

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

---

# REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Том 45, № 2

16+

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

## 2021. Том 45, № 2

Ранее журнал издавался под названием «Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки».

Основан в 1995 г.

Журнал включен в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук (25.00.00 – науки о Земле). Журнал зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ).

**Учредитель:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

**Издатель:** НИУ «БелГУ» Издательский дом «БелГУ».

Адрес редакции, издателя: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

#### Главный редактор

*Лисецкий Ф.Н.*, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

#### Ведущий редактор

*Голеусов П.В.*, доктор географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

#### Ответственный секретарь

*Зеленская Е.Я.*, м.н.с. Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов НИУ «БелГУ», (Белгород, Россия)

#### Члены редколлегии:

*Витченко А.Н.*, доктор географических наук, профессор Белорусского государственного университета (Минск, Республика Беларусь)

*Геннадиев А.Н.*, доктор географических наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

*Тишков А.А.*, чл.-корр. РАН, доктор географических наук, профессор Института географии РАН (Москва, Россия)

*Ермолаев О.П.*, доктор географических наук, профессор Казанского федерального университета (Казань, Россия)  
(по согласованию)

*Куролан С.А.*, доктор географических наук, профессор Воронежского государственного университета (Воронеж, Россия)

*Луно Э.Р.*, доктор, профессор Университета Миссури (Колумбия, США)

*Недялков М.И.*, чл.-корр. Академии Наук Молдовы, доктор географических наук, профессор Института экологии и географии Академии Наук Молдовы (Кишинев, Республика Молдова)

*Хаустов В.В.*, доктор геолого-минералогических наук, профессор Юго-Западного государственного университета (Курск, Россия)

*Хуббарт Дж. А.*, доктор, профессор Университета Западной Вирджинии (Моргантаун, США)

*Чантурия Е.Л.*, доктор технических наук, профессор НИТУ «МИСиС» (Москва, Россия)

*Чендев Ю.Г.*, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле НИУ «БелГУ» (Белгород, Россия)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77-77841 от 31.01.2020. Выходит 4 раза в год.

Выпускающий редактор Л.П. Котенко. Корректурa, компьютерная верстка и оригинал-макет Л.П. Котенко. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Гарнитуры Times New Roman, Arial, Impact. Уч.-изд. л. 10,4. Дата выхода 30.06.2021. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 133 **Сухоруков В.Д., Гладкий Ю.Н.**  
К вопросу о научной экспликации географического пространства
- 144 **Борисов Р.В.**  
Оценка сложности ландшафтной организации и устойчивости ландшафтов охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море)
- 155 **Михно В.Б., Горбунов А.С.**  
Карстовая денудация как фактор ландшафтогенеза Центрального Черноземья
- 168 **Левина С.Н., Давыдова П.В., Баишева И.А.**  
Оценка современного состояния озер низовья реки Индигирка
- 183 **Кочуров Б.И., Блинова Э.А., Ивашкина И.В.**  
Развитие российских городов после пандемии COVID-19
- 194 **Понамарев В.Е., Юрченко К.А.**  
Реестровые ошибки и порядок их исправления (на примере муниципального образования «город Краснодар»)
- 206 **Везенцев А.И., Кзар Даилал Али, Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т.**  
Экологическое состояние водных ресурсов рек Ирака
- 214 **Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А.**  
Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия)
- 227 **Фрумин Г.Т., Куликович А.В., Горельшев А.Ю.**  
Допустимые фосфорные нагрузки на озера Карелии
- 236 **Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А.**  
Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка
- 246 **Новых Е.А., Волошенко И.В., Новых Л.Л.**  
Проблемы инженерно-экологических изысканий: почвенные аспекты
- 258 **Зеленская Е.Я., Маринина О.А.**  
Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова

# REGIONAL GEOSYSTEMS

## 2021. Volume 45, No. 2

*Previously, the journal was published under the title "Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences".*

---

Founded in 1995

The journal is included into the List of Higher Attestation Commission of peer-reviewed scientific publications where the main scientific results of dissertations for obtaining scientific degrees of a candidate and doctor of science should be published (25.00.00 – Earth sciences). The journal is introduced in Russian Science Citation Index (ПИНЦ).

**Founder:** Federal state autonomous educational establishment of higher education «Belgorod National Research University».

**Publisher:** Belgorod National Research University «BelGU» Publishing House.

Address of editorial office, publisher: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia.

### EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

#### Chief Editor

*Fedor N. Lisetskii*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

#### Issuing Editor

*Pavel V. Goleusov*, Doctor of Geographical Sciences (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

#### Responsible Secretary

*Evgeniya Ya. Zelenskaya*, (Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia)

#### Members of Editorial Board:

*Aleksandr N. Vitchshenko*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

*Aleksandr N. Gennadiyev*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

*Arkadiy A. Tishkov*, Member corr. RAS, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Institute of Geography RAS, Moscow, Russia)

*Oleg P. Ermolaev*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kazan Federal University, Kazan, Russia)

*Semyon A. Kurolap*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Voronezh State University, Voronezh, Russia)

*Anthony R. Lupo*, Doctor, Professor (University of Missouri-Columbia, Columbia, USA)

*Maria I. Nedealcov*, Member corr. Academy of Sciences of Moldova, Doctor, professor, (Institute of Ecology and Geography ASM, Chişinău Municipality, Republica of Moldova)

*Vladimir V. Khaustov*, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor (Southwestern State University, Kursk, Russia)

*Jason A. Hubbart*, Doctor (Ph. D), Professor (West Virginia University, Morgantown, USA)

*Elena L. Chanturia*, Doctor of Technical Sciences, Professor (NUST "MISiS", Moscow, Russia)

*Yuriy G. Chendev*, Doctor of Geographical Sciences, Professor (BSU, Belgorod, Russia)

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor). Mass media registration certificate ЭЛ № ФС 77-77841 dd 31.01.2020. Publication frequency: 4/year

Commissioning Editor L.P. Kotenko. Pag Proofreading, computer imposition L.P. Kotenko. E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru). Typefaces Times New Roman, Arial, Impact. Publisher's signature 10.4. Date of publishing 30.06.2021. The layout was prepared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

## CONTENTS

- 133 **Sukhorukov V.D., Gladkiy Y.N.**  
To the question about the scientific explication of geographic space
- 144 **Borisov R.V.**  
Estimation of complexity of the landscape organization and the sustainability of landscapes of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago (Peter the Great Gulf, Sea of Japan)
- 155 **Mikhno V.B., Gorbunov A.S.**  
Karst denudation as a factor of landscape genesis Central Chernozemic Region
- 168 **Levina S.N., Davydova P.V., Baisheva I.A.**  
Assessment of the current state of the lakes in the lower reaches of the Indigirka River
- 183 **Kochurov B.I., Blinova E.A., Ivashkina I.V.**  
Development of Russian cities after the COVID-19 pandemic
- 194 **Ponamarev V.E., Yurchenko K.A.**  
Register errors and the procedure for their correction (on the example of the municipal formation "City of Krasnodar")
- 206 **Vesentsev A.I., Kzar Dailal Ali, Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Al-Ateya A.T.**  
Ecological status of Iraq river's water
- 214 **Ushnitskaya L.A., Gorodnichev R.M., Pstryakova L.A.**  
Morphometric and hydrochemical characteristics of lakes in rural settlements Ust-Aldansky District (Central Yakutia)
- 227 **Frumin G.T., Kulinkovich A.V., Gorelyshev A.Yu.**  
Permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia
- 236 **Klepikov O.V., Kurolap S.A., Sedykh V.A.**  
Monitoring of atmospheric air pollution and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk
- 246 **Novykh E.A., Voloshenko I.V., Novykh L.L.**  
Features of engineering and geological surveys: soil aspects
- 258 **Zelenskaya E.Ya., Marinina O.A.**  
Geoecological assessment of soils in the main areas of viticulture of the Crimean Peninsula



УДК 910.1

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-133-143

## К вопросу о научной экспликации географического пространства

**Сухоруков В.Д., Гладкий Ю.Н.**

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена  
Россия, 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48  
E-mail: suhor@herzen.spb.ru

**Аннотация.** Понятие о географическом пространстве является основополагающим для всех направлений географического познания. Однако этот термин обсуждается и встречается в научных публикациях редко, а его толкование еще не обрело окончательной целостности. Авторы анализируют теоретические взгляды на пространство как общенаучную категорию и географическую дефиницию с целью закрепить понимание географического пространства в качестве концептуального конструкта и предмета географической науки. Ведущим исследовательским методом используется качественное описание рассматриваемого понятия и всестороннее осмысление своеобразия географического пространства. Представления о географическом пространстве изложены с учетом его многомерных функциональных признаков. Выделено основное содержание географического пространства, отражающее слитность всех земных сфер, находящихся во взаимодействии. Показаны структурные уровни географического пространства. Подчеркнуто, что актуальной задачей географической науки является необходимость единения знаний о человеке, природе и обществе в условиях пространственного взаимодействия. Это означает, что комплексное понимание географического пространства усиливает интерес к методологической области географической науки и укрепляет ее теоретические основы. Авторы также считают, что любая самостоятельная тема исследования в географии имеет неизбежное соприкосновение с теорией географического пространства.

**Ключевые слова:** смыслы пространства, географическое пространство, географическая праксиология, структурные уровни географического пространства, геопространственная система.

**Для цитирования:** Сухоруков В.Д., Гладкий Ю.Н. 2021. К вопросу о научной экспликации географического пространства. Региональные геосистемы, 45 (2): 133–143. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-133-143

---

## To the question about the scientific explication of geographic space

**Viacheslav D. Sukhorukov, Yuriy N. Gladkiy**

The Herzen State Pedagogical University of Russia,  
48 Moika Emb., St. Petersburg, 191186, Russia  
E-mail: suhor@herzen.spb.ru

**Abstract.** The concept of geographic space is fundamental to all areas of geographic knowledge. However, this term is discussed and rarely found in scientific publications, and its interpretation has not yet acquired its final integrity. The authors analyze theoretical views on space as a general scientific category and geographical definition in order to consolidate the understanding of geographical space as a conceptual construct and subject of geographical science. The leading research method uses a qualitative description of the concept under consideration and a comprehensive understanding of the originality of the geographical space. The concept of geographic space is presented taking into account its



multidimensional functional features. The main content of the geographical space is highlighted, reflecting the fusion of all earthly spheres that are in interaction. The structural levels of the geographic space are shown. It is emphasized that the urgent task of geographical science is the need to unite knowledge about man, nature and society in the context of spatial interaction. This means that a comprehensive understanding of geographic space enhances interest in the methodological field of geography and strengthens its theoretical foundations. The authors also believe that any independent research topic in geography has inevitable contact with the theory of geographic space.

**Key words:** meanings of space, geographic space, geographic praxeology, structural levels of geographic space, geospatial system.

**For citation:** Sukhorukov V.D., Gladkiy Y.N. 2021. To the question about the scientific explication of geographic space. *Regional Geosystems*, 45 (2): 133–143 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-133-143

---

---

## Введение

Облик земного шара, изучаемый географией, обладает внутренней логикой самодвижения и представляется особым сегментом объективного мира. В общем смысле это зона взаимного проникновения природной оболочки и антропосферы, заполненная самыми разнообразными вещественными и невещественными субстанциями, которые сосуществуют на поверхности земли [Downs, 1970]. Поэтому в качестве аналитической науки география исследует связи, взаимодействия, корреляционные отношения, циркуляции, кругообороты, потоки и, наконец, системы, приуроченные к земному пространству. Как правило, эти процессы имеют «метапредметное» содержание и не сводятся только к парным отношениям объектов, но выходят далеко за пределы парциальных отраслей географического познания [Гладкий, 2010].

В географии редко обсуждаются философские и общетеоретические вопросы пространства. По этой причине термин «географическое пространство» стал в науке определенным методологическим вызовом. Если «для философских рассуждений чаще всего было характерно изучение внеисторических и не антропогенных характеристик пространства», то в географическом взгляде на пространство «вещное и социальное невозможно разделить и дифференцировать» [Фень, 2012].

Тем временем текущий мир входит в своеобразный «пространственный поворот» (Spatial turn), затрагивающий современную науку и практику. Пространство признается активным участником происходящих на Земле взаимодействий и воспринимается в виде «характерного» человеческого произведения, насыщенного смыслами социальной диалектики [Harvey, 2006; Смирнягин, 2016]. Другими словами, человек и общество живут в пространстве, которое они сами создают в виде приобретаемой реальности. Это дает основание говорить о совершенно очевидном феномене «спатиализации» окружающего мира [Hartshorne, 1959; Tuan, 1977; Родоман, 1999; Mark et al., 1999; Johnston R., 2003; Lefebvre H., 2007; Шупер, 2014].

Авторы ставят своей целью закрепить уровень теоретических знаний о географическом пространстве и тем самым придать географической картине мира необходимую научную насыщенность и устойчивость.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступили существующие представления о пространстве как общенаучной категории, имеющей предметное географическое толкование. Географическое пространство представляет собой область взаимного проникновения уникальной природной оболочки и самобытной антропосферы. В указанной слитности природы и об-

щества доминирует «антропный принцип», который утверждает преобладающую роль человека в окружающей действительности. Общественная практика, порожаемая разумным людским опытом, преобразует окружающий мир и делает жизнь характерной. Более того, мыслящее присутствие человека в действительности является фундаментальным обстоятельством всего мирового *дазайна* (нем. *dasein*) как наличествующего бытия [Хайдеггер, 2016].

В современной науке общепринятой теории географического пространства еще не сложилось [Гладкий, 2010]. Попытка сформулировать суммативное понимание в этом вопросе требует вдумчивого обобщения исходных концептов и взглядов. Поэтому ведущим подходом настоящего исследования выбрано *идеографическое* изложение предметной области с помощью *ферштейн-метода*, являющегося универсальным в географическом познании [Харвей, 1974]. Общее видение анализируемой картины обеспечивает фактический материал гуманитарного характера, содержащийся в использованных научно-информационных источниках.

### Обзор литературы и ресурсов Интернет

География не оспаривает тот факт, что общенаучное толкование понятия «пространство» (как и категории «время») формируется в рамках философии. Может показаться, что данное обстоятельство облегчает экспликацию географического пространства, однако понимание указанной категории всё еще не достигло необходимой глубины и убедительности. По-видимому, это связано с феноменологическим характером географического пространства, что требует от исследователей высокой концентрации внимания на законах чистой логики в поиске «истоков» происхождения «одушевленной природной действительности» [Гуссерль, 2011].

В отечественной науке не так много литературы, посвященной проблематике географического пространства. Весьма редкими остаются аналитические суждения о достигнутых здесь результатах. Пожалуй, самой заметной в этом сегменте является фундаментальная работа «Гуманитарная география» проф. Ю.Н. Гладкого [2010]. В ней целая глава отводится анализу определений геопространства как теоретического концепта, основанного на идее постоянно углубляющегося диалога людей с внешней средой и между собой. При этом важнейшим условием указанного сосуществования остается способность человека не только познавать и ценить окружающее пространство, но также обмениваться полученной информацией.

Надо признать, что зарубежные географы гораздо чаще занимаются пространственной тематикой и активно дискутируют. Свидетельство на этот счет не столь давно предоставил читателям журнал «Известия РАН. Серия географическая» [Шупер, 2014; Смирнягин, 2016]. Знакомство с их публикациями позволяет констатировать наличие лишь относительно единой методологической платформы, на которой географическое пространство рассматривается в мировой и отечественной науке. Также авторами отмечается быстрый рост эмпирических знаний в данной области. В то же время у нас и за рубежом происходит быстрое растаскивание «святого» для географии термина «пространство» по разным гуманитарным наукам, но в сугубо метафорическом смысле. В этой связи обращают на себя внимание попытки «поругания» и даже «свержения» Пространства с трона географической науки, что не может не вызывать тревожного настроения [Смирнягин, 2016].

Определенное представление о геопространственном тренде в современном познании дает Интернет. Поисковые запросы показывают довольно заметный список «свежих» работ иностранных авторов. Внимание в них акцентируется преимущественно на прикладных (социально-экономических и экологических) аспектах организации географического пространства и его цифровизации [Jie, 2018; Janc, 2019; Sagan, 2021]. Иногда встре-





чаются публикации отечественных ученых в сборниках международных конференций, проходивших за пределами России [Gladkiy et al., 2019]. Отдельно отметим научные статьи в «European Journal of Geography»\*, посвященные вопросам предметного познания и проблеме информационной насыщенности географического пространства [Paranina, Paranin, 2017; Sukhorukov, Gladkiy, 2019].

### Результаты и обсуждение

*Смыслы пространства.* Представления о пространстве зародились в глубокой древности. На уровне повседневного восприятия пространство понималось как место или территория, где возможно направленное движение, отношения близости-дальности и различные диспозиции объектов. Пространство также представлялось в качестве арены событий, действий и явлений.

Теоретическое объяснение пространства полнее всего было изложено в древнегреческом мире Аристотелем (IV в. до н.э.). Оно понималось как «место», являющееся «первой неподвижной границей объемлющего тела», и оставалось преобладающим в течение очень длительного времени.

Понятие пространства, которое действует сегодня, разработал и ввел в науку Р. Декарт (1596–1650) в рамках своего философского мышления. Он определил субъект как «вещь мыслящую», а объект – как «вещь протяженную», «пространственную», находящуюся с другой стороны от мыслящего субъекта. Декартово толкование пространства твердо укрепилось в отечественной и мировой научной мысли [Дугин, 2011; Владимиров, 2019].

Похожим было понимание пространства И. Ньютоном (1642–1727). Он представлял его особым физическим началом, предшествующим вещам, и также местом, занимаемым телами. При этом выделялось абсолютное пространство, которое всегда оставалось одинаковым и неподвижным, и относительное в качестве меры, определяемой субъективными чувствами [Владимиров, 2019].

Глубокое вложение в толкование пространства внес И. Кант (1724–1804), который утверждал, что пространство есть необходимое априорное представление, лежащее в основе всех внешних созерцаний. Поэтому о пространстве можно говорить только с точки зрения человека и его субъективной чувственности. Следовательно, отсутствие пространства является немислимым и невозможным.

Общий обзор научных теорий о пространстве на рубеже XX в. представил русский философ и психолог Г.И. Челпанов (1862–1936). Ему также принадлежит оригинальная концепция восприятия пространства посредством ощущения «плоскостной протяженности», из которой в человеческом сознании создаются сложные пространственные формы.

Так или иначе, пространство длительное время считалось формальным явлением внешних чувств, еще не имевшим качественных (сущностных) характеристик. Данное утверждение о «пространстве-вместилище» и «пространстве-чувствилище» стало «концептуальным продуктом», основательно внедренным в общее научное сознание. Однако понимание пространства всецело зависит от времени, в котором живет общество. Поэтому в XX в. утвердившиеся взгляды стали подвергаться ревизии, корректировке и развитию. Примеры – общая теория относительности А. Эйнштейна (1879–1955), заменившая понятие о веществе на понятие о материально-энергетическом поле, и концепция нелокального пространства Н. Бора (1885–1962) в естествознании, а также теория порядка Ф. Хайека

---

\*«European Journal of Geography» (EJG) – рецензируемый журнал с открытым доступом, публикует оригинальные новаторские работы, выходит ежеквартально. Представляет Европейскую ассоциацию географов, имеет цель сделать европейскую географию всемирным справочником и стандартом.

(1899–1992) и синергетическая модель И. Пригожина (1917–2003) в общественных науках [Grunbaum, 1963; Дугин, 2011].

Итак, в общем смысле пространство – это форма существования объективного мира, демонстрирующая протяженность, структурность и отношения всех составляющих его элементов. Пространство неразрывно связано со временем, которое выражает длительность тех или иных состояний мира.

Современное видение пространства заключается в переходе от количественной (метрической) парадигмы к качественному (топологическому) восприятию окружающего мира. Метрическое пространство – это пространство взаимного расположения объектов. В нем протекают материальные процессы, располагаются тела и предметы. Топологическое пространство является пространством последовательных и одновременных перемен. Одновременность перемен обусловлена полимерной структурой такого пространства. Основными видами изменений выступают события, явления, процессы, действия. При этом изменения возникают независимо от того, покоится объект на одном месте или нет. Топологическое пространство представляется сверхтонкой реальностью, физическим референтом которой остается материя. В этом качественном пространстве разворачивается человеческое бытие, которое дополняется также качественным временем. Именно качественное пространство принято называть словом «география», а качественное время – «история». Отсюда следует, что географическая наука призвана описывать качественное пространство, наделенное неотъемлемым историческим смыслом.

Таким образом, в понимании пространства необходимо различать пространство объектов и пространство перемен (событий, явлений, процессов, действий). Обе категории пространства всегда двуедины, но для удобства восприятия в ментальном воображении субъекта они могут существовать по отдельности [Дугин, 2004; Лисин, Платоненко, 2009; Владимиров, 2019].

С точки зрения качественного (топологического) пространства оценка места нахождения (например, социального или природного объекта) чрезвычайно важна для установления смысла этого объекта или явления, его анализа и прогноза. Пространство не пустота или преграда для каких-либо действий. Это некая мыслящая среда, механизмы которой определяют структурные особенности всех существующих в ней компонентов. Поэтому любое общество, находящееся в том или ином пространстве, обязательно обретает собственное интегральное содержание. Иначе говоря, пространство в реальности является смыслообразующей субстанцией, наделенной топологическими свойствами [Гладкий, 2010]. Таким способом проявляет себя отмеченный выше «антропный принцип» построения реальности, лежащий в основе современного понятия о мире.

*Пространство в географии.* Пространство, изучением которого занимается география, – земное пространство. Оно сферично и в силу этого замкнуто. Земное пространство иначе можно назвать географическим. Его исходными единицами выступают «формы созерцаемого». Это означает, что географическое пространство идентично акту его восприятия, осуществляемого целенаправленным наблюдением, глубоким осмыслением и пониманием облика Земли. При этом выражение «облик Земли» в географии подразумевает пространство взаимного проникновения всех планетных сфер (литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы), включая антропосферу. Таким образом, специфической чертой географического пространства является разнообразие поверхности планеты, вытекающее из различий в характере, способах и механизмах взаимодействия контактных земных оболочек.

Единое в своей основе географическое пространство заполнено сложными ассоциациями, которые представляют собой отражение непрерывных жизненных процессов и событий в природе и человеческой культуре. В этих конструкциях человек существует как неотъемлемая часть. Устанавливая связи с миром и в мире, человек действует в качестве



созидательного существа, «пропитывая» социальностью результаты своей деятельности и природное окружение в его предметных формах. Поэтому природа в оторванности от человека теряет свой геопространственный статус. Она приобретает смысл и значение посредством социального звучания, когда вовлекается в практику познавательной и творческой деятельности людей. Тем самым осуществляется слияние природного и общественного в единую связную систему [Гладкий, 2010].

