н.С., Бармин А.Н., Колчин Е.А., Минеев Е.А. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42. № 3. С. 446–458. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-3-446-458 [Shuvaev N.S., Barmin A.N., Kolchin E.A., Mineev E.A. Conflicts of nature management: Typification and analysis at the present stage. *Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*. 2018. Vol. 42. No. 3. Pp. 446–458. (In Rus.)]

Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М., 2016. [Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye* [Ecodiagnosics and balanced development]. Moscow, 2016.]

Красовская Т.М., Котова О.И., Горелова М.А. Методика создания карт конфликтов природопользования для севера Европейской части России // Интеркарто-9: ГИС для устойчивого развития территорий. Севастополь; Новороссийск, 2003. С. 386–390. [Krasovskaya T.M., Kotova O.I., Gorelova M.A. Methodology for creating maps of environmental management conflicts for the North of the European part of Russia. *Interkarto-9: GIS dlya ustojchivogo razvitiya territorij*. Sevastopol; Novorossiysk, 2003. Pp. 386–390. (In Rus.)]

Лычак А.И., Бобра Т.В. Геоэкологическая ситуация и проблема формирования экологической сети в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2009. Т. 5. № 1. С. 63–69. [Lychak A.I., Bobra T.V. Geoeological situation and the problem of forming an ecological network in the Crimea. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2009. Vol. 5. No. 1. Pp. 63–69. (In Rus.)]

Межова Л.А., Сагова З.Р., Луговской А.М. Методологические подходы к изучению конфликтов природопользования в России // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2018. № 1. С. 33–37. [Mezhova L.A., Sagova Z.R., Lugovskoy A.M. Methodological approaches to the study of conflicts

of nature management in Russia. *Bulletin of the International Academy of Sciences (Russian Section)*. 2018. No. 1. Pp. 33–37. (In Rus.)]

Ожегова Л.А. Возможности рекреационного природопользования на реке Салгир в черте города Симферополя // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 2. С. 144–151. [Ozhegov L.A. Possibilities of recreational nature management on the Salgir River within the city of Simferopol. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2018. Vol. 4 (70). No. 2. Pp. 144–151. (In Rus.)]

Панкеева Т.В., Миронова Н.В., Пархоменко А.В. Донные природные комплексы бухты Круглой // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5 (71). № 2. С. 89–100. [Pankeeva T.V., Mironova N.V., Parkhomenko A.V. Bottom natural complexes of Kruglaya Bay. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2019. Vol. 5 (71). No. 2. Pp. 89–100. (In Rus.)]

Позаченюк Е.А., Ващенко Н.И. Методика составления карты ядер экологической конфликтности (на примере бассейна реки Черной) // Національні картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. Київ, 2003. С. 177–182. [Posachenyuk E.A., Vashchenko N.I. Methodology of mapping the cores of ecological conflict (on the example of the Chernaya River basin). *Natsionalne kartografuvannya: stan, problemi ta perspektivi rozvitku*. Kyiv, 2003. Pp. 177–182. (In Rus.)]

Причины геоэкологических конфликтов природопользования в международных речных бассейнах и пути их урегулирования / Сагова З.М., Межова Л.А., Кульнев В.В., Луговской А.М. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 3. С. 114–121. DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-3-114-121 [Sagova Z.M., Mezхова L.A., Kulnev V.V., Lugovskoy A.M. Causes of geoecological conflicts of nature management in international river basins and ways of their settlement. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*. 2018. Vol. 12 (3). Pp. 114–121. (In Rus.)]

Соцкова Л.М., Окара И.В. Конфликты природопользования и проблемы сохранения грязей озера Джарылгач // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2016. Т. 2 (68). № 3. С. 232–240. [Sotskova L.M., Okara I.V. Conflicts of nature management and problems of preserving the mud of Lake Jarylgach. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2016. Vol. 2 (68). No. 3. Pp. 232–240. (In Rus.)]