Итак, географическое пространство – это сфера существования человечества в данных ему условиях. Действительное измерение географического пространства, состоящего из всех земных сфер, находящихся во взаимодействии, порождается результатами физических и умственных усилий людей и совпадает с параметрами субъектов и объектов человеческого сообщества. Вследствие этого в географии используется идея множества пространств для описания самых различных явлений, возможных в повседневной жизни.

Эта характерная черта географического пространства способствовала развитию географической праксиологии, которая изучает человеческую деятельность. Географическая праксиология идентифицирует специальный структурный ряд научных дисциплин, осуществляющих эффективную предметную рефлексию достигнутого уровня знаний. Иначе говоря, существо географической праксиологии заключается в исследовательской специфике и практических рекомендациях по обустройству географического пространства.

Одним из ярких примеров географической праксиологии в настоящее время является геополитика. Сейчас этот термин имеет очень широкое хождение. Его частое употребление прямо или косвенно свидетельствует о востребованности геополитической мысли, концептуальная топка которой носит синтетический характер. В указанном понимании геополитика представляет собой холистическую методологию, объясняющую отношение государства и общества к пространству.

Не менее «праксиологической» считается также геоэкономика. Она представляет собой сложно организованное трансрегиональное экономическое пространство, включающее хозяйственные, этнокультурные и социальные структуры, нацеленные на долгосрочное планирование масштабного перераспределения ресурсов, финансовых потоков и мирового дохода в качестве основного источника системной прибыли. Другими словами, геоэкономика – это не столько экономическая федерация, сколько своеобразный способ интенсивного хозяйственного освоения географического пространства.

Особую праксиологическую роль играет геоэкология. В ее основе лежит идея разумного взаимодействия географического пространства и человеческого общества. Это своеобразная реакция общественного сознания, которое подошло к пониманию места человека в природе. Стержнем современной геоэкологии выступает феномен ценности окружающего мира и самооценности жизни вообще. К сегодняшнему дню такое представление о геоэкологии приобрело широкое распространение и мировое значение [Сухоруков, 2015].

Таким образом, пространство в географии – это процесс вовлечения человека и природы в отношения с миром, в котором они существуют. [Сухоруков, 2000]. Иначе говоря, географическое пространство – это весь окружающий человека мир, являющийся ему в индивидуальном опыте. Географическое пространство никогда не бывает нейтральным и бесчувственным, но всегда представляется непрерывным, видимым, слышимым и осязаемым. Следовательно, геопространство идентично акту его познания, который переживается глубоким осмыслением, ценностным восприятием и разумным действием. При этом геопространство и познающий его человек всегда остаются незавершенными.

*Структурные уровни географического пространства.* Географическое пространство воспринимается людьми визуально. Способность человека видеть географическое пространство обеспечивает ему координацию движения и глубину ощущения внешнего

мира. Если учитывать природную всеобщность, то границей географического пространства можно было бы считать специальные силовые поля, распространяемые планетой Земля в космическом окружении. Однако действительные рубежи географического пространства должны обозначать не природные, но антропогенные признаки в той или иной части географической оболочки. Поэтому рубежные контуры географического пространства определяются диапазоном распространения объектов социального бытия. Таким образом, современное географическое пространство охватывает всю освоенную людьми поверхность земного шара, достигает покорившихся человеку глубин свыше 12 тыс. м (буровая скважина) и высот в несколько миллиардов километров (точка удаления автоматических межпланетных станций от поверхности Земли). Именно этому диапазону величин соответствует реальное географическое пространство.

Методологической проблемой географического пространства остается вопрос о его структуре. Понимание структурной картины позволяет проявляться основным признакам географического пространства в их специфических формах. В основе указанной картины лежат географические отношения как объективно существующие, связанные с целесообразной деятельностью людей, взаимопосредования социальной сферы и географической оболочки. Их обязательным условием (поводом) выступает геотория, воплощающая географическую оболочку. Роль геотории заключается в том, что она посредством «силовых полей» регулирует поведение и диспозицию объектов внутри пространства. Поэтому геотория является важнейшим ресурсом человеческого общества.

Тем временем географические отношения обладают социально-географической и природно-географической разновидностью. В результате указанные связи закрепляют имеющиеся компоненты геопространства и их положение в нем. В сущности, географическое пространство включает в себя бесконечное сочетание отношений, сложившихся и сменяющих друг друга разнородных компонентных состояний.

Развивая мысль, что географические отношения следует рассматривать в качестве инварианта географического пространства, в науку было введено понятия «геопространственная система» [Сухоруков, 2000]. Известно, что в любой системе задается определенный тип отношений, то есть фиксируется свойство, обладание которым делает отношения системообразующими. Они выступают интеграторами, изменения которых детерминируют развитие систем и их составляющих. Между элементами геопространственной системы интеграторами являются географические отношения. Следовательно, геопространственная система – это совокупность элементов, связи между которыми носят географический характер. Логическое выражение геопространственной системы будет выглядеть следующим образом:

$$GSS = R [p(\sum n)g],$$

где GSS – геопространственная система; R – системообразующие (географические) отношения; p – свойства системных элементов;  $\sum n$  – совокупность системных элементов; g – геотория. Приведенная формула показывает пространственное состояние всех сфер географической оболочки. Каждая из них занимает определенную нишу в данной системной конструкции. При этом общий режим элементов зависит от условий отношений, которые способны приобретать иерархический характер. Следовательно, геопространственная система как целостное образование обладает настолько богатым содержанием, что из него можно получить целый ряд важных географических следствий. Выделим главные из них:

1. Природные компоненты планеты, объединенные в своих отношениях, образуют природно-географические комплексы, за которыми закрепилось название «географическая система». В геосистемах (равно как и ландшафтах) предполагается присутствие человека, но в специфической культурно-психологической роли. Это роль наблюдателя, где человеческая функция – созерцание и познание.



2. Пространственно-временные сочетания деятельностных общественных компонентов (объектов, явлений, процессов) в совокупности с естественным окружением образуют общественно-географические целостности, которые стали называться «территориальная общественная система». Их содержанием выступает территориальная интеграция людей, вещей, смыслов. Территориальные общественные системы выявляют себя в ситуации деятельности. Характер системных отношений в них выражает территория как основная среда обитания и деятельности человека.

Таким образом, структурное состояние географического пространства определяется устойчивыми связями между природными и общественными компонентами геопространственных систем. При этом можно говорить о формальной и содержательной стороне структуры, то есть о распределении системных элементов, но также о вещественных и энергетических потоках, вызванных данным распределением. Такая структурно-логическая схема является своеобразным продуктом обобщения, где системные границы обозначают рубежи между понятиями [Сухоруков, 2000].

Мир природы, остающийся всюдностью географического пространства – это область наличного. Напротив, человечество есть область должного, которая выходит из чувственного порядка факторов как направления, идущего от жизни. То есть, всякое человеческое множество имеет свой горизонт. В силу этого природа и общество различаются критически. В этом смысле природная картина геопространства представляет собой лишь критику. В то же время в сфере должного критика задает предпосылку для знания, на котором развиваются горизонты бытия. Поэтому любые естественные явления (геосистемы) можно целенаправленно выучить, тогда как общественная практика ориентирует человека на понимание пространственных (жизненных) ситуаций и перспектив.

Другими словами, географическое пространство не в состоянии ограничиваться только природой, ибо природный мир без человека нельзя считать подлинным. В человеческом порядке существует проявление иного бытия, не исчерпывающегося кругом действий, повязанных детерминизмом. Это говорит о наличии разных по своей значимости и основательности уровней геопространственного существования. Следовательно, признание структурной иерархичности геопространства лежит в основе методологии его восприятия и представления.

Таким образом, сквозным концептуальным направлением развития современной географии становится «очеловечивание пространства», означающее по существу глубокую гуманизацию географического познания. При этом поле гуманизации размещается между человеком и окружающим миром: не столько сам человек или продукты его умственной и материальной деятельности, сколько область пространственных (географических) отношений предстает объектом и целью предметной гуманизации. География, гуманизированная таким подходом, способна занять прочное место в едином общечеловеческом гуманитарном феномене [Гладкий, 2010]. Поэтому центральное положение в географических исследованиях должно принадлежать проблеме сущности пространства как «места» целесообразного и разумного человеческого опыта.

### **Заключение**

Накопленные наукой знания внесли в восприятие пространства небывалую подвижность. Они разрушили прежние представления об окружающем мире и мотивировали поиски дополнительных смысловых рамок, способных усилить понимание пространства в качестве природно-антропогенной системы. Здесь подразумевается союз человеческих ресурсов и разума с естественной средой. Идентификация и объяснение этой геопространственной действительности представляется одной из главных идейных задач современной географической науки и образования.

Данное обстоятельство диктует необходимость решения целого ряда теоретических вопросов в области взаимодействия природных и социальных систем, организации и развития многомерного географического пространства. Таковыми являются исследования типологии геопространственных систем и разработка новых форм их анализа, построение частных системных концепций применительно к конкретным областям географических знаний.

Наряду с указанными познавательными вопросами актуальной теоретической задачей для географии остается обобщение предметных системных концепций и принципов их изучения. Имеются в виду исследования не любых ранговых идей и объектов, но тех, которые представляют собой уже апробированные концепты и устойчивые пространственные общности. Решение перечисленных задач и вопросов будет способствовать синтезу географических знаний и углублению научных коммуникаций.

### Список источников

1. Дугин А.Г. 2011. Геополитика. М., Академический Проект, 583 с.
2. Хайдеггер М. 2016. Размышления. II–VI (Черные тетради). М., Институт Гайдара, 584 с.

### Список литературы

1. Владимиров Ю.С. 2019. Природа пространства и времени: Антология идей. М., ЛЕНАНД, 400 с.
2. Гладкий Ю.Н. 2010. Гуманитарная география: научная экспликация. СПб., Филологический факультет Санкт-Петербургского государственного университета, 663 с.
3. Гуссерль Э. 2011. Логические исследования. Т. II. Ч. 1: Исследования по феноменологии и теории познания. М., Изд-во Академический Проект, 565 с.
4. Дугин А.Г. 2004. Философия политики. М., Арктогея, 424 с.
5. Лисин А.В., Платоненко В.И. 2009. Топологические свойства и отношения живых систем: эффект нелокальности в живых системах. Вестник Международной Академии Наук (Русская секция), 1: 21–27.
6. Родоман Б.Б. 1999. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск, Ойкумена, 256 с.
7. Смирнягин Л.В. 2016. Судьба географического пространства в социальных науках. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 7–19.
8. Сухоруков В.Д. 2000. Теория геопространственных систем. Смоленск, Ойкумена, 191 с.
9. Сухоруков В.Д. 2015. Когнитивные уровни географии. География в школе, 1: 36–44.
10. Фень Е.Г. 2012. Основные категории феноменологической философии пространства в современных исследованиях города. Дис. ... канд. философских наук. Москва, 142 с.
11. Харвей Д. 1974. Научное объяснение в географии. М., ПРОГРЕСС, 502 с.
12. Шупер В.А. 2014. Характерное пространство в теоретической географии. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 5–15.
13. Downs R.M. 1970. Geographic Space Perception: Past Approaches and Future Prospects. Progress in Geography, 2 (2): 65–108.
14. Gladkiy Yu.N., Sukhorukov V.D., Kornekova S.Ur. 2019. The social morphology of the geographical space. In: Human geography and demography. 6th SWS International scientific conferences on social sciences 2019. Albena, Bulgaria, 26 August – 1 September 2019. Albena, STEF92 Technology: 283–288. DOI: 10.5593/SWS.ISCSS.2019.5/S15.035.
15. Grunbaum A. 1963. Philosophical Problems of Space and Time. New York, Knopf, 448 p.
16. Hartshorne R. 1959. Perspective on the Nature of Geography. AAG, Rand McNally, Chicago, 208 p.
17. Harvey D. 2006. Spaces of global capitalism: towards a theory of uneven geographical development. London, Verso, 154 p.
18. Janc K. 2019. Przestrzen cyfrowa i internet jako przedmiot zainteresowan w badaniach geograficznych. Przegląd Geograficzny, 91 (2): 21–37.



19. Jie F. 2018. Territorial system of human-environment interaction: A theoretical cornerstone for comprehensive research on formation and evolution of the geographical pattern. *Acta Geographica Sinica*, 73 (4): 597–607.
20. Johnston R.J. 2003. Order in space: geography as a discipline in distance. In: *A Century of British Geography*. Eds. Johnston R, Williams M. Oxford, Oxford University Press, 303–345.
21. Lefebvre H. 2007. *Production of space*. Blackwell, Oxford, 440 p.
22. Mark D.M., Freksa C., Hirtle S.C., Lloyd R., Tversky B. 1999. Cognitive models of geographical space. *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (8): 747–774.
23. Paranina A., Paranin R. 2017. Information in geographical space as the basis of cross-disciplinary researches in culture geography. *European Journal of Geography*, 8 (3): 67–77.
24. Sagan I. 2021. Kryzys przestrzeni czy jej renesans w badaniach geografii społeczno-ekonomicznej? *Prace i Studia Geograficzne*, 65 (2): 71–79.
25. Sukhorukov V.D., Gladkiy Yu.N. 2019. Semantic outlines of modern geography. *European Journal of Geography*, 10 (3): 24–32.
26. Tuan Yi-Fu. 1977. *Space and Place: the Perspective of Experience*. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, 235 p.

### References

1. Vladimirov Yu.S. 2019. *The Nature of Space and Time: An Anthology of Ideas*. Moscow, Publ. LENAND, 400 p. (in Russian)
2. Gladkiy Yu.N. 2010. *Gumanitarnaya geografiya: nauchnaya eksplikatsiya [Humanitarian Geography: Scientific Explication]*. St. Petersburg., Faculty of Philology St. Petersburg State University, 663 p.
3. Husserl E. 2011. *Logical research. T. II. Part 1: Research on phenomenology and the theory of knowledge*. Moscow, Publ. Academic Project, 565 p. (in Russian)
4. Dugin A.G. 2004. *Filosofiya politiki [Philosophy of Politics]*. Moscow, Publ. Arctogeya, 424 p.
5. Lisin A.V., Platonenko V.I. 2009. Topological properties and relations of living systems. Non local effect of living systems. *Herald of the International Academy of Sciences. Russian Section*, 1: 21–27 (in Russian).
6. Rodoman B.B. 1999. *Areas and Networks. Essays of Theoretical Geography*. Smolensk, Oikumena, 256 p. (in Russian)
7. Smirnyagin L.V. 2016. The Future of Geographical Space in Social Sciences. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 7–19 (in Russian).
8. Sukhorukov V.D. 2000. *Teoriya geoprostranstvennykh sistem [Theory of Geospatial Systems]*. Smolensk, Oikumena, 191 p.
9. Sukhorukov V.D. 2015. Cognitive levels of geography. *Geografiya v shkole*, 1: 36–44 (in Russian).
10. Fen E.G. 2012. *Osnovnyye kategorii fenomenologicheskoy filosofii prostranstva v sovremennykh issledovaniyakh goroda [The main categories of the phenomenological philosophy of space in modern city studies]*. Dis. ... cand. philosophical sciences. Moscow, 142 p. (in Russian).
11. Harvey D. 1974. *Nauchnoye obyasneniye v geografii [Explanation in Geography]*. Moscow, Publ. PROGRESS, 502 p.
12. Shuper V.A. 2014. Typical Space in Theoretical Geography. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 5–15 (in Russian).
13. Downs R.M. 1970. Geographic Space Perception: Past Approaches and Future Prospects. *Progress in Geography*, 2 (2): 65–108.
14. Gladkiy Yu.N., Sukhorukov V.D., Kornekova S.Ur. 2019. The social morphology of the geographical space. In: *Human geography and demography. 6th SWS International scientific conferences on social sciences 2019*. Albena, Bulgaria, 26 August – 1 September 2019. Albena, STEF92 Technology: 283–288. DOI: 10.5593/SWS.ISCSS.2019.5/S15.035.
15. Grunbaum A. 1963. *Philosophical Problems of Space and Time*. New York, Knopf, 448 p.
16. Hartshorne R. 1959. *Perspective on the Nature of Geography*. AAG, Rand McNally, Chicago, 208 p.

17. Harvey D. 2006. Spaces of global capitalism: towards a theory of uneven geographical development. London, Verso, 154 p.
18. Janc K. 2019. Przestrzen cyfrowa i internet jako przedmiot zainteresowan w badaniach geograficznych. *Przegląd Geograficzny*, 91 (2): 21–37.
19. Jie F. 2018. Territorial system of human-environment interaction: A theoretical cornerstone for comprehensive research on formation and evolution of the geographical pattern. *Acta Geographica Sinica*, 73 (4): 597–607.
20. Johnston R.J. 2003. Order in space: geography as a discipline in distance. In: *A Century of British Geography*. Eds. Johnston R, Williams M. Oxford, Oxford University Press, 303–345.
21. Lefebvre H. 2007. Production of space. Blackwell, Oxford, 440 p.
22. Mark D.M., Freksa C., Hirtle S.C., Lloyd R., Tversky B. 1999. Cognitive models of geographical space. *International Journal of Geographical Information Science*, 13 (8): 747–774.
23. Paranina A., Paranin R. 2017. Information in geographical space as the basis of cross-disciplinary researches in culture geography. *European Journal of Geography*, 8 (3): 67–77.
24. Sagan I. 2021. Kryzys przestrzeni czy jej renesans w badaniach geografii społeczno-ekonomicznej? *Prace i Studia Geograficzne*, 65 (2): 71–79.
25. Sukhorukov V.D., Gładkiy Yu.N. 2019. Semantic outlines of modern geography. *European Journal of Geography*, 10 (3): 24–32.
26. Tuan Yi-Fu. 1977. Space and Place: the Perspective of Experience. Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, 235 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Сухоруков Вячеслав Дмитриевич**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой методики обучения географии и краеведению Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.

**Гладкий Юрий Никифорович**, доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАО, заведующий кафедрой экономической географии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Viacheslav D. Sukhorukov**, doctor of geographical sciences, professor, head of the department of methods of teaching geography and local lore of the Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia.

**Yuri N. Gladkiy**, doctor of geographical sciences, professor, corresponding member of the Russian Academy of Education, head of the department of economic geography of the Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia.





УДК 502.3:911.2:911.52  
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-144-154

## **Оценка сложности ландшафтной организации и устойчивости ландшафтов охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море)**

**Борисов Р.В.**

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,  
Россия, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7  
E-mail: 93borisov@list.ru

**Аннотация.** Развитию архипелага Императрицы Евгении, входящего в состав Владивостокского городского округа, уделяется особое внимание как на региональном, так и на федеральном уровнях, что подтверждается развертыванием крупных строительных работ и наличием планов развития. В целях устойчивого развития территории островов реализация программ природопользования должна осуществляться с учетом анализа сложности ландшафтной организации и функционирования геосистем. Особое внимание необходимо уделять выделяемым в соответствии с нормативно-правовыми документами охранным зонам островов, для которых существуют законодательные ограничения хозяйственного использования. В работе были исследованы особенности ландшафтной организации островов, обработаны данные дистанционного зондирования, осуществлен анализ территориальной структуры охранных зон, проанализирована ландшафтная структура, произведен расчет показателей сложности ландшафтной структуры и ландшафтного разнообразия, а также проанализированы геоинформационные базы данных по устойчивости ландшафтов, созданные в Информационно-картографическом центре ТИГ ДВО РАН. В результате было установлено, что охранные зоны островов по степени устойчивости ландшафтов имеют небольшие различия с неохраняемой территорией. При этом анализ ландшафтной сложности и показателей ландшафтного разнообразия определяет территорию охранных зон островов как наиболее сложную и неоднородную по ландшафтной организации в сравнении с неохраняемой территорией архипелага.

**Ключевые слова:** Русский, Шкота, Попова, Рейнеке, Рикорда, острова, охранные зоны, ландшафты, ландшафтное разнообразие, устойчивость ландшафтов.

**Для цитирования:** Борисов Р.В. 2021. Оценка сложности ландшафтной организации и устойчивости ландшафтов охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море). Региональные геосистемы, 45 (2): 144–154. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-144-154

---

## **Estimation of complexity of the landscape organization and the sustainability of landscapes of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago (Peter the Great Gulf, Sea of Japan)**

**Ruslan V. Borisov**

Pacific Geographical Institute FEB RAS,  
7 Radio St, Vladivostok, 690041, Russia  
E-mail: 93borisov@list.ru

**Abstract.** The Eugenie Archipelago is part of the Vladivostok urban district. The development of the islands of the archipelago is given special attention at the regional and federal levels, as evidenced by large-scale construction work and the existence of development plans. For the sustainable development of the territory of the islands, the implementation of the plans should be carried out taking into account the analysis of complexity of the landscape organization and the functioning of geosystems. Particular attention should be paid to the protected zones of the islands allocated in accordance with the regulatory legal documents, for which there are legislative restrictions on the economic use. The work investigated the features of the landscape organization of the islands, analyzed the territorial structure of protected zones, processed remote sensing data, analyzed the landscape structure, calculated indicators of complexity of the landscape structure and the landscape diversity, and analyzed geoinformation databases on the sustainability of landscapes created at the Information and Cartographic Center of the Pacific Geographical Institute FEB RAS. As a result, it was found that the protected zones of the islands have slight differences from the unprotected territory in terms of the degree of landscape stability. At the same time, the analysis of landscape complexity and landscape diversity indicators determines the territory of the protected zones of the islands as the most complex and heterogeneous in terms of the landscape organization in comparison with the unprotected territory of the archipelago.

**Keywords:** Russky, Shkot, Popov, Reyneke, Rikord, islands, protected zones, landscapes, landscape diversity, sustainability of landscapes.

**For citation:** Borisov R.V. 2021. Estimation of complexity of the landscape organization and the sustainability of landscapes of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago (Peter the Great Gulf, Sea of Japan). *Regional Geosystems*, 45 (2): 144–154 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-144-154

---

## Введение

Архипелаг Императрицы Евгении расположен в заливе Петра Великого Японского моря. В него входят пять крупных островов (более 250 га): Русский, Шкота, Попова, Рейнеке, Рикорда и многочисленные малые по площади. Острова являются частью Владивостокского городского округа. С недавнего времени архипелаг притягивает усиленное внимание как со стороны регионального, так и со стороны федерального правительств. Особенно это касается о. Русский, который ближе других расположен к материковой части города. Подготовка к саммиту Азиатско-Тихоокеанского экономического содружества к 2012 г. привела к ускоренному развитию инфраструктуры острова через строительство конференц-центров и гостиничных корпусов, в настоящем используемых в качестве кампуса Дальневосточного федерального университета, моста, связывающего остров с основной частью города, и прочих объектов. Председателем Правительства РФ Д.А. Медведевым в 2019 г. был утвержден план реализации Концепции развития о. Русский, согласно которому предусматривается дальнейшее развитие инфраструктуры, научно-образовательного кластера и туристско-рекреационного потенциала, а также создание условий для привлечения частных инвестиций и комфортной жизни [Об утверждении плана ..., 2019]. Согласно генеральному плану Владивостокского городского округа [Документы территориального планирования ..., 2021], на других островах архипелага планируется строительство индивидуальных жилых домов, объектов инженерной инфраструктуры и пр. В целях устойчивого развития территории реализация планов должна осуществляться с учетом анализа закономерностей ландшафтной организации и функционирования геосистем. Особое внимание необходимо уделять установленным в соответствии с нормативно-правовыми документами охранным зонам островов, для которых существуют законодательные ограничения хозяйственного использования территории.



Целью настоящей работы является оценка сложности ландшафтной организации и устойчивости ландшафтов охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении. В соответствии с поставленной целью был выполнен комплекс задач: исследованы особенности ландшафтной организации островов; обработаны данные дистанционного зондирования (ДДЗ); осуществлен анализ территориальной структуры охранных зон; проанализирована ландшафтная структура; произведен расчет показателей сложности ландшафтной структуры и ландшафтного разнообразия; проанализированы геоинформационные базы данных по устойчивости ландшафтов, созданные в Информационно-картографическом центре ТИГ ДВО РАН.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются острова Русский, Шкота, Попова, Рейнеке и Рикорда. В работе были применены качественные и количественные методы исследования. Ключевую роль сыграл метод картографо-статистический.

ДДЗ островов были взяты с сервера GoogleEarth. С использованием программного пакета ArcGIS10.3 было выполнено дешифрирование космических снимков путем создания векторных слоев с выделением полигональных и линейных объектов на основе береговой линии, водотоков и озер. Выделение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в ArcGIS10.3 осуществлялось путем геопространственной привязки картосхем, взятых с нормативно-правовых документов. Для уточнения границ расположения объектов культурно-исторического наследия (ОКН) были проведены полевые работы с целью установления их точных координат для геопространственной привязки данных с единого реестра ОКН. Далее с использованием команды Buffer в ArcGIS10.3 были созданы буферные зоны, размеры которых взяты с нормативно-правовых документов, что позволило заполнить правовое экологическое зонирование островов.

Нормативно-правовая база, взятая нами за основу анализа территориальной структуры охранных зон, включает в себя утвержденные на федеральном уровне документы: федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» [1995], федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» [2002], «Водный кодекс Российской Федерации» [2006], Приказ Федерального агентства научных организаций «Об утверждении Положения о Дальневосточном морском биосферном государственном природном заповеднике» [2016], сведения из Единого государственного реестра объектов культурного наследия народов Российской Федерации [Сведения из Единого ..., 2021], а также документ регионального уровня [Об утверждении Положений ..., 2017].

Сотрудниками Тихоокеанского института географии ДВО РАН в 2016 г. были выполнены исследования ландшафтной организации, согласно которым на исследуемых островах были выделены природно-территориальные комплексы (ПТК) ранга урочище и выполнено ландшафтное картографирование островов [Ганзей и др., 2016а, б, в]. Анализ созданной ими геоинформационной базы данных ландшафтных выделов позволил с применением инструментов ArcGIS10.3 определить ПТК, входящие в каждую из охранных зон островов, с вычислением их количества и площадей. За основу при выполнении количественного анализа были взяты группы простейших показателей и показателей сложности ландшафтного рисунка (табл. 1) [Викторов, 1986; Маргалев, 1992], а также результаты комплексной типологической оценки устойчивости ландшафтов, выполненной по 17 показателям по пятибалльной шкале [Ганзей и др., 2020].

Таблица 1  
Table 1Количественные методы анализа ландшафтных карт  
Quantitative methods for analyzing landscape maps

№ п/п	Показатель	Обозначение/формула
Группа простейших характеристик		
1	Площадь района (зоны)	$S$
2	Площадь одного природно-территориального комплекса в районе (зоне)	$S_i$
3	Количество природно-территориальных комплексов	$M$
4	Количество контуров	$n$
5	Среднее количество контуров на 1 природно-территориальный комплекс	$p$
6	Средняя площадь ландшафтных контуров	$S_0 = \frac{S}{n}$
Группа характеристик сложности		
7	Индекс дробности ландшафтных контуров	$k = \frac{n}{S}$
8	Коэффициент сложности	$K_{слож} = \frac{n}{S_0}$
9	Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка	$H = -\sum_{i=1}^m \frac{S_i}{S} \log_2 \frac{S_i}{S}$
10	Индекс Маргалефа	$D_{mg} = \frac{(M-1)}{\ln S}$

**Результаты и их обсуждение**

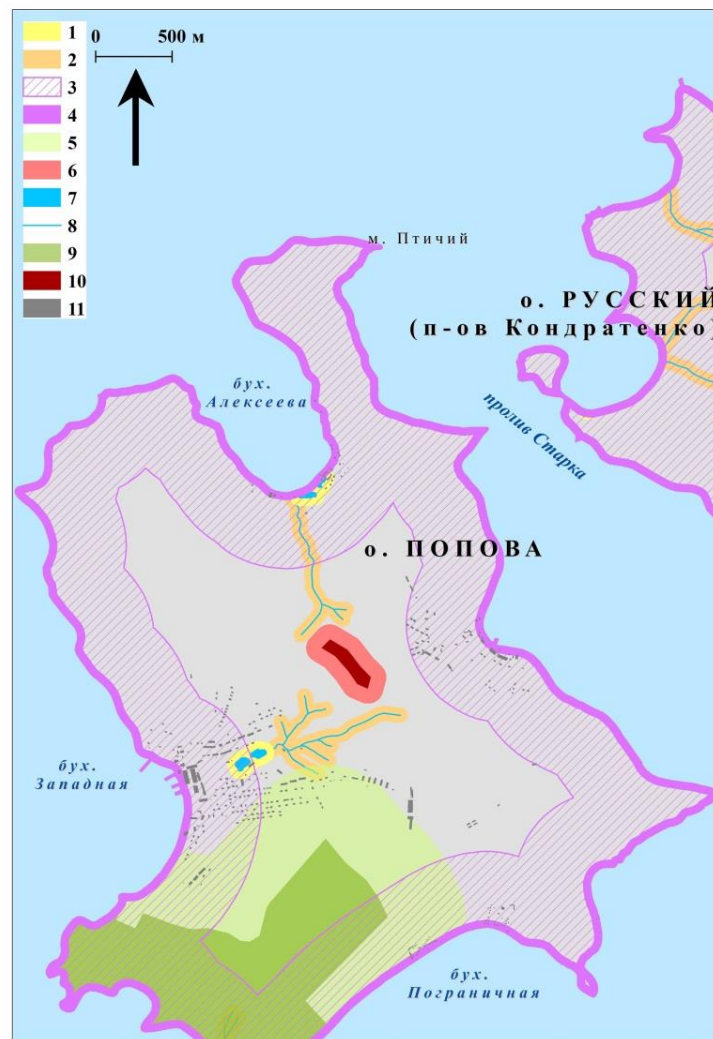
Согласно данным А.Г. Исаченко [1985], на островах архипелага Императрицы Евгении представлены Дальневосточные бореальные и суббореальные средне- и южнотаежные притихоокеанские ландшафты с характерной муссонной циркуляцией воздушных масс.

В соответствии со структурно-генетической классификацией В.А. Николаева [1979], ландшафты исследуемых островов относятся к горному классу. Характерной особенностью островных геосистем является замкнутость, которая проявляется на уровне подклассов. Наибольшее распространение на исследуемых островах получил низкогорный подкласс, сформированный преимущественно денудационными пологими и средней крутизны склонами. Избыточное увлажнение ландшафтов формируется в условиях муссонного климата с количеством осадков более 800 мм/год. Исследуемые ландшафты подразделяются на группы: автоморфные, гидроморфные и полугидроморфные. Наиболее распространенными являются ландшафты пологих и средней крутизны склонов, сложенные базальтами, гранитами и гранитоидами, с доминированием высокосомкнутых полидоминантных широколиственных лесов на темных и типичных буроземах. Остров Рейнеке отличается ландшафтами от других островов архипелага широким распространением разнотравно-злаковых лугов. Исследуемые острова опоясывают ландшафты абразионно-денудационных уступов с гравийно-галечными отложениями с супралиторальными и петрофитными группировками на маршевых, примитивных почвах и на камнях [Ганзей и др., 2016б, в].

В соответствии с нормативно-правовыми документами, на островах архипелага Императрицы Евгении выделяются охранные зоны, в границах которых запрещается лю-

бая деятельность, влекущая за собой нарушение целостности объектов, взятых за основу при выделении. В работе были определены три категории охранных земель: водоохранная зона (за исключением акватории водных объектов, взятых за основу при выделении), включающая охранные зоны водотоков, озер, моря и прибрежно-защитную полосу, ООПТ и территория ОКН, включающие буферные зоны этих объектов.

Обработка ДДЗ и данных государственных реестров позволила рассчитать площади охранных земель для каждого из островов. Для сравнения площадь была также рассчитана для неохраваемой территории. В целях наглядного отображения территориальной структуры охранных зон нами была создана карта правового экологического зонирования островов архипелага Императрицы Евгении. Ниже представлен фрагмент карты на примере о. Попова (см. рисунок), а также территориальная структура островов архипелага Императрицы Евгении (табл. 2).



Правовое экологическое зонирование о. Попова. Условные обозначения:

- 1 – водоохранная зона озер (50 м); 2 – водоохранная зона водотоков (50 м); 3 – водоохранная зона моря (500 м); 4 – прибрежно-защитная полоса (50 м); 5 – охранный зона заповедника (500 м); 6 – охранный зона ОКН (100 м); 7 – озера; 8 – водотоки; 9 – заповедник; 10 – ОКН; 11 – здания
- Legal ecological zoning of Popov Island. Legend: 1 – water protection zone of lakes (50 m); 2 – water protection zone of streams (50 m); 3 – water protection zone of the sea (500 m); 4 – coastal protection strip (50 m); 5 – protected zone of the natural reserve (500 m); 6 – protected zone of objects of cultural and historical heritage (100 m); 7 – lakes; 8 – streams; 9 – natural reserve; 10 – objects of cultural and historical heritage; 11 – buildings

Таблица 2  
Table 2Территориальная структура охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении  
The territorial structure of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago

Категория охранных зон	о. Русский		о. Шкота		о. Попова		о. Рейнеке		о. Рикорда	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Водоохранная зона	5337,46	53,6	241,77	96,3	888,55	68,6	407,12	76,2	447,87	92,2
<i>водотоков</i>	1078,23	10,8	–	–	40,91	3,2	6,22	1,2	24,19	5,0
<i>озер</i>	31,15	0,3	–	–	6,80	0,5	–	–	–	–
<i>моря</i>	4670,74	46,9	241,77	96,3	858,25	66,2	407,04	76,1	447,87	92,2
<i>прибрежно-защитная полоса</i>	626,40	6,3	41,87	16,7	129,00	10,0	58,87	11,0	63,80	13,1
ООПТ	1214,59	12,2	–	–	375,55	29,0	–	–	–	–
ОКН	741,63	7,4	12,76	5,1	15,85	1,2	–	–	–	–
Охранные зоны (общее)	5891,57	59,2	246,80	98,3	1021,88	78,8	407,12	76,2	447,87	92,2
Неохраняемая территория	4061,97	40,8	4,29	1,7	274,21	21,2	127,44	23,8	37,77	7,8
Территория острова	9958,91	100,0	251,10	100,0	1296,09	100,0	534,56	100,0	485,64	100,0

Обработка данных по ландшафтной организации позволила проанализировать ландшафтную структуру охранных зон островов. Анализ особенностей пространственной структуры ландшафтов был выполнен для водоохраных зон озер, водотоков и моря, а также для территорий ООПТ и ОКН, включающих буферные зоны. Анализ ландшафтной организации не включал в себя антропогенно преобразованные территории. Прибрежно-защитная полоса является составной частью водоохранной зоны моря, поэтому эта территория также не анализировалась.

На первом этапе был выполнен расчет простейших показателей ландшафтной структуры исследуемых территорий (табл. 3). Полученные данные послужили основой для выполнения анализа показателей ландшафтной сложности и ландшафтного разнообразия (табл. 4). На островах Русский и Попова были выявлены зоны с максимальными и минимальными значениями по показателям.

Охранные зоны островов архипелага Императрицы Евгении характеризуются более высокими показателями коэффициента сложности ландшафтного рисунка. На о. Русский этот показатель (510,28) более чем в пять раз превышает коэффициент неохраняемой территории (97,67), на островах Шкота (10,22) и Попова (50,07) – более чем в четыре (2,10 и 11,49 соответственно), а на островах Рейнеке (7,93) и Рикорда (17,29) – более чем в три (2,11 и 5,19 соответственно). При этом дифференциация показателей по категориям охранных земель неоднозначна для островов. Коэффициенты сложности ландшафтного рисунка водоохранной зоны водотоков на островах Русский (821,92) и Рикорда (42,34) более чем в два раза выше коэффициентов водоохранной зоны моря (300,29 и 17,29 соответственно), а на о. Попова коэффициенты водоохранных зон водотоков (41,53) и моря (42,38) имеют почти равные значения. На о. Русский максимальное значение по данному показателю приходится на водоохранную зону водотоков, минимальное – на территорию ООПТ (57,68). На о. Попова максимальное значение характерно для водоохранной зоны моря, минимальное – для территории ОКН (3,09).



Таблица 3  
Table 3

Простейшие показатели ландшафтной структуры охранных зон архипелага  
Императрицы Евгении (на примере островов Русский и Попова)  
The simplest indicators of the landscape structure of the protected zones of the Eugenie  
Archipelago (by the example of the Russkiy and Popov islands)

Зона	Площадь, га ( $S$ )	Количество контуров ( $n$ )	Количество ПТК ( $M$ )	Среднее ко- личество кон- туров на 1 ПТК ( $p$ )	Средняя пло- щадь ланд- шафтных кон- туров ( $S_0$ )
о. Русский					
Водоохранная зона	4493,62	1505,00	218,00	6,90	2,99
<i>озер</i>	27,08	41,00	26,00	1,58	0,66
<i>водотоков</i>	957,23	887,00	131,00	6,77	1,08
<i>моря</i>	3862,67	1077,00	203,00	5,31	3,59
ООПТ	1023,69	243,00	71,00	3,42	4,21
ОКН	585,34	315,00	104,00	3,03	1,86
Охранные зоны (общее)	4973,06	1593,00	227,00	7,02	3,12
Неохраняемая территория	3834,64	612,00	116,00	5,28	6,27
о. Попова					
Водоохранная зона	777,71	199,00	72,00	2,76	3,91
<i>озер</i>	0,24	2,00	2,00	1,00	0,12
<i>водотоков</i>	31,21	36,00	17,00	2,12	0,87
<i>моря</i>	756,01	179,00	70,00	2,56	4,22
о. Попова					
ООПТ	350,16	86,00	35,00	2,46	4,07
ОКН	15,85	7,00	6,00	1,17	2,26
Охранные зоны (общее)	897,70	212,00	73,00	2,90	4,23
Неохраняемая территория	235,28	52,00	25,00	2,08	4,52

Энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка, отражающая вероятность смены одного ландшафта другим, также имеет наибольшие показатели для охранных зон. Максимальная разница характерна для о. Шкота, энтропийная мера сложности ландшафтного рисунка охранных зон которого (4,53) в восемь раз превышает показатель неохраняемой территории (0,56). На о. Рейнеке энтропийная мера сложности охранных зон (4,21) превышает показатель неохраняемой территории (1,89) более чем в два раза, на других островах – более чем в один. Дифференциация показателей по категориям охранных земель также неоднозначна. Если на о. Русский показатели энтропийной меры сложности ландшафтного рисунка водоохранных зон водотоков (8,69) и моря (8,78) мало чем отличаются, то показатели водоохранной зоны водотоков на островах Попова (4,54) и Рикорда (4,39) несколько ниже показателей водоохранной зоны моря (6,31 и 5,27 соответственно). На о. Русский максимальное значение по данному показателю приходится на водоохранную зону моря (8,78), минимальное – на водоохранную зону озер (4,53). На о. Попова максимальное значение также характерно для водоохранной зоны моря (6,31), минимальное – для водоохранной зоны озер (0,85).

Охранные зоны островов архипелага Императрицы Евгении отличаются и более высокими показателями индекса Маргалефа, отражающего степень ландшафтного разно-

образия. Показатели индекса Маргалефа охранных зон на островах Попова (10,59) и Рикорда (4,75) более чем в два раза превышают показатели неохраваемой территории (4,39 и 1,93 соответственно), на других островах – более чем в полтора. Дифференциация показателей по категориям охранных земель неоднозначна для островов. На островах Русский и Попова максимальные значения по данному показателю приходятся на водоохранную зону моря (24,46 на о. Русский и 10,41 на о. Попова), на о. Рикорда – на водоохранную зону водотоков (5,02). На о. Русский минимальное значение характерно для водоохранной зоны озер (7,58), на о. Попова – для территории ОКН (1,81).

Таблица 4  
Table 4

Показатели сложности ландшафтной организации охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении  
Indicators of complexity of the landscape organization of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago

Показатель	Водоохранные зоны			ООПТ	ОКН	Охранные зоны (общее)	Неохраняемая территория
	озер	водотоков	моря				
о. Русский							
$K_{слож}$ (коэффициент сложности)	62,08	821,92	300,29	57,68	169,52	510,28	97,67
$H$ (энтропийная мера сложности)	4,53	8,69	8,78	6,36	7,29	9,18	6,16
$D_{mg}$ (индекс Маргалефа)	7,58	18,94	24,46	10,10	16,16	26,55	13,94
о. Шкота							
$K_{слож}$	–	–	10,81	–	7,36	10,22	2,10
$H$	–	–	4,52	–	2,61	4,53	0,56
$D_{mg}$	–	–	2,37	–	1,67	2,36	1,37
о. Попова							
$K_{слож}$	16,39	41,53	42,38	21,12	3,09	50,07	11,49
$H$	0,85	4,54	6,31	5,21	1,46	6,43	4,46
$D_{mg}$	–	4,65	10,41	5,80	1,81	10,59	4,39
о. Рейнеке							
$K_{слож}$	–	–	7,93	–	–	7,93	2,11
$H$	–	–	4,21	–	–	4,21	1,89
$D_{mg}$	–	–	3,56	–	–	3,56	2,08
о. Рикорда							
$K_{слож}$	–	42,34	17,29	–	–	17,29	5,19
$H$	–	4,39	5,27	–	–	5,27	3,06
$D_{mg}$	–	5,02	4,75	–	–	4,75	1,93

Расчет индекса Маргалефа для водоохранной зоны озер о. Попова не был возможен в связи с малым количеством ПТК (2). Необходимо также отметить, что минимальные значения по показателям сложности ландшафтной организации и разнообразия ландшафтов территории ОКН о. Попова объясняются малой площадью этой зоны (15,85 га), включающей один объект (Батарея береговая № 901) с малым количеством ПТК (6). При этом выделяемая на острове территория ООПТ на основе северного района Дальневосточного морского биосферного заповедника ДВО РАН характеризуется относительно высокими показателями коэффициента сложности (21,12), энтропийной меры сложности (5,21) и индекса Маргалефа (5,80), превышающими показатели неохраваемой территории.

Охранные зоны создаются с целью сохранения природного функционирования территории. Из полученных данных следует, что для охранных зон островов архипелага Им-





ператрицы Евгении характерны более высокая сложность и разнообразие ландшафтов. В функционировании геосистем важная роль отводится водоохранной зоне водотоков, так как водотоки, представляя собой векторные геосистемы, играют ключевую роль в вещественно-энергетическом взаимодействии в ландшафтной катене [Николаев, 2006]. На основании полученных данных можно также говорить о высоком значении водоохранной зоны моря в функционировании островных природных систем. В отличие от водотоков, береговая зона не является векторной геосистемой, так как для нее характерно двухстороннее перемещение вещества и энергии. Береговая зона является полигенетическим образованием, сформированным под воздействием всех геофизических полей: геостационарное поле, являющееся основой береговой зоны, геоциркуляционное, формирующее гравитационные латеральные вещественно-энергетические связи и биоциркуляционное, обуславливающее интенсивность и характер воздействия воды на береговую зону, поступление вещества и энергии с подводного берегового склона [Ганзей, 2020].

Результаты комплексной типологической оценки устойчивости ландшафтов, выполненной по 17 показателям по 5-балльной шкале [Ганзей и др., 2020], легли в основу анализа устойчивости ландшафтов охранных зон островов. Для каждой из категорий охранных земель было рассчитано среднее арифметическое из комплексных типологических оценок устойчивости ландшафтов по 5-балльной шкале (от 1 – очень неустойчивые до 5 – очень устойчивые), входящих в конкретную категорию охранных земель (табл. 5).

Таблица 5  
Table 5

Устойчивость ландшафтов охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении  
The sustainability of landscapes of the protected zones of islands of the Eugenie Archipelago

Зона	Среднее арифметическое значение устойчивости ландшафтов охранных зон				
	о. Русский	о. Шкота	о. Попова	о. Рейнеке	о. Рикорда
Водоохранная зона	2,48	3,22	2,56	2,87	2,61
<i>озер</i>	3,56	–	5,00	–	–
<i>водотоков</i>	2,61	–	3,50	–	2,75
<i>моря</i>	2,46	3,22	2,43	2,87	2,61
ООПТ	2,33	–	2,28	–	–
ОКН	2,23	3,33	3,57	–	–
Охранные зоны (общее)	2,45	3,22	2,59	2,87	2,61
Неохраняемая территория	2,29	3,67	3,40	3,25	3,00

На о. Русский показатель устойчивости ландшафтов охранных зон (2,45) выше на 0,16 в сравнении с неохраняемой территорией (2,29). При этом в охранных зонах наиболее устойчивыми являются ландшафты водоохранной зоны озер (3,56), наименее устойчивыми – ландшафты территории ОКН (2,23). Иная ситуация характерна для островов Шкота, Попова, Рейнеке и Рикорда, охранные зоны которых характеризуются более низкими показателями устойчивости в сравнении с неохраняемой территорией. Наибольшая разница характерна для о. Попова, среднее значение устойчивости ландшафтов охранных зон которого (2,59) на 0,81 ниже неохраняемой территории (3,4). На островах Шкота, Рейнеке и Рикорда эта разница составляет около 0,4. В охранных зонах о. Попова наиболее устойчивыми являются ландшафты водоохранной зоны озер (5,0), наименее устойчивыми – ландшафты территории ООПТ (2,28).