Соцкова Л.М., Позаченюк Е.А., Смирнов В.О. Конфликты природопользования в пределах зон санитарной охраны водных объектов Крыма // Фізична географія та геоморфологія. 2013. № 3 (71). С. 282–291. [Sotskova L.M., Posachenyuk E.A., Smirnov V.O. Conflicts of nature management within the zones of sanitary protection of water bodies of the Crimea. *Fizichna geografiya ta geomorfologiya*. 2013. No. 3 (71). Pp. 282–291. (In Rus.)]

Табунщик В.А., Келип А.А., Андрончик Я.О. Анализ абсолютных высот рельефа в пределах ландшафтов Крымского полуострова // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – Природного заповедника РАН. 2021. № 4 (20). С. 54–66. DOI: 10.21072/eco.2021.20.07 [Tabunshchik V.A., Kelip A.A., Andronchik Ya.O. Analysis of absolute relief heights within the landscapes of the Crimean Peninsula. *Trudy Karadagskoj nauchnoj stantsii im. T.I. Vyazemskogo – Prirodnogo zapovednika RAN*. 2021. No. 4 (20). Pp. 54–66. (In Rus.)]

Табунщик В.А. Пространственное распределения наклона поверхности в пределах ландшафтов Крымского полуострова // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 22 (74). С. 135–145. DOI: 10.37279/2413-1873-2021-22-135-145 [Tabunshchik V.A. Spatial distribution of the slope of the surface within the landscapes of the Crimean Peninsula. *Stroitelstvo i tekhnogennaya bezopasnost*. 2021. No. 22 (74). Pp. 135–145. (In Rus.)]

Шищенко П.Г. Прикладная физическая география. Киев, 1988. [Shishchenko P.G. *Prkladnaya fizicheskaya geografiya* [Applied physical geography]. Kiev, 1988.]

Шокина О.И. Факторы изменений структуры природопользования (на примере верхней части бассейна р. Луги) // Псковский регионологический журнал. 2007. № 5. С. 78–83. [Shokina O.I. Factors of changes in the structure of nature management (on the example of the upper part of the Luga River basin). *Pskovskiy regionologicheskij zhurnal*. 2007. No. 5. Pp. 78–83. (In Rus.)]

Шуваев Н.С., Вязникова А.В., Минеев Е.А. Конфликт природопользования: определение понятия, особенности и проблемы // Астраханские Петровские чтения: «Россия – Астрахань – Восток: интегральное взаимодействие (к 300-летию образования Астраханской губернии)»: Материалы Международной научной конференции, Астрахань, 26–28 октября 2017 г. Астрахань, 2018. С. 220–222. [Shuvaev N.S., Vyaznikova A.V., Mineev E.A. Conflict of nature management: Definition of the concept, features and problems. *Astrakhanskie Petrovskie chteniya: «Rossiya – Astrakhan – Vostok: integralnoe vzaimodeystvie (k 300-letiyu obrazovaniya Astrakhanskoy gubernii)»*. Astrakhan, 2018. Pp. 220–222. (In Rus.)]

Bryant R.L., Wilson G.A. Rethinking environmental management. *Progress in Human Geography*. 1998. Vol. 22 (3). Pp. 321–343.

Gebru B.M., Wang S.W., Kim S.J., Lee W.-K. Socio-ecological niche and factors affecting agroforestry practice adoption in different agroecologies of Southern Tigray, Ethiopia. *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Pp. 3729.

Gorbulov R., Gorbulova T., Kononova N. et al. Spatiotemporal aspects of interannual changes precipitation in the Crimea. *Journal of Arid Environments*. 2020. Vol. 183. P. 104280. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2020.104280.

Hagmann T., Mulugeta A. Pastoral conflicts and state-building in the Ethiopian lowlands. *Africa Spectrum*. 2008. Pp. 19–37.