## Заключение

Анализ ландшафтной сложности и показателей ландшафтного разнообразия, выполненный в настоящей работе, определяет территорию охранных зон островов архипелага Императрицы Евгении как наиболее сложную и неоднородную по ландшафтной организации в сравнении с неохраваемой территорией. Высокие показатели водоохраных зон водотоков и моря говорят о важной роли этих зон в функционировании островных природных систем. При этом по степени устойчивости ландшафтов охранные зоны островов имеют небольшие различия с неохраваемой территорией архипелага. Почти равные значения характерны для о. Русский, тогда как на островах Шкота, Попова, Рейнеке и Рикорда охранные зоны характеризуются меньшими показателями устойчивости в сравнении с неохраваемой территорией. Более низкие показатели устойчивости ландшафтов охранных зон большинства исследуемых островов говорят о большей уязвимости ландшафтов охранных земель, что подтверждает необходимость соблюдения всех прописанных в нормативно-правовых документах ограничений по хозяйственному использованию этих территорий. Среди водоохраных зон минимальные значения устойчивости характерны для зоны моря и прибрежно-защитной полосы, что необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности в прибрежных зонах островов. Оценка сложности ландшафтной организации и устойчивости ландшафтов охранных зон островов может быть применена в дальнейших исследованиях, направленных на формирование сбалансированной системы управления островными природно-хозяйственными системами.

## Список источников

1. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ. СПС «Консультант». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (дата обращения 04.03.2021).
2. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Пшеничникова Н.Ф. 2016а. Ландшафты острова Русский. Карта. Масштаб 1:25000. Владивосток, ООО «Колорит».
3. Документы территориального планирования. Официальный сайт Администрации Владивостока. URL: <http://www.vlc.ru/architecture/architecture-vlc/architecture-general-plan> (дата обращения 04.03.2021).
4. Об утверждении Положений об охранных зонах памятников природы краевого значения «Геологический разрез Тобизинский», «Геологический разрез Анизинский: Постановление Губернатора Приморского края от 04.09.2017 № 58-пг. Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2500201709060003> (дата обращения 04.03.2021).
5. Об утверждении Положения о Дальневосточном морском биосферном государственном природном заповеднике: Приказ Федерального агентства научных организаций от 12.10.2016 № 50н. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России». URL: <http://oopt.aari.ru/doc/Приказ-Федерального-агентства-научных-организаций-от-12102016-№50н> (дата обращения 04.03.2021).
6. Об утверждении плана мероприятий по реализации Концепции развития острова Русский: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 ноября 2019 г. № 2797-р. Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/38499> (дата обращения 04.03.2021).
7. Сведения из Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Открытые данные Министерства культуры России. URL: <https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn> (дата обращения 04.03.2021).
8. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (последняя редакция). СПС «Консультант». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37318](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318) (дата обращения 04.03.2021).
9. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ (последняя редакция). СПС «Консультант». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_6072](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072) (дата обращения 04.03.2021).



## Список литературы

1. Викторов А.С. 1986. Рисунок ландшафта. М., Мысль, 179 с.
2. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Пшеничникова Н.Ф. 2016б. Ландшафты острова Русский (залив Петра Великого, Японское море): пространственная организация и особенности функционирования. Успехи современного естествознания, 6: 138–143.
3. Ганзей К.С., Киселева А.Г., Родникова И.В., Пшеничникова Н.Ф. 2016в. Современное состояние и антропогенная трансформация островов залива Петра Великого. Ойкумена. Регионоведческие исследования, 1 (36): 40–49.
4. Ганзей К.С., Пшеничникова Н.Ф., Киселева А.Г. 2020. Оценка устойчивости островных геосистем архипелага Императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море). География и природные ресурсы, 2 (161): 62–70. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-2(62-70).
5. Ганзей К.С. 2020. Полиструктурность и полигенетичность островных геосистем. Тихоокеанская география, 1: 21–29. DOI: 10.35735/7102875.2020.1.1.003.
6. Исаченко А.Г. 1985. Ландшафты СССР. Л., Изд-во Ленингр. ин-та, 320 с.
7. Маргалеф Р. 1992. Облик биосферы. М., Наука, 214 с.
8. Николаев В.А. 1979. Проблемы регионального ландшафтоведения. М., Изд-во Моск. ун-та, 160 с.
9. Николаев В.А. 2006. К теории ландшафтного полигенеза. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 6: 3–8.

## References

1. Viktorov A.S. 1986. Risunok landshafta [Landscape drawing]. Moscow, Publ. Mysl', 179 p.
2. Ganzey K.S., Kiseleova A.G., Pshenichnikova N.F. 2016b. Landscapes of Russky Island (Peter the Great Bay, Sea of Japan): Spatial Organization and Functioning Peculiarities. Advances in current natural sciences, 6: 138–143 (in Russian).
3. Ganzej K.S., Kiselyova A.G., Rodnikova I.M., Pshenichnikova N.F. 2016. Present State and Anthropogenic Transformation of Geosystems of Peter the Great Bay Islands. Ojkumena. Regional researches, 1 (36): 40–49 (in Russian).
4. Ganzei K.S., Pshenichnikova N.F., Kiselyova A.G. 2020. Stability Assessment of Islands Geosystems of the Empress Eugénie Archipelago (Peter the Great Gulf, Sea of Japan). Geography and Natural Resources, 2 (161): 62–70. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-2(62-70) (in Russian).
5. Ganzei K.S. 2020. Polystructurality and polygenetics of island geosystems. Pacific Geography, 1: 21–29. DOI: 10.35735/7102875.2020.1.1.003 (in Russian).
6. Isachenko A.G. 1985. Landshafty SSSR [Landscapes of USSR]. Leningrad, Izdatel'stvo Leningradskogo instituta, 320 p.
7. Margalef R. 1992. Oblik biosfery [The appearance of the biosphere]. Moscow, Publ. Nauka, 214 p.
8. Nikolaev V.A. 1979. Problemy regional'nogo landshaftovedeniya [Problems of Regional Landscape Science]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 160 p.
9. Nikolayev V.A. 2006. To the Theory of Landscape Polygenesis. Moscow University Bulletin. Series 5, Geography, 6: 3–8 (in Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Борисов Руслан Валентинович**, младший научный сотрудник лаборатории трансформаций контактных геосистем Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Ruslan V. Borisov**, Junior Researcher of Laboratory of Transformation of Contact Geosystems of the Pacific Institute of Geography the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia



УДК [911.52:551.435.8](470.32)  
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-155-167

## Карстовая денудация как фактор ландшафтогенеза Центрального Черноземья

Михно В.Б., Горбунов А.С.

Воронежский государственный университет,  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: fizgeogr@mail.ru, gorbunov.ol@mail.ru

**Аннотация.** Карстовая денудация на протяжении неоген-четвертичного периода играет одну из ведущих ролей в формировании как палеоландшафтов, так и современных природно-территориальных комплексов Центрального Черноземья. Во многих районах она предопределяет процессы литоландшафтогенеза и существенно влияет на специфику хозяйственной деятельности. В связи с этим авторами предпринята попытка рассмотреть современную ситуацию с распространением карста в регионе, дополнить имеющиеся сведения по географии карстового процесса, выявить основные факторы, влияющие на интенсивность карстовой денудации. Работа базируется на многолетних полевых исследованиях, проведенных авторами на территории региона, в результате которых были выявлены основные ареалы распространения карстовых ландшафтов в Центральном Черноземье. Эти сведения были дополнены современным данными по распространению карста, полученными в результате дешифрирования космических снимков высокого разрешения. В результате на территории региона было выявлено более 15 тыс. карстовых и карстово-суффозионных форм рельефа, обозначены новые ареалы развития карстовой денудации для Липецкой области. Итогом работ стала впервые созданная для Центрального Черноземья карта плотности карстовых и карстово-суффозионных ландшафтов. Наряду с этим были определены основные факторы, влияющие на интенсивность протекания карстовых процессов: глубина залегания карбонатных пород, их вещественный и химический состав, трещиноватость и химическая агрессивность природных вод. В заключении акцентировано внимание на прикладном аспекте изучения карстового ландшафтогенеза.

**Ключевые слова:** карстовая денудация, карбонатные породы, литогенная основа ландшафтов, карстовый ландшафтогенез, Центральное Черноземье.

**Благодарности:** исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-45-360005 р\_а «Вертикальная дифференциация ландшафтов Воронежской области»).

**Для цитирования:** Михно В.Б., Горбунов А.С. 2021. Карстовая денудация как фактор литоландшафтогенеза Центрального Черноземья. Региональные геосистемы, 45 (2): 155–167. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-155-167

---

## Karst denudation as a factor of landscape genesis Central Chernozemic Region

Vladimir B. Mikhno, Anatolii S. Gorbunov

Voronezh State University

1 Universitetskaya pl., Voronezh, 394018, Russia

E-mail: fizgeogr@mail.ru, gorbunov.ol@mail.ru

**Abstract.** Karst denudation during the Neogene-Quaternary period plays one of the leading roles in the formation of paleo- and modern landscapes of the Central Chernozemic region. In many areas it predetermines the processes of lithological genesis of landscape and significantly affects the specifics of economic activity. In



this connection the authors have made an attempt to examine the present situation of karst spreading in the region, to supplement the data on the geography of karst processes and to reveal the main factors influencing the intensity of karst denudation. The work is based on many years of field studies carried out by the authors in the region, which revealed the main habitats of karst landscapes distribution in the Central Chernozemic Region. This information was supplemented with modern data on karst distribution obtained by interpretation of high-resolution satellite images. As a result, more than 15 thousand karst and karst-suffosion relief forms were identified in the region. New areas of karst denudation development were also identified for the Lipetsk Region. The map of karst and karst-suffosion landscapes density created for the Central Chernozemic region for the first time became the result of this work. In addition, the main factors influencing the intensity of karst processes were determined. Among them: the depth of occurrence of carbonate rocks, their material and chemical composition, fracturing and chemical aggressiveness of natural waters. The conclusion focuses on the applied aspect of the study of karst landscape genesis.

**Keywords:** karst denudation, carbonate rocks, lithogenic basis of landscapes, karst landscape genesis, Central Chernozemic region.

**Acknowledgements:** the research was conducted with the financial support of the RFBR (project 19-45-360005 r\_a «Vertical differentiation of landscapes of the Voronezh Region»).

**For citation:** Mihno V.B., Gorbunov A.S. 2020. Karst denudation as a factor of landscape genesis Central Chernozemic region. Regional Geosystems, 45 (2): 155–167 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-155-167

---

## Введение

В происхождении, строении и развитии многих ландшафтов ряда регионов Центрального Черноземья, имеющих карбонатную литогенную основу, большая роль принадлежит карстовой денудации – химическому растворению природными водами и выносу горных пород в виде раствора. К числу таких пород здесь принадлежат известняки, мел, мергель, доломит.

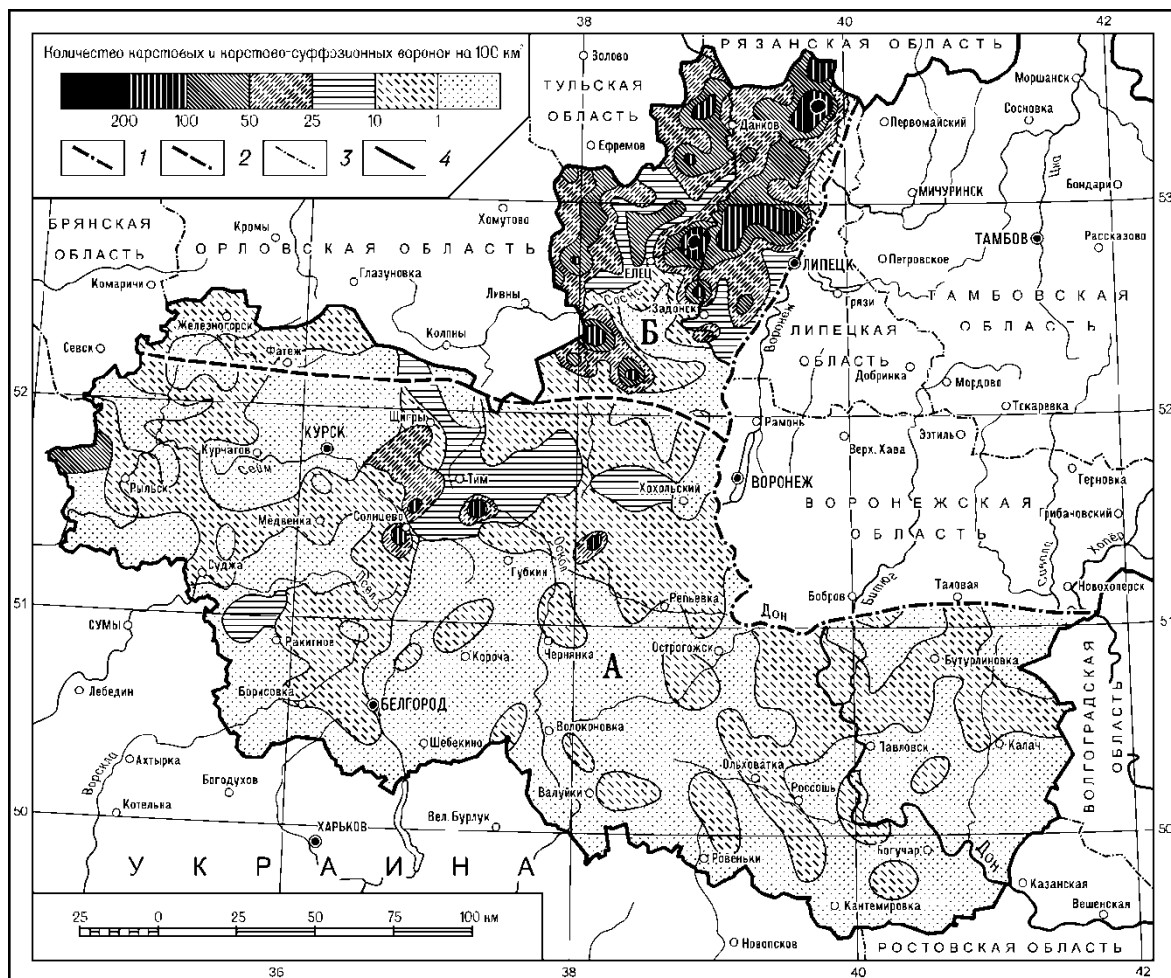
Карстовая денудация в пределах региона проявляется длительное время и тесно связана с континентальным развитием территории – периодом допалеогеновой трансгрессии, неогеновым и четвертичным временем. В эти этапы при активном участии карстовой денудации срабатывались массивы карбонатных пород, формировались своеобразные литогенные ландшафты со свойственной им карстовой морфоскульптурой, включающей воронки, провалы колодеобразной формы, западины, цирковидные и слепые балки, пещеры, карры. Эти формы рельефа совместно с выстилающими их карбонатными породами предопределили формирование особой категории литогенных ландшафтов, среди которых наибольшее распространение получили известняково-карстовые и карстово-меловые ландшафты [Михно и др., 2020].

Деструктивный характер карстовой денудации нередко приводит к разрушению или нарушению сложившейся структурно-динамической организации ландшафтов региона, что отрицательно сказывается на природной среде и экологической обстановке территорий, подверженных активному воздействию карстового процесса. Это предопределяет необходимость установления региональных особенностей развития карста и его влияния на окружающую среду.

## Объекты и методы исследования

Работа базируется на результатах многолетних полевых исследований карстовых ландшафтов Центрального Черноземья, проведенных В.Б. Михно, итогом которых стало создание крупномасштабных ландшафтных карт и описаний наиболее закарстованных территорий Липецкой, Курской и Белгородской областей, а также обобщенных карт распространения мелового карста на юге Среднерусской возвышенности. На основе данных ди-

станционного зондирования Земли высокого разрешения, полученных из сервисов Google Earth, Bing maps, World Imagery, Yandex maps, путем ручного дешифрирования изображений весенне-летнего сезона, авторы уточнили ареал распространения карстовых и карстово-суффозионных форм рельефа. На фоне сельскохозяйственных полей они выделяются специфичной округлой формой нераспаханных участков, наличием древесно-кустарниковых зарослей, скоплением воды и снега в ранневесеннее время. По склонам гидрографической сети, нераспаханным ложбинам стока, днищам балок и залесенным территориям выделение карстовых воронок и особенно западин на основе данных дистанционного зондирования во многих случаях проблематично, в связи с чем авторы пользовались исключительно результатами личных полевых исследований. Немаловажное значение приобретает отделение карстово-суффозионных от суффозионных форм рельефа, которые часто имеют единую морфологию. Для разграничения этих форм авторы использовали критерий наличия в современной коре выветривания карстующихся карбонатных пород и глубину их залегания. В результате проведенных работ на исследуемой территории было выделено более 15 тыс. карстовых и карстово-суффозионных форм рельефа, которые нашли отражение на карте плотности карста Центрального Черноземья (см. рисунок).



Плотность карстовых и карстово-суффозионных ландшафтов в Центральном Черноземье:  
 Границы: 1 – распространения карбонатных пород; 2 – карстовых округов; 3 – административных областей; 4 – Центрального Черноземья. А – меловой карстовый округ;  
 Б – известняковый карстовый округ

Density of karst and karst-suffusion landscapes in the Central Chernozem Region: Borders:  
 1 – distribution of carbonate rocks; 2 – karst districts; 3 – municipal districts; 4 – Central Chernozem Region. A – cretaceous karst district; B – limestone karst district



## Результаты и их обсуждение

**Предпосылки карстовой денудации.** Карстовая денудация – это экзогенный процесс, способный воздействовать на все основные компоненты ландшафта и тем самым формировать своеобразные литогенные природно-территориальные комплексы. По своей сути, это карстовый процесс со свойственным ему деструктивным и созидательным характером развития.

Под карстом обычно понимаются явления и процессы, происходящие в растворимых горных породах, которые образуют специфичные формы рельефа, определяют подземный сток, могут трансформировать существующую гидрографическую сеть и формировать своеобразные ландшафты. В связи с этим на территориях, сложенных водорастворимыми горными породами, карст является основным фактором литоландшафтогенеза [Гвоздецкий, 1972; Чикишев, 1979; Михно, 1990]. Из этого следует, что в данном случае особая роль в формировании ландшафтов принадлежит карстовой денудации, основными предпосылками которой являются наличие растворимых природными водами горных пород и подверженность их воздействию поверхностных или подземных вод.

По Ф.Н. Милькову [1977], подобные ландшафты образуют особый литогенный генетический ряд ландшафтных комплексов.

В Центральном Черноземье карстовая денудация получила развитие на возвышенных территориях. Предопределено это широким распространением здесь растворимых карбонатных горных пород и наличием необходимых условий для их химического растворения под воздействием воды.

Карстовая денудация здесь выступает в роли своеобразного ландшафтообразующего фактора. Наиболее ярко это проявляется в литоландшафтогенезе закарстованных территорий региона, которым свойственно геолого-геоморфологическое, гидроклиматическое, почвенно-растительное и, в целом, ландшафтное отличие от смежных незакарстованных территорий.

Основными растворимыми горными породами, входящими в современную кору выветривания, в регионе выступают верхнедевонские известняки и доломиты, а также верхнемеловые мело-мергельные отложения.

**Литогенная основа известняково-карстовой денудации.** Известняки на территории Центрального Черноземья приурочены к Среднерусской возвышенности. Карст здесь развивается в трещиноватых горных породах фаменского яруса верхнего девона, залегающих выше базиса карстовой денудации. Южная граница их распространения соответствует линии Воронеж–Курск. Максимальная мощность отложений (до 100 м) отмечается на севере Липецкой области. Зачастую встречаются известняковые обнажения. Они особенно многочисленны в долинах рек Дон, Красивая Меча, Сосна, Воргол, Пальна и ряде других. Также выступы известняков имеют место по балкам и оврагам.

Породообразующим минералом известняков является кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), подчиненное значение имеют примеси глинистых минералов и доломитов. Чистые горные породы по химическому составу близки эталонному кальциту, в котором 50 % приходится на  $\text{CaO}$  и 44 % на  $\text{CO}_2$ . Для них характерна значительная трещиноватость и сложность.

Известняки, переслаивающиеся другими слоями, входят в состав франского (семи-лукский, воронежский, евлановский и ливенский горизонты) и фаменского (задонский и елецкий горизонты) ярусов. Относящиеся к разным горизонтам породы, отличаются по литологии, структурным и текстурным особенностям. Наиболее неоднородны отложения фаменского яруса, включающего мергелистые известняки. При этом установлено, что скорость карстовой денудации тесным образом связана с химическим составом известняков, а именно содержанием в нем кальцита. Доказательством тому выступает более высокая степень закарстованности территорий, сложенных химически чистыми и литологиче-

ски однородными толщами известняков франского яруса в отличие от менее закарстованных известняков фаменского яруса [Известняковый..., 1978].

Отложения франского яруса наибольшее развитие получили на правобережье среднего Дона и на территории бассейнов его правых притоков – Девыцы и Ведуги. Они известны как семилукские слои, обнажения которых представлены глинами и алевролитами, переслаивающимися с мергелями и известняками. Различают петинские, воронежские, евлановские и ливенские слои. В северном направлении мощность карбонатных пород увеличивается до 20–25 м, возрастает однородность их структуры и текстуры. В целом, для девонских карбонатных отложений характерны присутствие разнообразной и специфической фауны, неоднородность литологического состава, изменчивость плотности и структуры. Все это налагает существенный отпечаток на карстообразование в районах распространения карбонатных пород франского яруса.

Наиболее значительная толща известняков свойственна фаменскому ярусу, в строении которого различают задонские, елецкие и данково-лебедянские слои, состоящие преимущественно из неоднородных по литологическому составу, структуре и текстуре известняков. В частности, задонские слои, обнажающиеся в долине Дона севернее г. Задонска, включают переслаивающиеся преимущественно мергелистые известняки и известняк ракушечник. Елецкие слои в долине Дона и его притоков от Задонска до Лебедяни сложены толстослоистыми, плотными кавернозными известняками. В естественных обнажениях мощность их достигает 40–50 м (в районе г. Ельца). По данным Липецкой комплексной геологоразведочной экспедиции, содержание  $\text{CaCO}_3$  здесь превышает 90 % (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Химический состав основных компонентов елецкого горизонта верхнедевонских отложений Придонского известняково-карстового района Среднерусской возвышенности  
Chemical composition of the main components of the Yeltsky horizon of the Upper Devonian deposits of the Don Lime-Karst region of the Central Russian Upland

Месторождения известняков	Содержание основных компонентов (%)		
	$\text{CaCO}_3$	$\text{MgCO}_3$	Нерастворимый остаток
Рождественское	91,29	5,10	2,31
Хмельницкое	92,26	2,80	1,76
Аргамачское	93,78	1,72	2,14

Данково-лебедянские слои представлены в разной степени доломитизированными известняками с прослойками мергелей. Доломиты ( $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$  – двойная углекислая соль кальция и магния) здесь часто переслаиваются глинами и мергелями. Доломитизированные известняки распространены на севере рассматриваемого региона. В районе г. Данкова мощность их достигает 40 м. Доломитовым известнякам свойственна значительная кавернозность. Растворяются они быстрее, чем чистые известняки, образуя крупные карстовые формы. В пределах Данковского месторождения металлургических доломитов закарстованность достигает 10 %.

В целом, все получившие в регионе распространение литологические разновидности карбонатных верхнедевонских отложений создают базовую основу для устойчивого развития карстовой денудации и формирования особой категории литогенных известняково-карстовых ландшафтов. Свидетельством тому могут служить как древние, так и совре-





менные проявления карста, свойственные известняковому северу Центрального Черноземья [Михно, 2005].

**Литогенная основа карстово-меловой денудации.** На возвышенном юге Центрального Черноземья широкое распространение получили меловые отложения. Северная граница их распространения проходит по линии Дмитриев-Льговский – Стаканово – Новосильское – Семилуки – Лиски – Таловая – устье реки Савалы. Мощность толщи достигает максимальных значений в 250 м на юге Белгородской области. По долинам рек, балкам и оврагам мело-мергельные породы зачастую выходят на поверхность. Также они были вскрыты в карьерах, некоторых дорожных выемках и карстовых провалах.

Особенно велика ландшафтообразующая роль мелового субстрата и свойственной ему карстовой денудации на высоком правом берегу среднего Дона, известного как Донское Белогорье, которое территориально почти совпадает с границами Придонского мелового, Калитвинского волнисто-балочного и Богучарского степного физико-географических районов [Мильков, 1976].

Основной природной особенностью Донского Белогорья является ярко выраженный литоландшафтогенез мело-мергельных пород. Воздействие мелового субстрата и карстово-меловой денудации здесь сказывается на физико-географических процессах, природных компонентах и ландшафтных комплексах. Неслучайно физико-географические районы, составляющие Донское Белогорье, в генетическом отношении отнесены Ф.Н. Мильковым к литогенному (петрогенному) ряду ландшафтных комплексов [Мильков, 1976].

Химический и литологический состав отложений верхнемелового возраста сильно отличается, что в свою очередь предопределяет специфику и интенсивность карстовой денудации. В наиболее химически чистых отложениях мела содержание  $\text{CaCO}_3$  достигает 99 %. Карбонатная часть его образована кальцитом, основную породообразующую роль в котором играют планктонные водоросли кокколитофориды (табл. 2).

В состав мело-мергельных пород также входят глинистые примеси. Содержание их снижает скорость выщелачивания карбоната кальция из меловых пород, что, естественно, приводит к снижению интенсивности карстовой денудации и ослаблению её роли как фактора литоландшафтогенеза.

**Интенсивность карстовой денудации карбонатных пород Центрального Черноземья.** Литоландшафтогенез территорий, подстилаемых карбонатными породами, носит дифференцированный характер и в значительной степени зависит от интенсивности карстовой денудации – совокупности процессов выщелачивания, сноса и выноса продуктов растворения водой и ветром. На темпы и характер денудации большое влияние оказывают тектонические, литологические и климатические факторы.

Карстовая денудация карбонатных пород Центрального Черноземья ещё слабо изучена. Проведённые на отдельных участках полевые исследования, а также анализ имеющихся фондовых материалов и соответствующих литературных данных позволяет сделать вывод о том, что в рассматриваемом регионе карстовая денудация проявляется с различной интенсивностью в тесной зависимости, прежде всего, от литологических особенностей карбонатных пород [Михно, 1993].

**Интенсивность известняково-карстовой денудации.** Карстовая денудация верхнедевонских известняков Центрального Черноземья зависит не только от химического состава и физических свойств известняков, но и от их литологии, стратиграфии, тектоники, перекрытости, условий залегания, а также подверженности естественным и антропогенным факторам.

Химический процесс растворения известняка выступает важнейшим индикатором карстовой денудации. Скорость растворения в данном случае является показателем интен-

сивности карстовой денудации, определение которой требуется для решения многих задач и прежде всего, прогнозирования развития карста.

Для установления скорости карстовой денудации разработан целый ряд методов [Corbel, 1957; Чикишев, 1973; Gabrovsek, 2007; White, 2007; Ford, Williams, 2007].

Таблица 2  
Table 2

Вещественный состав карбонатной части туронско-коньякской толщи  
правобережья Дона [Носов, 1957]  
Material composition of the carbonate part of the Turonian-Coniacal deposits of the right bank  
of the Don [Nosov, 1957]

№ монолита	Район расположения и разрезы	Карбонатная часть (%)						
		Всего карбонатов в монолите (%)	Форменные компоненты (%)					вторичный кальцит
			кокколитофориды	фораминиферы и сферы	призмы иноцерамов	прочие организмы	порошковатый кальцит	
Туронский мел								
1	с. Сторожевое	89,32	38,0	1,0	2,0	1,5	54,0	2,0
3	с. Колодежное	98,71	31,0	7,0	3,0	1,0	56,0	1,0
5	с. Верхний Мамон	97,73	42,0	3,0	4,0	1,0	48,0	–
7	ст. Казанская	97,87	28,0	5,0	5,0	–	59,0	1,0
9	х. Акимовский	97,57	51,0	9,5	1,0	1,0	33,0	1,0
Среднее по району		97,84	38,0	5,0	3,0	1,0	50,0	1,0
Коньякский мел								
2	с. Сторожевое	97,93	24,0	21,0	10,0	1,0	39,0	3,0
4	с. Колодежное	98,19	37,0	18,0	6,0	2,0	33,0	2,0
6	с. Верхний Мамон	96,28	30,0	22,0	7,0	2,0	34,0	1,5
8	ст. Казанская	93,71	36,0	19,0	10,0	3,0	22,0	4,0
10	х. Акимовский	90,16	34,0	20,0	7,0	2,0	23,0	4,0
Среднее по району		95,25	32,0	20,0	8,0	2,0	30,0	3,0

Количественная оценка интенсивности карстовой денудации известняковых отложений Центрального Черноземья проведена А.Г. Чикишевым [1979] лишь на отдельных закарстованных территориях в пределах бассейнов рек Красивая Меча, Сосна, Труды, расположенных в среднерусской лесостепи. Подсчеты им были выполнены по карстово-гидрохимическому и карстово-гидрометрическому методам, основанным на учете суммарного стока и содержания в воде породы, выносимой из карстующегося массива (табл. 3).

Приведённые в табл. 3 данные свидетельствуют о том, что скорость карстовой денудации на участках наблюдений изменяется от 9,8 до 14,6 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в год при средней её величине 12,9 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в год.



Таблица 3  
Table 3

Интенсивность карстовой денудации Северо-Среднерусской карстовой провинции [Чикишев, 1979]  
Intensity of karst denudation in the North-Central Russian karst province [Chikishev, 1979]

Река	Пункт	Средняя много-летняя жесткость воды, мг·экв	Средний много-летний расход, м <sup>3</sup> /сек	Интенсивность карстовой денудации, м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup> в год
Красивая Меча	г. Ефремов	4,31	15,65	14,4
Сосна	ст. Беломестная	4,32	28,90	9,8
Труды	д. Стрелка	5,17	5,16	14,6

В денудации известняковой литогенной основы большую роль, наряду с химическим растворением, играет механический размыв (эрозия). В природных условиях коррозия и эрозия обычно действуют одновременно и взаимосвязанно, при этом растворение действует, прежде всего, на спайки зёрен породы, освобождая их от сцепления и облегчая смыв водным потоком. Благодаря этому достаточно прочные известняки сравнительно интенсивно разрушаются [Чикишев, 1979].

Наиболее активная карстовая денудация наблюдается в обнажающихся известняках или залегающих близко от поверхности, что характерно для долин Дона, Воргола, Пальны, Красивой Мечи и некоторых других рек. Распространение здесь многочисленных известняковых обнажений тесно связано с геолого-тектоническим развитием данной территории и врезанием русел рек в глубинные слои горных пород её литогенной основы.

Особая роль в развитии карстовой денудации принадлежит тектонике. Под воздействием тектоники толща известняков во многих местах региона подвержена трещиноватости, сформировавшейся в местах как тектонических поднятий, так и тектонических прогибов. Наличие крупной трещиноватости верхнедевонских известняков создало благоприятные условия для развития денудации, обусловило специфику строения и ориентацию речных долин, балок и оврагов. Территории региона, подстилаемой известняками, свойственны теснины, узкие каньонообразные ущелья с отвесными известняковыми стенками, попеременная асимметрия речных долин, высокая степень извилистости рек. В создании этих форм рельефа наряду с тектоникой большую роль сыграли эрозионные и карстовые процессы. Следы проявления карстовой денудации зафиксированы здесь в морфоскульптуре известняковых массивов в виде разнообразных карстовых форм рельефа, а также микроформ рельефа поверхностного выщелачивания, среди которых широко распространены ячеистые и лунковые карры.

**Интенсивность карстово-меловой денудации** является ключевым фактором литоландшафтогенеза. В свою очередь, она напрямую связана с насыщенностью воды диоксидом углерода. Чем выше его содержание, тем большей химической агрессивностьюобладают природные воды. Наибольшая интенсивность растворения меловых пород наблюдается в лишенных глинистых примесей отложениях. На поверхности монолитной толщи меловых пород следами их химического растворения выступают карры.

Интенсивность карстовых процессов во многом зависит от литологии меловых отложений, и прежде всего таких их свойств, как цементированность, трещиноватость, способность разрушаться при низких температурах и эмульгировать под воздействием воды [Михно, 1993].

По экспериментальным данным Ф.Ф. Лаптева, А.И. Иванова, В.А. Приклонского, Г.А. Максимовича вода с емкостью карбонатов 1 мг/л растворяет от 350 до 750 мг CaCO<sub>3</sub> с

1 м<sup>2</sup> в сутки, при этом суммарная мощность денудации колеблется от 0,4 до 1 мм в год. Скорость растворения мела по сравнению с другими карбонатными породами значительно выше [Окнина, 1965].

В пределах Центрального Черноземья скорость карстовой денудации для многих районов не установлена, что связано, во-первых, с отсутствием фактических данных, а во-вторых, с недостаточной разработанностью полевых методов определения скорости денудации меловых пород.

Имеющиеся опыты обычно строятся на изучении объемов подземного стока и определения количества растворенного в воде карбоната кальция. В этой связи применение подобного подхода нередко затруднено в результате часто наблюдающейся литологической неоднородности в пределах закарстованных массивов, несовпадения топографических и подземных бассейнов вод, разнообразия и непостоянства ландшафтных и антропогенных факторов, воздействующих на развитие карстовой денудации.

В этой связи важным условием объективности исследования является необходимость разграничения подземной и поверхностной карстовой денудации. Для определения скоростей подземной денудации необходимо осуществлять постоянный мониторинг химического состава и расходов воды рек в зимний период или всесезонные наблюдения за карстовыми источниками. В настоящее время таких данных явно не хватает.

Тем не менее, работы подобной направленности проводились. Так, В.Б. Михно была установлена скорость подземной денудации мело-мергельных отложений для юга Среднерусской возвышенности [Михно, 1993]. Ее расчет был основан на формуле, разработанной J. Corbel [1957] и дополненной А.Г. Чикишевым [1973]. Она имеет следующий вид:

$$C = 0,0126 \times M \times T,$$

где  $C$  – скорость карстовой денудации, м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в год, или мм/тысячелетие; 0,0126 – коэффициент, полученный при преобразовании формулы J. Corbel, предложенной для определения скорости карстовой денудации карбонатных пород;  $M$  – модуль стока, л/с на км<sup>2</sup>;  $T$  – содержание CaCO<sub>3</sub> в воде, мг/л (табл. 4).

Проведенные исследования показали, что интенсивность подземной карстовой денудации мела составляет 1,2–4,3 м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup> в год. Очевидно, что в районах современного развития карста он может протекать еще интенсивнее.

**Ландшафтообразующая роль карстовой денудации** носит сложный характер и выступает ведущим звеном в цепи литоландшафтогенеза карбонатных пород Центрального Черноземья. Карст трансформирует литогенную основу ландшафтов, в строении которых принимают участие карбонатные горные породы, оказывает влияние на протекание геоморфологических процессов, формирует оригинальный рельеф, свойственный только территориям с карбонатной литогенной основой (карровые поля, слепые балки, карстовые воронки и др.). Немаловажную роль также играет плоскостная карстовая денудация, интенсивно срабатывающая обнаженные карбонатные горные породы.

Так, установлено [Михно, 1993], что на юге Среднерусской возвышенности скорость денудации поверхности мела достигает 0,15 мм в год. Это позволяет предположить, что за весь неоген-четвертичный период континентального развития рассматриваемой территории обнажающиеся массивы мело-мергельных пород могли быть срезаны более чем на 50 м.

Карстовой денудацией охвачена обширная территория Центрального Черноземья, причем проявляется она здесь длительное время. Свидетельство тому – наличие древних погребенных карстовых форм рельефа в известняках и мело-мергельных породах.



Таблица 4  
 Table 4

Скорость подземной карстовой денудации в мело-мергельных породах  
 Среднерусской возвышенности [Михно, 1990]  
 The rate of underground karst denudation in the chalk-marl deposits  
 of the Central Russian Upland [Mikhno, 1990]

Местоположение карстового источника	Содержание в воде карбоната кальция, в мг/л	Модуль стока, в л/сек на км <sup>2</sup>	Скорость карстовой денудации, м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup> в год
с. Нижний Кисляй (Воронежская обл.)	282,5	0,50	1,8
с. Среднее (Воронежская обл.)	248,0	1,35	4,2
г. Алексеевка (Белгородская обл.)	360,8	0,88	4,0
с. Гремячье (Воронежская обл.): ист. № 1	202,4	1,20	3,1
с. Гремячье (Воронежская обл.): ист. № 2	284,1	1,20	4,3
с. Ильинка (Белгородская обл.)	253,3	0,90	2,9
с. Малое Быково (Белгородская обл.)	319,6	0,92	3,7
с. Колодежное (Воронежская обл.)	193,2	0,51	1,2
с. Белогорье (Воронежская обл.)	220,5	0,47	1,3
с. Знаменка (Белгородская обл.)	210,4	1,26	3,3

Погребенные карстовые формы вскрыты речными долинами, эрозионной сетью, карьерами и геоморфологическими скважинами. Наибольшее их количество было обнаружено на Доно-Оскольском междуречье, где буровые и геофизические исследования позволили выявить около 1000 погребенных карстовых форм [Красненков, 1970].

А.А. Дубянский [1937], А.С. Барков [1938], Н.Х. Платонов [1962], Р.В. Красненков [1970] и другие ученые считают, что карст в Центральном Черноземье впервые проявился в позднем меловом периоде – раннем палеогене, а наибольшей активности достиг в плиоцене. Это подтверждается обнаружением погребенных карстовых воронок, заполненных разновозрастными неогеновыми отложениями. В частности, на территории карьера Лебединского ГОКа (Губкинский район Белгородской области) было выявлено 16 крупных карстовых провалов глубиной до 40 м, среди которых карстовая котловина шириной в поперечнике более 500 м. Р.В. Красненковым [1970] на территории юга Среднерусской возвышенности зафиксировано более 1000 погребенных карстовых форм, в числе которых крупнейшая в регионе карстовая котловина, обнаруженная на востоке Калачской возвышенности, протяженностью около 3 км.

Изменение морфологии рельефа под воздействием карстовой денудации, безусловно, отразилось и на многих других компонентах ландшафтов, имеющих карбонатную литогенную основу. В конечном итоге это привело к формированию качественно иных ландшафтов, обязанных своим происхождением химическому растворению и выносу водой карбонатных пород в виде раствора.

Для карстовых ландшафтов характерно не только разнообразие форм рельефа (карстовых воронок, котловин, пещер, цирковидных балок), но и своеобразие почвенно-растительного покрова (остаточно-карбонатные чернозёмы, сообщества кальцефитной растительной флоры), микроклиматических и гидрологических условий, а также фауны.

Вместе с тем, карстовые ландшафты, как правило, обладают повышенной динамичностью и способны оказывать порой сильное воздействие на смежные ландшафты и экологическую обстановку закарстованных территорий.

### Заключение

Таким образом, карстовая денудация карбонатных пород в ряде районов Центрального Черноземья играет ведущую роль в формировании своеобразных геосистем, представленных известняково-карстовыми и карстово-меловыми ландшафтами. Интенсивность карстовой денудации носит дифференцированный характер и зависит как от естественных, так и антропогенных факторов химического растворения и выноса продуктов растворения водой и ветром. Ландшафтообразующая роль карстовой денудации, в зависимости от степени покрытости карбонатных пород нерастворимыми отложениями, проявляется неодинаково, что, в свою очередь, предопределяет образование различных морфолого-генетических типов карстовых ландшафтов: обнаженных, завуалированных, покрытых, а также подземных. В результате полевых исследований и дешифрирования космических снимков были установлены районы наиболее интенсивного проявления карста, в их числе: низовье реки Сосны, междуречье рек Рясы и Ягодной Рясы, правобережье реки Дон севернее Данкова, левобережье реки Олым в районе с. Покровское, междуречье рек Убли и Котла, Ржавца и Донецкой Сеймицы, верховье реки Тим и ряд других участков. Полученные данные необходимы при решении задач природопользования и оптимизации ландшафтно-экологической обстановки закарстованных территорий Центрального Черноземья.

### Список литературы

1. Барков А.С. 1938. О микроформах карста. Ученые записки географического факультета Московского государственного педагогического института: 3–14.
2. Гвоздецкий Н.А. 1972. Проблемы изучения карста и практика. М., Мысль, 392 с.
3. Дубянский А.А. 1937. Ископаемый карст среди верхнемеловых отложений. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Геологии, 15 (4-С): 297–325.
4. Известняковый Север Среднерусской возвышенности. 1978. Под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 176 с.
5. Красненков Р.В. 1970. Погребённый меловой карст юго-восточной части Среднерусской возвышенности. Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Воронеж, 20 с.
6. Мильков Ф.Н. 1976. Ландшафтные особенности Донского Белогорья. В кн.: Донское Белогорье. Под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета: 5–26.
7. Мильков Ф.Н. 1977. Генезис и генетические ряды ландшафтных комплексов. Землеведение, 12: 5–11.
8. Михно В.Б. 1990. Карстово-меловые геосистемы Русской равнины. Воронеж, Изд-во Воронежского государственного университета, 200 с.
9. Михно В.Б. 1993. Меловые ландшафты Восточно-Европейской равнины. Воронеж, Петровский сквер, 232 с.
10. Михно В.Б. 2005. Районирование карста Центрального Черноземья. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 1: 16–33.
11. Михно, В.Б., Быковская, О.П., Горбунов, А.С. 2020. Региональные особенности литоландшафтогенеза Центрального Черноземья. Региональные геосистемы, 44 (1): 29–40. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-29-40.
12. Носов Г.И. 1957. Литология и инженерно-геологическая характеристика мела долины Дона. В кн.: Труды Совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. Отв. ред. В.А. Приклонский. М., 165–175.



13. Окнина Н.А. 1965. Процессы выщелачивания и диффузного перемещения солей в мелах и мелоподобных породах. Труды лаборатории гидрогеологических проблем им. Ф.П. Саваренского, 44: 89–99.
14. Платонов Н.Х. 1962. Меловой карст восточной части Воронежской антеклизы. В кн.: Общие вопросы картоведения. Отв. ред.: Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Соколов. М., Изд-во Академии наук СССР: 222–233.
15. Чикишев А.Г. 1973. Методы изучения карста. М., Изд-во Московского университета, 92 с.
16. Чикишев А.Г. 1979. Проблемы изучения карста Русской равнины. М., Изд-во Московского университета, 304 с.
17. Corbel J. 1957. Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. In: Étude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires. Lyon, Institut des Études rhodaniennes de l'université de Lyon Publ., 531 p.
18. Ford D., Williams P. 2007. Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 562 p.
19. Gabrovsek F. 2007. On denudation rates in karst. Acta Carsologica. 36 (1): 7–13. DOI: 10.3986/ac.v36i1.203.
20. White W.B. 2007. Evolution and age relations of karst landscapes. Acta Carsologica. 36 (1): 45–52. DOI: 10.3986/ac.v36i1.207.