Hipel K.W., Kilgour D.M., Fang L., Peng X.J. The decision support system GMCR in environmental conflict management. *Applied Mathematics and Computation*. 1997. Vol. 83. No. 2-3. Pp. 117–152. DOI: 10.1016/S0096-3003(96)00170-1

Hipel K.W., Walker S.B. Conflict analysis in environmental management. *Environmetrics*. 2011. Vol. 22 (3). Pp. 279–293.

Humphreys M. Natural resources, conflict, and conflict resolution: Uncovering the Mechanisms. *Journal of Conflict Resolution*. 2005. Vol. 49 (4). Pp. 508–537.

Ikram M., Zhou P., Shah S.A.A., Liu G.Q. Do environmental management systems help improve corporate sustainable development? Evidence from manufacturing companies in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 226. Pp. 628–641.

Klopatek J.M., Olson R.J., Emerson C.J., Joness J.L. Land-use conflicts with natural vegetation in the United States. *Environmental Conservation*. 1979. Vol. 6 (3). Pp. 191–199.

Lalander R., Merimaa M. The discursive paradox of environmental conflict: Between ecologism and economism in Ecuador. *Forum for Development Studies*. Routledge, 2018. Vol. 45 (3). Pp. 485–511. DOI: 10.1080/08039410.2018.1427622

Libiszewski S. What is an environmental conflict. *Journal of Peace Research*. 1991. Vol. 28 (4). Pp. 407–422.

Malczewski J., Moreno-Sanchez R., Bojorquez-Tapia L.A., Ongay-Delhumeau E. Multicriteria group decision-making model for environmental conflict analysis in the Cape Region, Mexico. *Journal of Environmental Planning and Management*. 1997. Vol. 40 (3). Pp. 349–374.

Manlick P.J., Pauli J.N. Human disturbance in creases trophic niche overlap in terrestrial carnivore communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117 (43). Pp. 26842–26848.

Marx L. American institutions and ecological ideals: Scientific and literary views of our expansionary life-style are converging. *Science*. 1970. Vol. 170 (3961). Pp. 945–952.

Melo-Merino S.M., Reyes-Bonilla H., Lira-Noriega A. Ecological niche models and species distribution models in marine environments: A literature review and spatial analysis of evidence. *Ecological Modelling*. 2020. Vol. 415. P. 108837.

Metcalfe S.S., Wheeler E., BenDor T.K. et al. Sharing the floodplain: Mediated modeling for environmental management. *Environmental Modelling & Software*. 2010. Vol. 25 (11). Pp. 1282–1290.

Odum E.P. The Strategy of ecosystem development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science*. 1969. Vol. 164 (3877). Pp. 262–270.

White L., Jr. The historical roots of our ecologic crisis. *Science*. 1967. Vol. 155 (3767). Pp. 1203–1207.

Статья поступила в редакцию 22.12.2022, принята к публикации 06.02.2023

The article was received on 22.12.2022, accepted for publication 06.02.2023

Сведения об авторах / About the authors

Табунщик Владимир Александрович – младший научный сотрудник научно-исследовательского центра геоматики, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Vladimiiir A. Tabunshchik – junior researcher, Research Center of Geomatics, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3555-6087>

E-mail: tabunshchik@ya.ru

Горбунов Роман Вячеславович – доктор географических наук; директор, Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

Roman V. Gorbunov – Dr. Hab. (Geographical Science); director, A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8222-3819>

E-mail: karadag_station@mail.ru

Заявленный вклад авторов

В.А. Табунщик – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи

Р.В. Горбунов – написание статьи, научное редактирование текста

Contribution of the authors

V.A. Tabunshchik – the idea; collection and processing of the materials and data, writing of the paper

R.V. Gorbunov – writing of the paper; scientific editing of the paper

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 те, 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

2023. Т. 13. № 1

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 29.03.2023 г.
Формат 60×90 1/16. Гарнитура «Liberation Serif».
Объем 6,75 п. л. Тираж 1000 экз.