### References

1. Barkov A.S. 1938. O mikroformakh karsta [About karst microforms]. Uchenye zapiski geograficheskogo fakul'teta Moskovskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta: 3–14.
2. Gvozdetskiy N.A. 1972. Problemy izucheniya karsta i praktika [Problems of karst research and practice]. Moscow, Publ. Mysl', 392 p.
3. DUBYANSKIY A.A. 1937. Iskopaemyy karst sredi verkhnemelovykh otlozheniy [Fossil karst among Upper Cretaceous deposits]. Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel Geologii, 15 (4-C): 297–325.
4. Izvestnyakovyy Sever Srednerusskoy vozvyshennosti [Limestone north of the Central Russian Upland]. 1978. Ed.: F.N. Mil'kov. Voronezh, Publ. Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 176 p.
5. Krasnenkov R.V. 1970. Pogrebennyy melovoy karst yugo-vostochnoy chasti Srednerusskoy vozvyshennosti [Buried Cretaceous karst of the southeastern part of the Central Russian Upland]. Abstract dis. ... cand. geol.-mineral. sciences. Voronezh, 20 p.
6. Mil'kov F.N. 1976. Landshaftnye osobennosti Donskogo Belogor'ya [Landscape features of the Don Belogorye]. In: Donskoe Belogor'e [Don Belogorye]. Ed.: F.N. Mil'kov. Voronezh, Publ. Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 5–26.
7. Mil'kov F.N. 1977. Genezis i geneticheskie ryady landshaftnykh kompleksov [Genesis and genetic series of landscape complexes]. Zemlevedenie, 12: 5–11.
8. Mikhno V.B. 1990. Karstovo-melovye geosistemy Russkoy ravniny [Cretaceous karst geosystems of the Russian Plain]. Voronezh, Publ. Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 200 p.
9. Mikhno V.B. 1993. Melovye landshafty Vostochno-Evropeyskoy ravniny [Cretaceous landscapes of the East European Plain]. Voronezh, Publ. Petrovskiy skver, 232 p.
10. Mikhno V.B. 2005. Rayonirovanie karsta Tsentral'nogo Chernozem'ya [Karst zoning of the Central Chernozemic Region]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Series: Geografiya. Geoekologiya, 1: 16–33.
11. Mikhno V.B., Bykovskaya O.P., Gorbunov A.S. 2020. Regional features of lithological genesis of landscapes of the Central Chernozems region. Regional geosystems, 44 (1): 29–40. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-29-40 (in Russian).
12. Nosov G.I. 1957. Litologiya i inzhenerno-geologicheskaya kharakteristika mela doliny Dona [Lithology and engineering-geological characteristics of chalk of the Don valley]. In: Trudy Soveshchaniya po inzhenerno-geologicheskim svoystvam gornyx porod i metodam ikh izucheniya [Proceedings of the Meeting on engineering-geological properties of rocks and methods of their study]. Ed.: V.A. Priklonskiy. Moscow, 165–175.

13. Oknina N.A. 1965. Protsessy vyshchelachivaniya i diffuznogo peremeshcheniya soley v melakh i melopodobnykh porodakh [Processes of leaching and diffusive movement of salts in chalks and chalk-like rocks]. *Trudy laboratorii gidrogeologicheskikh problem im. F.P. Savarenskogo*, 44: 89–99.
14. Platonov N.Kh. 1962. Melovoy karst vostochnoy chasti Voronezhskoy anteklizy [Cretaceous karst of the eastern part of the Voronezh Antecline]. In: *Obshchie voprosy kartovedeniya [General issues of karst science]*. Ed.: N.A. Gvozdetskiy, N.I. Sokolov. Moscow, Publ. Akademii nauk SSSR: 222–233.
15. Chikishev A.G. 1973. *Metody izucheniya karsta [Methods of karst research]*. Moscow, Publ. Moskovskogo universiteta, 92 p.
16. Chikishev A.G. 1979. *Problemy izucheniya karsta Russkoy ravniny [Problems of studying the karst of the Russian plain]*. Moscow, Publ. Moskovskogo universiteta, 304 p.
17. Corbel J. 1957. Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. In: *Étude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires*. Lyon, Institut des Études rhodaniennes de l'université de Lyon Publ., 531 p.
18. Ford D., Williams P. 2007. *Karst hydrogeology and geomorphology*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, 562 p.
19. Gabrovsek F. 2007. On denudation rates in karst. *Acta Carsologica*. 36 (1): 7–13. DOI: 10.3986/ac.v36i1.203.
20. White W.B. 2007. Evolution and age relations of karst landscapes. *Acta Carsologica*. 36 (1): 45–52. DOI: 10.3986/ac.v36i1.207.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Михно Владимир Борисович**, профессор, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

**Горбунов Анатолий Станиславович**, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и оптимизации ландшафта Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Vladimir B. Mikhno**, professor, doctor of geographical Sciences, Professor of the Department of physical geography and landscape optimization, Voronezh state University, Voronezh, Russia

**Anatoliy S. Gorbunov**, candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department of physical geography and landscape optimization of Voronezh state University, Voronezh, Russia





УДК 556.55(282.256.82)

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-168-182

## Оценка современного состояния озер низовья реки Индигирка

Левина С.Н., Давыдова П.В., Баишева И.А.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,  
Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, 58  
E-mail: levina\_sardan@mail.ru

**Аннотация.** Северо-Восток Якутии представляет собой регион с большим количеством озер, которые достаточно сильно реагируют на внешние изменения окружающей среды и являются крупным резервуаром запасов пресной воды, тем не менее арктические водные экосистемы до сих пор слабоизучены. Исследование морфометрических, гидрохимических характеристик озер позволит получить новые сведения о состоянии водоемов и о его влиянии на жизнедеятельность одной из наиболее чувствительных групп гидробионтов – диатомовых водорослей. Изученные водоемы были сгруппированы по растительным зонам (субарктическая тундра, лесотундра и северная тайга). По происхождению котловин озера являются водно-эрозионными, эрозионно-термокарстовыми, термокарстовыми и ледниковыми. Основная масса озер охарактеризована малой глубиной, вода исследуемых водных объектов ультрапресная, мягкая. В диатомовой флоре озер зарегистрировано 257 видов (в т.ч. 4 разновидности) диатомей, относящихся к 75 родам, 30 семействам и 3 классам, ее структура указывает на относительно малую глубину и размеры исследуемых озер, для воды которых характерны повышенный водородный показатель и малая минерализация. Расчетные значения индекса сапробности позволяют отнести воды озер субарктических территорий и северной тайги к категории чистых, воды озер лесотундры – к категории умеренно загрязненных. Авторами впервые выполнен сбор и составление единой базы данных водоемов бассейна реки Индигирка и осуществлена оценка уровня загрязненности экосистем водоемов реки с применением диатомового анализа. Результаты исследования могут быть использованы как данные о современном состоянии природных водоемов для целей фоновое мониторинга окружающей среды, а также для информационного обеспечения заинтересованных субъектов при реализации хозяйственных и водохозяйственных мероприятий на территории бассейна р. Индигирка.

**Ключевые слова:** озеро, морфометрические параметры, диатомовые водоросли, сапробность, тундра, тайга.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ по заданию №FSRG-2020-0019 и проекта РФФИ-регион 18-45-140053 р\_а «Эволюция природной среды Восточного сектора Арктики в голоцене с применением прокси-индикаторов (на примере Якутии)».

**Для цитирования:** Левина С.Н., Давыдова П.В., Баишева И.А. 2021. Оценка современного состояния озер низовья реки Индигирка. Региональные геосистемы, 45 (2): 168–182. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-168-182

## Assessment of the current state of the lakes in the lower reaches of the Indigirka River

Sardana N. Levina, Paraskovia V. Davydova, Izabella A. Baisheva

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University,  
58 Belinskogo St, Yakutsk, Republic Sakha (Yakutia), 677000, Russia  
E-mail: levina\_sardan@mail.ru

**Abstract.** The North-East of Yakutia is a region with a large number of lakes that react quite strongly to external environmental changes and are a large reservoir of fresh water reserves, however, the Arctic aquatic ecosystems are still poorly studied. The study of the morphometric and hydrochemical characteristics of lakes will provide new information about the state of water bodies and its influence on the vital activity of one of the most sensitive groups of hydrobionts—diatoms. According to the origin of the basins, the lakes are water-erosion, erosion-thermokarst, thermokarst and glacial. The bulk of lakes has very small and shallow depths, the shapes of the basins are nearly rounded (64 %). The water bodies are characterized by size groups from small lakes to medium-sized lakes according to the size of the water surface. The largest water bodies are unique lakes - Suturuokha and Ozhogino. Water of the studied water bodies is ultra-fresh, soft, hydrogen index varies in a wide range: from acidic to alkaline values. 257 species were registered in the diatom flora of the lakes (including 4 species) belonging to 75 genera, 30 families and 3 classes. 11 species were recorded as new for the flora of Yakutia. The share of rare species is 12 %. A comparative analysis according to the number of diatom shells has revealed a relatively stable structure with absolute dominance of benthic forms. There were observed the ubiquitous predominance of salinity indifferent and alkaliphiles preferring a slightly alkaline environment. The structure of diatoms algae complexes indicates the relatively small depth and size of the studied lakes, whose water is characterized by an increased hydrogen index and low mineralization. The calculated values of the saprobity index allow us to classify the waters of the lakes of the subarctic territories and the northern taiga as category clean lakes, and the waters of the lakes of the forest-tundra as moderately polluted. For the first time, the authors collected and compiled a unified database of reservoirs of the Indigirka River basin and assessed the level of pollution of the ecosystems of the river reservoirs using diatom analysis. The results of the study can be used as data on the current state of natural reservoirs for the purposes of background environmental monitoring, as well as for information support of stakeholders in the implementation of economic and water management measures in the territory of the Indigirka River basin.

**Keywords:** lake, morphometric parameters, diatoms, saprobity, tundra, taiga.

**Acknowledgements:** The work is supported by the Russian Ministry of Education and Science №FSRG-2020-0019 and the Russian Foundation for Basic Research grant no. 18-45-140053 r\_a.

**For citation:** Levina S.N., Davydova P.V., Baisheva I.A. 2021. Assessment of the current state of the lakes in the lower reaches of the Indigirka River. Regional geosystems, 45 (2): 168–182 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-168-182

---

### Введение

Биогеографические исследования, основанные на знании экологических особенностей индикаторных организмов и родственных им видов и групп, проводимые с учетом современных физико-географических (климатических, гидрологических, геоморфологических, почвенно-геохимических и т.п.) и палеогеографических характеристик территорий, признаны установить закономерности географического распределения организмов и сообществ, а также причины их структурно-функциональных и исторических особенностей [Второв, Дроздов, 1978]. В качестве индикаторов в биогеографических исследованиях водных объектов успешно применяются диатомовые водоросли. Диатомовые водоросли или диатомеи (отдел Bacillariophyta) – группа водорослей, отличающаяся наличием у клеток своеобразного «панциря», состоящего из диоксида кремния [Белякова и др., 2006].



Диатомеи в водных экосистемах круглый год доминируют над другими микроскопическими водорослями. Они обильны как в планктоне, так и в перифитоне и бентосе. Видовой состав диатомей в водоемах определяется комплексом абиотических факторов, из которых большое значение в первую очередь имеет соленость воды [Pestryakova et al., 2018]. Не менее важным фактором для развития диатомей являются температура, степень освещенности и качество света.

В качестве района исследования выбран бассейн реки Индигирка – один из озерных регионов Республики Саха (Якутия). Территория бассейна реки Индигирки считается относительно заселенным регионом за полярным кругом. Район исследования в палеолимнологическом аспекте совершенно не изучен.

По строению долины и русла, а также по скорости течения река Индигирка делится на два участка: верхний горный (640 км) и нижний равнинный (1086 км). После слияния рек Туора-Юрях и Тарын-Юрях Индигирка течет на северо-запад по наиболее пониженной части Оймяконского нагорья, повернув на север, прорезает ряд горных цепей хребта Черского [Глушков, 1996]. Индигирка протекает от южной до северной границы Республики Саха (Якутия), пересекая четыре географические зоны (с юга на север): таежные леса, лесотундру, тундру и арктическую пустыню.

В настоящее время Индигирка остается одной из главных воднотранспортных артерий на Северо-Востоке России. На ее берегу находится северный полюс холода – поселок Оймякон. В 1933 г. здесь была зарегистрирована температура  $-67,7$  °С.

Климат здесь отличается сухостью и континентальностью. Зимой наблюдается температурная инверсия, когда температура уменьшается с вершин хребтов ( $-34$  ...  $-40$  °С) к понижениям ( $-60$  °С). Лето короткое и прохладное, с частыми заморозками и снегопадами. Средняя температура июля повышается от  $3$  °С в высокогорье до  $13$  °С в некоторых долинах. Осадков от  $300$  до  $700$  мм в год (до  $75$  % их суммы выпадает летом). Повсеместна многолетняя мерзлота. Бассейн реки изобилует озерами и полигональными водоемами.

Водоросли водоемов бассейна реки Индигирка слабо изучены. В 1947 г., с момента образования в г. Якутске базы Академии наук СССР, началось систематическое изучение альгофлоры Якутии [Разнообразие растительного..., 2005]. Основателем альгологических исследований в Якутии Л.Е. Комаренко был собран и обработан региональный флористический материал по составу водорослей отдельных проточных и стоячих водоемов Северной Якутии [Комаренко, 1956, 1957; Васильева, 1980, 1989; Егорова, 1991; Захарова и др., 2004].

Копыриной Л.И. [2010] впервые были исследованы водоросли техногенных водоемов горнодобывающей промышленности в бассейне верхнего течения р. Индигирка в районе предгорья хребта Черского. Автором отмечена специфичность некоторых видов водорослей, обитающих в водоемах-отстойниках. Здесь выявлено 8 новых видов для альгофлоры водоемов Якутии. Обобщающий список современного видового разнообразия водорослей территории Якутии сгруппирован по крупным бассейнам рек [Разнообразие растительного ..., 2005]. Детальное изучение фитопланктона реки Индигирки приведено в монографии В.А. Габышева и О.И. Габышевой [2011; 2018], где для 9 отделов водорослей приведено 306 видов. Наибольшее видовое богатство отмечено для диатомовых ( $46$  % флоры) и зеленых ( $24$  %), водорослей. Из диатомей наиболее богатые по числу видов семейства: *Naviculaceae* ( $10,3$  %), *Fragilariaceae* ( $6,5$  %), *Symbellaceae* ( $5,7$  %), *Eunotiaceae* и *Nitzschiaceae* (по  $3,4$  %), относящиеся к классу *Bacillariophyceae*. Анализ родового спектра водорослей планктона р. Индигирки указывает на неравномерность распределения видов по всему руслу.

Цель работы – оценка современного состояния озер бассейна реки Индигирка с применением видов-индикаторов диатомовых водорослей.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются 42 разнотипных озера, расположенные в трех климатических зонах бассейна реки Индигирка между  $65^{\circ}10'$ – $71^{\circ}10'$  с.ш. и  $143^{\circ}36'$ – $149^{\circ}19'$  в.д., на территории, простирающейся на 694 км с севера на юг и на 202 км с запада на восток (рис. 1). Абсолютные высоты месторасположения озер находятся в пределах от 4 м (Яно-Индигирская низменность) до 596 м (Момский хребет) над уровнем моря. Основная масса изученных озер приурочена к равнинным территориям обширной Яно-Индигирской низменности.

Фактический материал исследования был собран во время полевых работ в период 2006–2019 гг. Количественное выражение размеров озера и их формы, относящиеся к морфометрическим характеристикам водоемов, могут быть рассмотрены в качестве одного из важнейших условий обитания для диатомовых водорослей. В данной работе в качестве исходных данных были приняты параметры, приведенные в табл. 1. В работе также приведена классификация озер по величине площади водной поверхности, по максимальной и средней глубинам, по показателю удлиненности, степени развития береговой линии и по происхождению озерной котловины [Иванов, 1948; Григорьев, 1959; Захаренков, 1964; Жирков, 1983; Китаев, 2007].

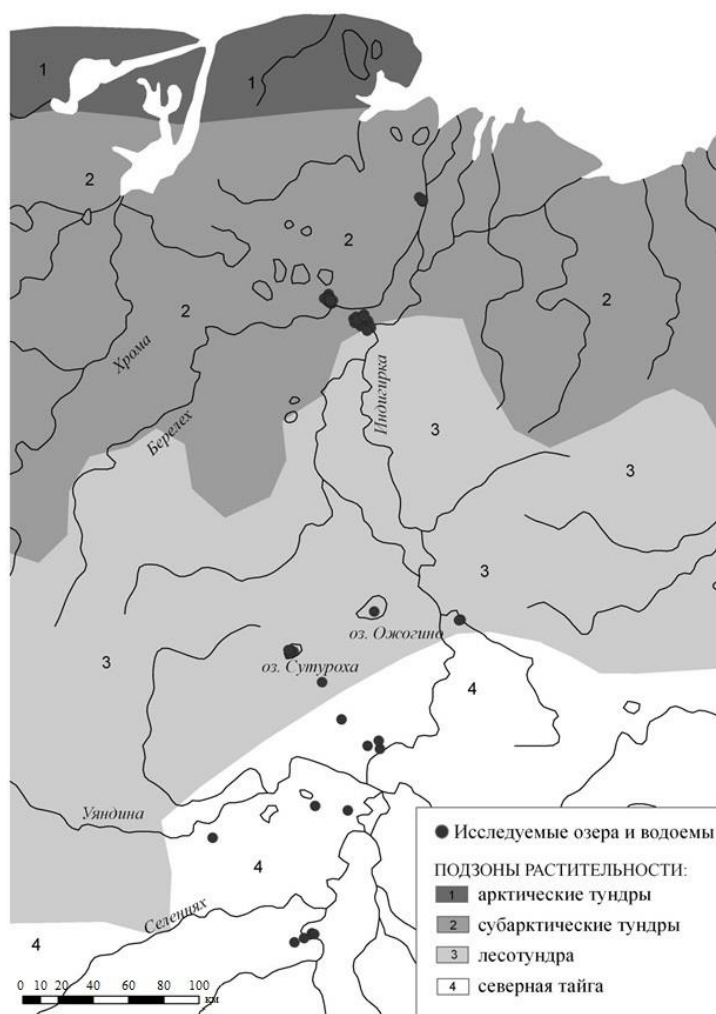


Рис. 1. Местоположение исследуемых озер  
Fig. 1. Location of the study lakes



Таблица 1  
Table 1

Природные особенности исследованных групп озер  
Natural features of the studied groups of lakes

Характеристики озер		Субарктическая тундра (n = 18)	Лесотундра (n = 13)	Северная тайга (n = 11)
Абс. отметка уровня воды, м над уровнем моря (БС)		<u>4–27*</u> 11	<u>11–49</u> 39	<u>25–596</u> 88
Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>		<u>0,005–3,59</u> 0,70	<u>0,1–157</u> 55,61	<u>0,08–7,14</u> 1,47
Приблизительный объем, млн. м <sup>3</sup>		<u>0,000004–0,0057</u> 0,001	<u>0,0001–0,7850</u> 0,10	<u>0,0001–0,0071</u> 0,0013
Длина береговой линии, км		<u>0,2–13,2</u> 2,8	<u>1,4–54</u> 26,6	<u>1,2–21,8</u> 6,2
Длина озера, км		<u>0,1–28,0</u> 2,3	<u>0,6–19,3</u> 9,8	<u>0,3–6</u> 2,6
Ширина, км	средняя	<u>0,1–2</u> 0,5	<u>0,43–12</u> 5,7	<u>0,2–2,8</u> 1
	наибольшая	<u>0,1–1,4</u> 0,3	<u>0,2–8,1</u> 4,1	<u>0,2–4,2</u> 0,7
Наибольшая глубина, м		<u>1,5–5,2</u> 3,2	<u>3,0–15,0</u> 3,2	<u>1,1–3,3</u> 2,3
Показатель удлиненности		<u>1,3–328,2</u> 20,3	<u>1,6–4,4</u> 2,6	<u>0,4–20,7</u> 8,3
Изрезанность береговой линии		<u>0,98–2,40</u> 1,20	<u>1,18–1,59</u> 1,24	<u>1,14–2,30</u> 1,52
Прозрачность воды, м		<u>0,3–2,8</u> 1,8	<u>0,3–2,5</u> 0,5	<u>0,18–1,0</u> 0,4
Общая жесткость, мг-экв/л		<u>0,0–0,9</u> 0,2	<u>0,3–0,5</u> 0,3	<u>0,6–2,2</u> 1,1
рН		<u>4,0–8,6</u> 7,0	<u>7,2–9,0</u> 8,1	<u>6,02–8,8</u> 7,5
Минерализация воды, мг/л		<u>16,5–119,0</u> 73,4	<u>61,6–155,3</u> 81,7	<u>54,1–247,2</u> 123,4

Примечание: здесь и далее в числителе минимум – максимум, а в знаменателе – среднее значение конкретного показателя; серым цветом обозначены показатели, имеющие максимальные значения.

Диатомовый анализ верхнего неконсолидированного слоя (0–1 см) озерных осадков был выполнен по общепринятой количественной методике [Общие закономерности ..., 1986]. Постоянные препараты изучали под световым микроскопом Axio Imager.A2 (фирмы Carl Zeiss) с использованием иммерсионного объектива ахромат 100×/1,25× (окуляр Р1 10×/23×). Для выявления структурных особенностей диатомовых комплексов водоемов определяли процентное содержание особей каждого вида в выборке из 500 и более створок, подсчитанных по горизонтальному ряду в средней части препарата. По относительному обилию виды диатомовых подразделялись на доминанты (встреченные в пробах в количестве 10 % и более) и субдоминанты (от 5 до 10 %), составляющие «массовые» виды. Обычными видами считались таксоны, насчитывающие от 1 до 5 %, единичные или редкие – менее 1 % общей численности особей диатомей. При составлении таксономиче-

ского списка водорослей учитывались современные номенклатурные разработки с учетом системы Round, Grawford, Mann [Round et al., 1990; Krammer, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, 2001; Hekansson, 2002; и др.].

Для оценки современного состояния и выявления уровня трофности озер применен метод Пантле-Букка в модификации Сладечека [Sládeček, 1973, 1986], где определяется частота встречаемости ( $h$ ) организмов в комплексе. Обе величины входят в формулу для вычисления индекса сапробности:  $Ind S = \sum(Sh) / \sum h$ . Принадлежность диатомей-индикаторов к той или иной зоне сапробности определялась по спискам сапробных организмов [Макрушин, 1974; Унифицированные методы, 1976, 1977; Denus L., 1991; Баринова, Медведева, 1996]. Перечисленные характеристики зон сапробности также включены в ГОСТ [17.1.3.07-82], в экспертную систему определения класса качества вод.

### Результаты и их обсуждение

Изученные водоемы были сгруппированы по типам растительности: субарктические (43 % озер), озера лесотундры (31 %) и северной тайги (26 %) (см. рис. 1).

По основным морфометрическим показателям значительно выделяются озера, расположенные в лесотундровой зоне (см. табл. 1). В частности, здесь расположены два крупных уникальных озера региона, такие как Ожогоино (157,0 км<sup>2</sup>) и Сутуруоха (70,6 км<sup>2</sup>), имеющие предположительно ледниковое происхождение [Пестрякова и др., 2015]. Морфометрические характеристики этих озер почти в 2–4 раза превышают значения других озер, образуя сильную вариацию всей выборки.

Отличительная особенность водоемов, расположенных в зоне северной тайги – высокое положение озер над уровнем моря (до 596 м) и сильная изрезанность (расчлененность) их береговой линии. Озера субарктической тундры отличаются значительной вытянутостью озерных котловин и высокими значениями прозрачности воды.

Общеизвестно, что в Якутии преобладают мелководные термокарстовые озера (с глубиной не более 3,0 м) [Пестрякова, 2008]. Максимальная глубина изученных водоемов колебалась от 1,1 (Ю–18) до 15 м (Ю–42 или оз. Ожогоино). Прозрачность воды по диску Секки изменялась в диапазоне от 0,18 до 2,8 м. Наибольшая прозрачность характерна для озер субарктической тундры.

По классификации С.П. Китаева, значительная часть (74 %) озер обладает очень малой (меньше 3,12 м) глубиной (табл. 2). Незначительная глубина почти всех озер района исследований обусловлена, прежде всего, суровыми природно-климатическими условиями региона, повсеместным распространением многолетней мерзлоты, где сезонно-талый слой не превышает 0,4–0,8 м.

По величине площади водной поверхности изученные озера распределились неравномерно по природным зонам. Большинство озер субарктической тундры оказались малыми (33,3 %) и небольшими (44,4 %). Последние характерны и для северной тайги (54,5 %). В лесотундре преобладают средние озера (61,5 %).

По коэффициенту удлиненности можно судить о вытянутости озерной котловины. Этот показатель в нашем наборе менялся от 1,3 до 20,0. Согласно выполненным расчетам, большинство озер (64 %) имеют близкие к округлым формам котловины, преобладание такой формы отмечено в зонах субарктической тундры (66,7 %) и лесотундры (84,6 %). В зоне северной тайги наиболее многочисленными являются удлиненные озера (45,5 %).

Практически все изученные озера р. Индигирки имеют «очень мягкую» воду, однако наибольшими и наименьшими средними значениями общей жесткости обладают соответственно водоемы северной тайги и субарктической тундры. Водородный показатель (рН) варьирует в пределах от 4,0 (кислая среда) до 9,0 (щелочная). При этом преобладали озера с нейтральной и слабощелочной средой (26 % и 45 % соответственно). Наибольшая вариативность рН характерна для озер субарктической тундры, в то время как практиче-



ски все водные объекты лесотундры характеризуются щелочными значениями рН. По минерализации воды все озера являются ультрапресными (минерализация ниже 250 мг/л). Количество растворенных в воде озер солей демонстрирует широтные изменения. Водоемы с наибольшей минерализацией расположены в зоне северной тайги, с наименьшей – в субарктической тундре. Озера лесотундры характеризуются промежуточным положением по средним значениям минерализации.

Таблица 2  
Table 2

Классификация озер по морфометрическим параметрам  
Classification of lakes according to morphometric parameters

Показатель водоема	Субарктическая тундра ( $n = 18$ )	Лесотундра ( $n = 13$ )	Северная тайга ( $n = 11$ )
по величине площади водного зеркала [по П.В. Иванову и И.С. Захаренкову]			
озерки (0,001–0,01 км <sup>2</sup> )	1	–	–
маленькие (0,01–0,1 км <sup>2</sup> )	6	–	3
малые (0,1–1,0 км <sup>2</sup> )	<b>8</b>	4	2
небольшие (1,0–10,0 км <sup>2</sup> )	3	–	<b>6</b>
средние (10–100 км <sup>2</sup> )	–	<b>8</b>	–
большие (100–1000 км <sup>2</sup> )	–	1	–
по максимальной глубине [по С.П. Китаеву]			
с очень малой глубиной (меньше 3,12 м)	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
с малой глубиной (3,12–6,25 м)	7	2	1
со средней глубиной (6,25–12,5 м)	–	–	–
с повышенной глубиной (12,5–25 м)	–	1	–
по средней глубине [по С.П. Китаеву]			
очень малые (меньше 2 м)	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>11</b>
малые (2–4 м)	–	–	–
средние (4–8 м)	–	1	–
по коэффициенту удлиненности ( $K_{удл}$ ) [по С.В. Григорьеву]			
округлая ( $K_y < 1,5$ )	3	–	2
близкая к округлой ( $K_y = 1,5–3,0$ )	<b>12</b>	<b>11</b>	4
близкая к овальной ( $K_y = 3,0–5,0$ )	2	2	–
овально-удлиненная ( $K_y = 5,0–7,0$ )	–	–	–
удлиненная ( $K_y = 7,0–10,0$ )	1	–	<b>5</b>
по степени развития береговой линии			
круглое озеро ( $< 2$ )	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>9</b>
слабоизрезанные (2,0–6,0)	1	–	2

Наиболее перспективным объектом для оценки качества вод и состояния экосистем в целом являются водоросли, которые встречаются практически везде, где есть вода. Из них диатомовые водоросли создают основной фон фитопланктона водоемов. На их долю в течение значительного отрезка вегетационного периода приходится существенная часть общей численности, а по биомассе они преобладают постоянно. Для водоемов Якутии характерно преобладание диатомовых водорослей [Комаренко, Васильева, 1975]. При изме-

нении содержания органического вещества в воде изменяется видовой состав водорослей и, как правило, их обилие, т.е. таксоны, которые, являются видами-индикаторами.

В поверхностных осадках исследованных водоемов обнаружено 257 видов (в т.ч. 4 разновидности) диатомей, относящихся к 75 родам, 30 семействам и 3 классам Bacillariophyta. Из них самый многочисленный класс Bacillariophyceae включает 12 порядков, 27 семейств, 67 родов, 239 видов (93 % от общего числа видов).

Наиболее распространенным семейством в исследованных озерах были Cymbellaceae (8 родов), Naviculaceae (7), Achnantheaceae и Stephanodiscaceae (по 6). Из класса Coscinodiscophyceae следует выделить лишь род *Aulacoseira*, включающий 0,3 % от общего видового разнообразия флоры.

Ведущими родами диатомей являются *Eunotia*, *Pinnularia* (по 15 видов), *Gomphonema* и *Navicula* (по 12 видов) и *Nitzschia* (11 видов). Доля одно- и двувидовых родов равна 61,3 %.

Впервые для флоры Якутии обнаружено 11 новых видов диатомей: *Achnanthes coarctata* (Brébisson ex W. Smith) Grunow, *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) J.B. Petersen, *Geissleria similis* (Hustedt) J.Y. Li & Y.Z. Qi, *Hippodonta costulata* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski, *Pinnularia semicrucata* (Schmidt) A. Cleve, *Planothidium joursacense* (Héribaud-Joseph) Lange-Bertalot, *P. peragalloi* (Brun & Hérib.) Round & Bukht., *Sellaphora medioconvexa* Hustedt, *Stauroneis prominula* (Grunow ex Cleve) Hustedt, *Staurosira dubia* (Grunow) Edlund, *Staurosirella pinnata* var. *trigona* (Brun & Héribaud-Joseph) Aboal & P.C. Silva. Из общего числа видов 12 % относились к «редким» таксонам для флоры Якутии.

Анализ сравнения диатомовой флоры по растительным зонам показал, что наибольшим видовым разнообразием обладали озера, расположенные в зоне субарктической тундры (177 видов), на втором месте – лесотундровые озера (150 видов), затем – водоемы северной тайги (140 видов).

В изученных озерах насчитывается 32 доминантных вида (12 % от общего числа видов), 41 – субдоминант (16 %). Из них самыми активными и постоянными оказались виды: *Staurosira venter* (встречается как доминант в 50 % озер), *Staurosirella pinnata* (в 29 %) и *Tabellaria flocculosa* (в 25 %). Все три вида – типичные массовые виды водоемов Якутии. Из них *Tabellaria flocculosa* характерен для торфяных болот и моховых подушек Севера и гор. В нашем наборе он доминировал в озерах субарктической тундры.

Для выявления природных условий, в которых формировался тот или иной диатомовый комплекс конкретного водоема, успешно применяется метод суммарного подсчета створок диатомей по экологическим группировкам [Давыдова, 1985] (табл. 3).

Сравнительный анализ численности створок диатомей показал относительно стабильную структуру комплексов отдела Bacillariophyta с абсолютным доминированием бентосных форм (донных и обрастателей), индифферентов по отношению к солености (66–75 %) и алкалифилов (45–70 %), предпочитающих слабощелочную среду. Следует отметить, что наибольшая численность планктонных форм (до 31 %) отмечена в озерах лесотундровой зоны. Особенности диатомовых комплексов указывают на относительно малую глубину и размеры озерных котловин, низкую минерализацию и повышенный pH воды.

Географический анализ видового спектра флор изученных озер представлен почти одинаковой долей участия бореальных форм и видов-космополитов. В количественном составе преобладают космополиты, характеризующиеся широким географическим ареалом, высокой пластичностью и выносливостью по отношению к действию факторов окружающей среды, что указывает на нестабильное состояние уровня режима водоемов [Пестрякова, 2008].

Сопоставление минерализации озер с экологическими группами диатомей по отношению к солености воды не демонстрирует четкой закономерности в приуроченности





высокой доли галофильных диатомей к воде с повышенной минерализацией, а также роста доли галофобных диатомей по мере сокращения минерализации воды. Наиболее минерализованные воды, однако, характеризуются высокой долей галофильных диатомей и низкой долей или отсутствием галофобов. Тяготеющие к водам с повышенной минерализацией мезогалобы присутствуют в незначительных количествах (менее 2 %) и лишь в озерах с минерализацией не ниже 73 мг/л.

Таблица 3  
Table 3

Эколого-географическая характеристика флоры диатомовых комплексов  
Ecological and geographical characteristics of the diatoms flora

Группы	Субарктическая тундра (n = 18)		Лесотундра (n = 13)		Северная тайга (n = 11)	
	1*	2**	1	2	1	2
<i>по местообитанию</i>						
Донные	47	31	49	21	50	69
Обрастатели	43	61	43	47	43	28
Планктонные	10	8	9	31	7	3
<i>категория галобности</i>						
Галофилы	8	9	8	15	9	17
Индифференты	69	66	70	75	66	72
Галофобы	9	20	11	7	11	7
Неясная экология	12	5	10	3	12	4
<i>категория индикаторов pH</i>						
Алкалибионты	6	4	3	1	6	2
Алкалифилы	40	45	42	69	45	70
Нейтрофилы	18	17	24	11	20	16
Ацидофилы	17	27	15	8	12	9
Ацидобионты	1	2	1	-	2	1
Неясная экология	19	6	14	10	14	3
<i>биогеография</i>						
Арктоальпийские	9	4	10	1	9	1
Бореальные	40	34	37	39	41	41
Космополиты	40	60	44	57	38	55
Неясной географии	11	3	9	3	12	4

Примечание: \* – доля в % по числу видов; \*\* – доля в % по численности створок.

Сопоставление значений водородного показателя воды исследуемых озер и диатомовых водорослей-индикаторов pH не позволило установить выраженных тенденций в изменении долей индикаторных групп при изменении водородного показателя, при этом наиболее высокие доли ацидофильных и наименьшие количества алкалифильных диатомей приурочены к озерам с наиболее низким pH (Ю41 и Ю32).

Отсутствие ярко выраженных взаимосвязей между характеристиками воды и соответствующими индикаторными группами диатомей может быть объяснено особенностями методики отбора полевого материала: измеренные в полевых условиях физико-химические параметры воды характеризуют состояние воды в конкретный момент време-

ни, в то время как отбор проб диатомей донных отложений позволяет получить состав указанной группы водорослей, обобщенный за ряд лет.

С целью определения качества воды исследуемых озер произведены расчеты индексов сапробности по методу Пантле-Букка-Сладечека. Для этих целей использовано 140 видов диатомей-индикаторов сапробности, что составляет более половины списка видов и разновидностей. Из них 24,9 % характеризуют бета-мезосапробную зону, 17,1 % – олигосапробную, 7,8 % – ксеносапробную. Наряду с ними 4,3 % диатомей характерны для альфа-мезосапробных водоемов.

Расчетные индексы сапробности по диатомеям для изученных озер колеблются от 0,73 до 1,73 (табл. 4).

Таблица 4  
Table 4

Классы качества вод изученных озер в зависимости от индексов сапробности  
Water quality classes of the studied lakes depending on the saprobity indices

Показатель	Группы озер		
	субарктические	лесотундры	северной тайги
Минимум значения сапробности	0,73	1,31	0,92
Максимум значения сапробности	1,54	1,73	1,69
Средний индекс сапробности	1,25	1,56	1,48
Зона самоочищения	олигосапробная	бета-мезосапробная	олигосапробная
Класс качества вод	2	3	2
Уровень загрязненности водоема	чистые	умеренно загрязненные	чистые

Озера субарктических территорий и северной тайги по уровню загрязненности оказались «чистыми». Для озер лесотундры класс качества вод относится к третьему, а водоемы оказались умеренно загрязненными (рис. 2).

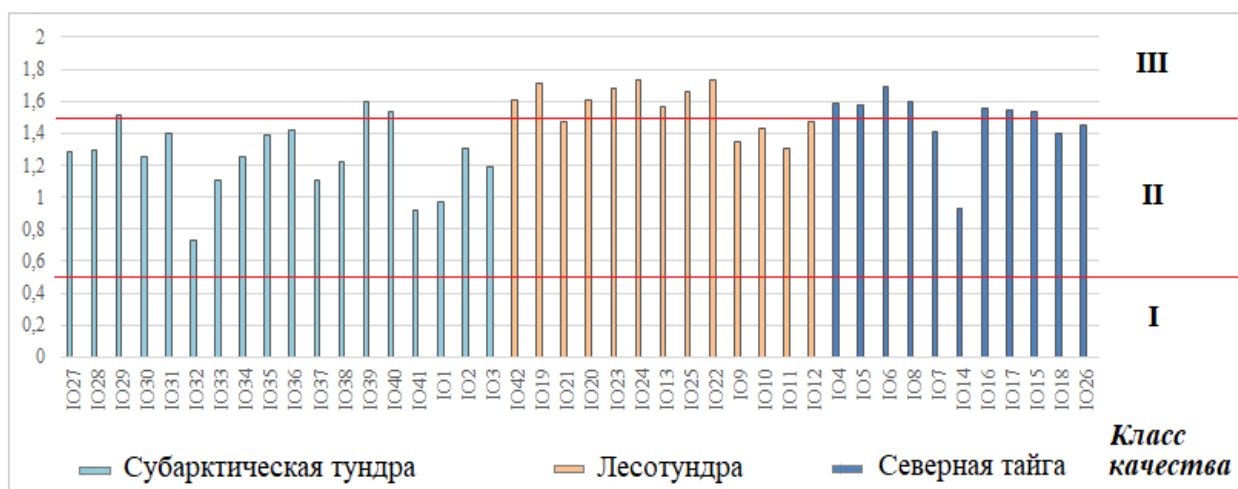


Рис. 2. Оценка сапробности изученных водоемов и их класс качества  
Fig. 2. Assessment of the saprobity of the studied reservoirs and their quality class



Таким образом, для выявления природных условий, в которых формировался тот или иной диатомовый комплекс, был применен метод суммарного подсчета створок диатомей по экологическим группировкам, также подсчитана доля участия в комплексе диатомей различной галобности, отношения к рН среде, географического распространения. Преобладание той или иной экологической группы позволяет с достаточной объективностью судить о характере изменения водосборного бассейна и условиях среды. Также для определения качества воды водоемов проведен сапробиологический анализ поверхностных вод, который занимает одно из главных мест среди биологических методов анализа поверхностных вод. Так как диатомовые водоросли встречаются практически везде, где есть вода, и всегда преобладают по биомассе, они являются хорошими видами-индикаторами.

### Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие обобщения и выводы:

- исследуемые озера бассейна р. Индигирка характеризуются, главным образом, малыми размерами и очень малой глубиной, имеют форму, близкую к округлой (64 %);
- по своим морфометрическим параметрам значительно выделяются оз. Ожогоино (Ю–42) и оз. Сутуруоха (Ю–13), они могут быть отнесены к числу крупнейших озер Якутии;
- в большинстве случаев озерная вода является ультрапресной, мягкой с преобладанием нейтральной и слабощелочной среды;
- диатомовая флора изученных озер, представляющих собой важную группу индикаторов состояния окружающей среды, включает 257 видов (в т. ч. 4 разновидности) из 75 родов, 30 семейств, 15 порядков и 3 классов, что составляет 18 % всей флоры диатомовых водорослей Якутии, в т.ч. впервые обнаружены 11 видов – новые для флоры региона;
- особенности диатомовых комплексов указывают на относительно малую глубину и размеры озерных котловин, низкую минерализацию и повышенный рН воды, а также природно-климатические условия района исследования, характеризующиеся морозным арктическим климатом;
- по степени органической нагрузки воды озера субарктических территорий и северной тайги относятся к категории чистых, а мелководные озера лесотундры, в основном, отнесены к водоемам с умеренно загрязненными водами.

### Список источников

1. Баринаева С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей-индикаторов сапробности российского Дальнего Востока. Владивосток, Дальнаука, 364с.
2. Белякова Г.А., Дьяков Ю.Т., Тарасов К.Л. 2006. Водоросли и грибы. Ботаника: в 4 тт. М., Издательский центр «Академия», 320 с.
3. Второв П.П., Дроздов Н.Н. 1978. Биогеография. М., Просвещение, 270 с.
4. Глушков А.В. 1996. 100 рек Якутии. Якутск, ЯНЦ СО РАН, 368 с.
5. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. Введ. 1984-01-01. М., Изд-во стандартов, 10 с.

### Список литературы

1. Васильева И.И. 1980. Альгофлора водоемов субарктической тундры в районе стационара «Походск». В кн.: Васильева И.И., Ремигайло П.А. Растительность и почвы субарктической тундры. Новосибирск, Наука: 92–104.
2. Васильева И.И. 1989. Водоросли водоемов криолитозоны СССР: систематический состав, экология, распространение (на примере Якутии). Автореф. дис ... докт. биол. Наук. Кишинев, 50 с.

3. Габышев В.А., Габышева О.И. 2018. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири. Под ред. Л.Г. Корневой. Новосибирск, Изд. АНС «СИБАК», 414 с.
4. Габышев В.А., Габышева О.И. 2011. Особенности развития фитопланктона и физико–химических свойств воды р. Индигирка. Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН, 3: 42–50.
5. Григорьев С.В. 1959. О некоторых определениях и показателях в озероведении. В кн.: Материалы по гидрологии (лимнологии) Карелии. Вып. 18. Петрозаводск, Государственное издательство Карельской АССР: 29–45.
6. Давыдова Н.Н. 1985. Диатомовые водоросли – индикаторы экологических условий водоемов в голоцене. Л., Наука, 244 с.
7. Егорова А.А., Васильева И.И., Степанова Н.А., Фесько Н.Н. 1991. Флора тундровой зоны Якутии. Якутск, Изд-во ЯНЦ СО РАН, 186 с.
8. Жирков И.И. 1983. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов озер криолитозоны (на примере Центральной Якутии). В кн.: Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны. Якутск, ЯГУ: 4–47.
9. Захаренков И.С. 1964. О лимнологической классификации озер Белоруссии. В кн.: Биологические основы рыбного хозяйства на внутренних водоемах Прибалтики. Минск: 175–176.
10. Захарова В.И., Исаев А.П., Иванова Е.И., Сосина Н.К., Михалева Л.Г., Чикидов И.И. 2004. Растительный покров, флора и микобиота среднего течения р. Молодо. В кн.: Экологическая безопасность при разработке россыпных месторождений алмазов. Якутск, Сахаполиграфиздат: 133–142.
11. Иванов П.В. 1948. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине. Бюллетень ЛГУ, 20: 29–36.
12. Китаев С.П. 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 394 с.
13. Комаренко Л.Е. 1957. К изучению флоры водорослей реки Индигирки. Известия Восточных филиалов АН СССР, 4–5: 203–219.
14. Комаренко Л.Е. 1956. Флора водорослей бассейна среднего течения реки Лены и реки Индигирки. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 19с.
15. Комаренко Л.Е., Васильева И.И. 1975. Пресноводные диатомовые и синезеленые водоросли водоемов Якутии. М., Наука, 424 с.
16. Копырина Л.И. 2010. Водоросли водоемов-отстойников бассейна верхнего течения реки Индигирки (северо-восточная Якутия). Вестник Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова, 7 (4): 10–15.
17. Макрушин А.В. 1974. Биологический анализ качества вод. Л., Зоологический институт РАН, 63 с.
18. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения озер. 1986. Серия: История озер СССР. Отв. редактор Д.Д. Квасов. Л., Наука, 256 с.
19. Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Потахин М.С., Фролова Л.А., Ушницкая Л.А., Ядрихинский И.В., Троева Е.И. 2015. Палеолимнологические и палеоэкологические исследования озера Сутуруоха (бассейн реки Индигирки). Общество. Среда. Развитие, 4: 190–195.
20. Пестрякова Л.А. 2008. Диатомовые комплексы озер Якутии. Якутск, Изд-во ЯГУ, 173 с.
21. Разнообразие растительного мира Якутии. 2005. Ред. В.И. Захарова и др. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 326 с.
22. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. 1976. М., Изд-во СЭВ, 185 с.
23. Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Приложение 1: Индикаторы сапробности. 1977. М., Изд-во СЭВ, 92 с.
24. Denus L. 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. Belgium, Ministerie van Economische Zaken, 93 p.



25. Hekansson H.A. 2002. Compilation and evaluation of species in the genera *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family *Stephanodiscaceae*. *Diatom Research*, 17 (1): 1–139. DOI: 10.1080/0269249X.2002.9705534.
26. Krammer K. 2003. *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 529 p.
27. Krammer K. 2002. *Diatoms of Europe: Cymbella*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 584 p.
28. Krammer K. 2000. *Diatoms of Europe. The Genus Pinnularia*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 703 p.
29. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto, 10 Genera Separated from Navicula sensu lato, Frustulia*. Königstein, A.R.G. Gantner Verlag, 526 p.
30. Pestryakova L.A., Herzsuh U., Gorodnichev R., Wetterich S. 2018. The sensitivity of diatom taxa from Yakutian lakes (north-eastern Siberia) to electrical conductivity and other environmental variables. *Polar Research*, 37 (1):1485625. DOI: 10.1080/17518369.2018.1485625.
31. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. New York, Cambridge University Press, 747 p.
32. Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 14 (5): 555–566. DOI: 10.1002/ahch.19860140519.
33. Sládeček V. 1973. *System of water quality from the biological point of view*. Stuttgart, Schweizerbart, 218 p.

## References

1. Vasil'eva I.I. 1980. Al'goflora vodoemov subarkticheskoy tundry v rayone statsiona-ra «Pokhodsk» [Algoflora of water bodies of the subarctic tundra in the area of the stationary "Pokhodsk"]. In: Vasil'eva I.I., Remigaylo P.A. *Rastitel'nost' i pochvy subarkticheskoy tundry* [Vegetation and soils of the subarctic tundra]. Novosibirsk, Nauka: 92–104.
2. Vasil'eva I.I. 1989. Vodorosli vodoemov kriolitozony SSSR: sistemicheskiy sostav, ekologiya, rasprostraneniye (na primere Yakutii) [Algae of water bodies of the permafrost zone of the USSR: systematic composition, ecology, distribution (on the example of Yakutia)]. Abstract. Dis ... dokt. biol. nauk. Kishinev, 50 p.
3. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. 2018. Phytoplankton of the largest rivers of Yakutia and adjacent territories of Eastern Siberia. Ed. L.G. Korneva. Novosibirsk, Publ. SibAK, 414 p. (in Russian).
4. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. 2011. The Development Trends of Phytoplankton and Physicochemical Properties of the Indighirka R. *Water. Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*, 3: 42–50 (in Russian).
5. Grigor'ev S.V. 1959. O nekotorykh opredeleniyakh i pokazatelyakh v ozerovedenii [On some definitions and indicators in lake science]. In: *Materialy po gidrologii (limnologii) Karelii* [Materials on hydrology (limnology) of Karelia]. Vol. 18. Petrozavodsk, Gosudarstvennoye izdatelstvo Karelskoy ASSR, 29–45.
6. Davydova N.N. Diatomovye vodorosli – indikatory ekologicheskikh usloviy vodoemov v golotsene [Diatoms – indicators of the ecological conditions of water bodies in the Holocene]. Leningrad, Publ. Nauka, 244 p.
7. Egorova A.A., Vasil'eva I.I., Stepanova H.A., Fes'ko H.H. 1991. *Flora tundrovoy zony Yakutii* [Flora of the tundra zone of Yakutia]. Yakutsk, Publ. YaNTs SO RAN, 186 p.
8. Zhirkov I.I. 1983. Morfogeneticheskaya klassifikatsiya kak osnova ratsional'nogo ispol'zovaniya, okhrany i vosproizvodstva prirodnykh resursov ozer kriolitozony (na primere Tsentral'noy Yakutii) [Morphogenetic classification as the basis for the rational use, protection and reproduction of natural resources of permafrost lakes (on the example of Central Yakutia)]. In: *Voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov raznotipnykh ozer kriolitozony* [Issues of rational use and protection of natural resources of various types of lakes in the permafrost zone]. Yakutsk, Publ. YGU: 4–47.
9. Zakharenkov I.S. 1964. O limnologicheskoy klassifikatsii ozer Belorussii [Limnological classification of lakes in Belarus]. In: *Biologicheskie osnovy rybnogo khozyaystva na vnutrennikh vodoemakh Pribaltiki* [Biological foundations of inland fisheries in the Baltics]. Minsk: 175–176.

10. Zakharova V.I., Isaev A.P., Ivanova E.I., Sosina N.K., Mikhaleva L.G., Chikidov I.I. 2004. Rastitel'nyy pokrov, flora i mikrobiota srednego techeniya r. Molodo [Vegetation cover, flora and mycobiota of the middle reaches of the river Molodo]. In: *Ekologicheskaya bezopasnost' pri razrabotke rossypanykh mestorozhdeniy almazov* [Environmental safety in the development of alluvial diamond deposits]. Yakutsk, Publ. Sakhapoligrafizdat: 133–142.
11. Ivanov P.V. 1948. Klassifikatsiya ozer mira po velichine i po ikh sredney glubine [Classification of the world's lakes by size and by their average depth]. *Byulleten' LGU*, 20: 29–36.
12. Kitaev S.P. 2007. *Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ikhtiologov* [Fundamentals of Limnology for Hydrobiologists and Ichthyologists]. Petrozavodsk, Publ. Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 394 p.
13. Komarenko L.E. 1957. K izucheniyu flory vodorosley reki Indigirki [To the study of the flora of the Indigirka River algae]. *Publ. Izvestiya Vostoch nykh filialov AN SSSR*, 4–5: 203–219.
14. Komarenko L.E. 1956. Flora vodorosley basseyna srednego techeniya reki Leny i re-ki Indigirki [Flora of algae in the basin of the middle reaches of the Lena River and the Indigirka River]. *Abstract. dis. ... kand. biol. nauk. Leningrad*, 19 p.
15. Komarenko L.E., Vasil'eva I.I. 1975. *Presnovodnye diatomovye i sinezelenye vodo-rosli vodoemov Yakutii* [Freshwater diatoms and blue-green algae of water bodies of Yakutia]. Moscow, Publ. Nauka, 424 p.
16. Kopyrina L.I. 2010. Algae of Settling Water Basins of the Upper Indigirka River (North-Eastern Yakutia). *Vestnik of North-Eastern Federal University*, 7 (4): 10–15 (in Russian).
17. Makrushin A.V. 1974. *Biologicheskii analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality]. Leningrad, Zoologicheskii institut RAN, 63 p.
18. *Obshchie zakonomernosti vzniknoveniya i razvitiya ozer. Metody izucheniya ozer. Seriya: Istoriya ozer SSSR* [General laws of the emergence and development of lakes. Methods for studying lakes. Series: History of the lakes of the USSR]. 1986. Ed. D.D. Kvasov. Leningrad, Publ. Nauka, 256 p.
19. Pestryakova L.A., Subetto D.A., Potakhin M.S., Frolova L.A., Ushnitskaya L.A., Yadrikhinskiy I.V., Troeva E.I. 2015. Paleolimnologicheskie i paleoekologicheskie issledovaniya ozera Suturuokha (basseyn reki Indigirki) [Paleolimnological and paleoecological studies of Lake Suturuokha (basin of the Indigirka River)]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*, 4: 190–195.
20. Pestryakova L.A. 2008. Diatomovye komplekсы ozer Yakutii [Diatom complexes of the lakes of Yakutia]. Yakutsk, Publ. YaGU, 173 p.
21. *Raznoobrazie rastitel'nogo mira Yakutii* [Diversity of the flora of Yakutia]. 2005. Ed. V.I. Zakharova et al. Novosibirsk, Publ. SO RAN, 326 p.
22. *Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod. Metody biologicheskogo analiza vod* [Unified methods for the study of water quality. Methods for biological analysis of waters]. 1976. Moscow, Publ. SEV, 185 p.
23. *Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod. Metody biologicheskogo analiza vod. Prilozhenie 1: Indikatory saprobnosti* [Unified methods for the study of water quality. Methods for biological analysis of waters. Appendix 1: Indicators of saprobity]. 1977. Moscow, Publ. SEV, 92 p.
24. Denus L. 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal planin with a survey of their apparent ecological requirments. Belgium, Ministerie van Economische Zaken, 93 p.
25. Hekansson H.A. 2002. Compilation and evaluation of species in the genera *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family *Stephanodiscaceae*. *Diatom Research*, 17 (1): 1–139. DOI: 10.1080/0269249X.2002.9705534.
26. Krammer K. 2003. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 529 p.
27. Krammer K. 2002. *Diatoms of Europe: Cymbella*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 584 p.
28. Krammer K. 2000. *Diatoms of Europe. The Genus Pinnularia*. Ruggell, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 703 p.
29. Lange-Bertalot H. 2001. *Diatoms of Europe. Navicula sensu stricto, 10 Genera Separated from Navicula sensu lato, Frustulia*. Königstein, A.R.G. Gantner Verlag, 526 p.



30. Pestryakova L.A, Herzs Schuh U., Gorodnichev R., Wetterich S. 2018. The sensitivity of diatom taxa from Yakutian lakes (north-eastern Siberia) to electrical conductivity and other environmental variables. *Polar Research*, 37 (1):1485625. DOI: 10.1080/17518369.2018.1485625.
31. Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. New York, Cambridge University Press, 747 p.
32. Sládeček V. 1986. Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 14 (5): 555–566. DOI: 10.1002/ahch.19860140519.
33. Sládeček V. 1973. *System of water quality from the biological point of view*. Stuttgart, Schweizerbart, 218 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Левина Сардана Николаевна**, научный сотрудник Института естественных наук эколого-географического отделения, российско-германская лаборатория БИОМ Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

**Давыдова Парасковья Васильевна**, аспирант, младший научный сотрудник Института естественных наук эколого-географического отделения, российско-германская лаборатория БИОМ Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

**Баишева Изабелла Антоновна**, аспирант, ведущий инженер Института естественных наук эколого-географического отделения, российско-германская лаборатория БИОМ Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sardana N. Levina**, researcher of the Institute of Natural Sciences of the Ecological and Geographical Department, Russian-German Laboratory BIOM of the M.K. Ammosov of North-Eastern Federal University, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

**Paraskovia V. Davydova**, post-graduate student, junior researcher at the Institute of Natural Sciences of the Ecological and Geographical Department, Russian-German Laboratory BIOM of the M.K. Ammosov of North-Eastern Federal University, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

**Izabella A. Baisheva**, post-graduate student, leading engineer of the Institute of Natural Sciences of the Environmental and Geographical Department, Russian-German laboratory BIOM of the M.K. Ammosov of North-Eastern Federal University, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia



УДК 578.424; 502.31; 931.37:71  
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193

## Развитие российских городов после пандемии COVID-19

<sup>1</sup>Кочуров Б.И., <sup>2</sup>Блинова Э.А., <sup>3</sup>Ивашкина И.В.

<sup>1</sup>Институт географии РАН,

Россия, 117312, г. Москва, ул. Вавилова, 37

<sup>2</sup>Приокское межрегиональное Управление Росприроднадзора,  
Россия, 390044, г. Рязань, Московское шоссе, 12

<sup>3</sup>ГАУ «Институт Генплана Москвы»

Россия, 125047, г. Москва, ул. 2-я Брестская, 2/14

e-mail: camertonmagazin@mail.ru, eleonora.gladkova@mail.ru,  
ivashkinagenplan@mail.ru

**Аннотация.** Пандемия коронавируса со всей очевидностью поставила вопрос об адаптации и самодостаточности городов в условиях распространения опасных вирусов. Несмотря на рост публикаций по этой проблематике, практически отсутствуют работы по комплексному подходу к оценке уязвимости и приспособления городов к внешним и внутренним шокам и угрозам. В связи с этим целью данного исследования является прогнозирование развития городов после пандемии коронавируса. Исследование проводилось на основе комплексного анализа в области геоэкологии, экономической и социальной географии, урбоэкологии и градостроительства и представлений о городе как сложной системе – урбогеоэкосистеме. Обзор публикаций о COVID-19 показал, что за год пандемия нанесла экономике и жизненному укладу населения городов ущерб, несопоставимый с финансовыми и экономическими кризисами, стихийными бедствиями, военными и геополитическими конфликтами. Стали очевидными несостоятельность современной градостроительной политики городов и концепция пространственного развития регионов страны. По мнению авторов, необходимо создание эколого-градостроительных структур, рассредоточение и отказ от уплотнения застройки на основе принципов зеленого и умного города с широким использованием информационных технологий, способствующих безопасному проживанию населения. Полученные результаты могут являться основой для развития новых научных направлений в исследовании урбогеоэкосистем – урбоэкодиагностики, ковидного градостроительства и эколого-градостроительного планирования и проектирования.

**Ключевые слова:** пандемия COVID-19, технологии, урбоэкодиагностика, городская среда, ноосферное развитие, искусственный интеллект.

**Для цитирования:** Кочуров Б.И., Блинова Э.А., Ивашкина И.В. 2021. Развитие российских городов после пандемии COVID-19. Региональные геосистемы, 45 (2): 183–193. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193

---

## Development of Russian cities after the COVID-19 pandemic

<sup>1</sup>Boris I. Kochurov, <sup>2</sup>Eleonora A. Blinova, <sup>3</sup>Irina V. Ivashkina

<sup>1</sup>Institute of Geography, Russian Academy of Sciences,

37 Vavilova St, Moscow, 117312, Russia

<sup>2</sup>Priokskoe Interregional Department of the Federal Service for supervision in the field of nature management,  
12 Moscow highway, Ryazan, 390044, Russia

<sup>3</sup>The Genplan Institute of Moscow

2/14 Brestskaya 2-YA St, Moscow, 125047, Russia

e-mail: camertonmagazin@mail.ru, eleonora.gladkova@mail.ru, ivashkinagenplan@mail.ru

**Abstract.** The coronavirus pandemic has clearly raised the question of the adaptation and self-sufficiency of our cities in conditions of the spread of the danger viruses. Despite the increase in publications on this





issue, there is little work on an integrated approach to assessing the vulnerability and adaptation of our cities to external and internal shocks and threats. In this regard, the purpose of this study is to predict the development of cities after the coronavirus pandemic. The research was carried out on the basis of a comprehensive analysis in the field of geoecology, economic and social geography, urban ecology and urban planning and ideas about the city as a complex system – the urban ecosystem. Methods of systematic and comparative analysis, modelling and expert assessments were used. A review of publications on COVID-19 showed that just one year, the pandemic caused damage to the economy and the lifestyles of the city population, which is not comparable to financial and economic crises, natural disasters, military and geopolitical conflicts. The failure of the modern urban planning policy of cities and the concept of spatial development of the regions of the country became obvious. According to the authors, it is necessary to create ecological and urban planning structures, disperse and abandon the compaction of development on the basis of the principles of a green and smart city with the wide use of information technologies that contribute to the safe living of the population. The obtained results expand the possibilities of developing new scientific directions in the study of urbogeoecosystems – urboecodiagnosics, covid urban planning and environmental-urban planning and design.

**Keywords:** pandemic COVID-19, technologies, urban-ecological diagnostics, urban environment, noospheric development, artificial intelligence

**For citation:** Kochurov B.I., Blinova E.A., Ivashkina I.V. 2021. Development of Russian cities after the COVID-19 pandemic. Regional Geosystems, 45 (2): 183–193 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-183-193

---

*Все планы порушены, люди больны,  
и больше не хочется даже войны.  
Л.А. Каганов, апрель, 2020 г.*

## Введение

В настоящее время человечество вступает в совершенно новый этап своей истории, когда только общие целенаправленные усилия откроют перспективы дальнейшего развития цивилизации. В 20-м г. XXI в. города оказались в ситуации, которую ещё только предстоит осмыслить: разительные изменения повседневной жизни, новая практика изоляции, новые технологии дистанционных встреч и работы, опустошение привычных городских пространств. Грядущее оказалось трудно прогнозируемым, а настоящее – некомфортным и непривычным.

Сегодня перед людьми во весь рост поднялись давно назревающие проблемы и опасности, независимо от того, живут ли они в мегаполисах или небольших городах, в Европе или Америке. Они касаются всех. Человечеству придётся приложить все свои интеллектуальные силы к поиску путей преодоления существующего и возможных будущих кризисов, признать новую эпоху, предвиденную ещё в начале XX в. академиком В.И. Вернадским, ознаменованную формированием единого комплекса технологических и природных процессов, и перейти на новое эколого-хозяйственное, ноосферное развитие. Совсем непонятые ранее научные идеи и достижения в области естествознания во втором десятилетии XXI в. вышли на первый план, показав на практике, насколько глубока и всеобъемлюща связь человека и природы.

За последние десятилетия произошло несколько крупных вспышек новых вирусных заболеваний, включая болезни, вызванные вирусом Хендра, Нипах, Марбург и Эбола, тяжёлый острый респираторный синдром (SARS) и ближневосточный респираторный синдром (MERS). Примечательно, что во всех этих вспышках прослеживалась зоонозная передача вирусов летучими мышами [Irving et al., 2021].

Когда на наших глазах началась эпидемия SARS-CoV-2, города не были готовы к такому вызову. Реакция оказалась запоздалой и неэффективной. Вирус SARS-CoV-2

вспыхнул в «идеальное» для него время: проживание более половины населения мира в городах, рост мобильности людей, связанный с постоянным перемещением на дальние расстояния и контактами с дикой природой. В таких условиях неизбежно распространение новых зоонозных патогенов в разных регионах мира.

С начала пандемии COVID-19 на 8 февраля 2020 г. в России официально зарегистрировано (стопкоронавирус.рф) 3 983 197 случаев COVID-19, умерло 75 828 чел. В США умерло более 292 тыс. чел., что превысило боевые потери страны во Второй мировой войне [В США ..., 2021]. Экономические и социальные потрясения оказали разрушительное влияние на большинство стран мира: десятки миллионов людей рискуют оказаться в условиях крайней нищеты. Пандемия и карантинные меры по её сдерживанию оказали резкое и масштабное шоковое воздействие на мировую экономику [Экономические последствия ..., 2021]. Последствия заболевания, вызванного коронавирусом тяжёлого острого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2), так называемый «ковидный хвост» (одышка, сердцебиение, синдром хронической усталости), требуют длительной реабилитации [Vaes et al., 2020]. Сочетание болезни с социальными и экономическими последствиями пандемии представляет самую серьёзную после Второй мировой войны угрозу для психического здоровья населения [Психиатры прогнозируют ..., 2021]. Вынужденное длительное пребывание дома без возможности выходить на улицу привело к малоподвижному образу жизни и ухудшению физического и ментального здоровья горожан [Sindrich et al., 2021].

Можно с полной уверенностью утверждать, что пандемия COVID-19 – это давно назревающий кризис структуры и организации освоенного человеком пространства – мировой кризис современных городов.

Цель работы: дать оценку состояния окружающей среды российских городов перед пандемией COVID-19 и обозначить приоритетные направления развития для выхода из кризисного состояния.

### Российские города до пандемии

*«Город? Город – страшная сила. А чем больше город, тем она сильнее.  
Он засасывает. Только сильный может выкарабкаться»  
х/ф «Брат», 1997 г.*

В 2015 г. ООН приняла повестку дня в области устойчивого развития до 2030 г. Цель № 11 ([www.un.org/sustainabledevelopment](http://www.un.org/sustainabledevelopment)): «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населённых пунктов». Решение этой задачи беспрецедентно сложно. Быстрая урбанизация привела к росту трущоб, неадекватности и перегруженности инфраструктуры и услуг (сбор твёрдых коммунальных отходов, системы водоснабжения и канализации, дороги и транспорт), ухудшению ситуации с загрязнением воздуха и воды, незапланированному разрастанию городов. Общая площадь городов мира составляет 3 % суши Земли, но на них приходится 60–80 % потребления энергии и 75 % выбросов углекислого газа.

В 2016 г., по данным ООН, 90 % горожан дышали воздухом, который не отвечал установленному ВОЗ стандарту безопасности, что привело к смерти 4,2 млн чел. Более половины городского населения мира сегодня дышит воздухом, в 2,5 раза превышающим нормы ВОЗ.

Каково же было экологическое состояние российских городов к началу пандемии COVID-19?

Результаты гигиенической оценки российских учёных свидетельствуют о том, что атмосферный воздух населённых мест РФ являлся фактором риска, формируя дополнительные случаи заболеваемости и смертности. За период с 2000 по 2019 гг. загрязнением



атмосферного воздуха было вероятно обусловлено возникновение 12,9–27 тыс. дополнительных случаев смерти и 878–1771 тыс. случаев заболеваний в классах болезней органов дыхания, пищеварения, системы кровообращения, болезни крови, кроветворных органов и др. [Зайцева и др., 2020]. По данным ФГБУ «ГГО» имени А.И. Воейкова, приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха в 2019 г. включал 18 городов (все они расположены на территории Азиатской части России) с общим числом жителей в них 3,3 млн чел. Выбросы загрязняющих веществ (далее – ЗВ) в атмосферный воздух от стационарных источников составили 17,1 млн т; от передвижных источников – 15,2 млн т.

Причины высокой автотранспортной нагрузки на воздушный бассейн городов: автотранспорт, не соответствующий стандартам EURO-3,4,5,6; дорожно-транспортная инфраструктура и качество дорожного полотна, не соответствующие международным стандартам ISO 9000; управленческие проблемы (заторы, отсутствие «зелёной» логистики) [Иванов и др., 2020].

Качество водных объектов России подвержено влиянию промышленных предприятий, сбрасывающих неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды с огромным количеством загрязняющих веществ различной степени токсичности. В Центральном федеральном округе (ЦФО) сохраняется напряжённая экологическая ситуация на водных объектах Владимирской, Московской, Рязанской, Тульской областей, в которых качество воды оценивается как «грязная». Качество воды большинства водных объектов (53–96 % створов) Белгородской, Брянской, Воронежской, Ивановской, Калужской, Костромской, Липецкой, Орловской, Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Ярославской областей оценивается как «загрязнённая». «Экстремально-грязной» водой характеризуются 3 % створов: р. Воймега, Московской обл.; р. Ундолка, Владимирской обл. На протяжении ряда лет критическими показателями загрязнённости воды р. Москва и её притоков (рр. Медвенка, Закза, Пахра, Рожая, Нерская и Яуза) являются аммонийный и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>), концентрации которых в течение 2019 г. неоднократно превышали критерии [Черногаева и др., 2021].

Среди факторов, оказывающих воздействие на городскую среду, в 2018 г. отмечался уровень шума, который был превышен в 48,9 % случаев замеров на автомагистралях и улицах с интенсивным движением в городских поселениях; в 38,4 % случаев замеров на ж/д путях, проходящих через городскую застройку; в 6,3 % случаев замеров в районе промышленных предприятий на границе их санитарно-защитных зон; в 24,8 % случаев замеров у эксплуатируемых жилых зданий в городских поселениях; в 16,5 % случаев замеров учреждений, организаций, размещённых на 1,2 этажах и встроенно-пристроенных помещениях жилых зданий [Здравоохранение ..., 2019].

Уровень вибрации был также превышен при замерах на автомагистралях и улицах с интенсивным движением в городских поселениях (в 31,6 % случаев), вблизи железнодорожных путей, проходящих через городскую застройку (в 28,6 % случаев), в районе аэродромов (в 37,1 % случаев).

Исследования, проводимые Министерством природных ресурсов и экологии РФ в 2018 г., свидетельствуют о том, что за период 2010–2018 гг. количество ежегодно образующихся отходов увеличилось с 3 735 млн т до 7 266,1 млн т, т.е. на 94,5 %. Количество отходов, направленных на захоронение, увеличилось с 593,0 млн т до 1 029,2 млн т, или на 73,5 % [Государственный доклад ..., 2019]. В результате миграции с территории действующих и рекультивированных полигонов (свалок) химических веществ, содержащихся в фильтрате ТКО, происходит загрязнение почвы и водоисточников [Кочуров, Блинова, 2020].

Для экологической оценки территории регионов РФ большой интерес представляет доклад о состоянии городов и регионов Сибирского Федерального округа, подготовлен-

ный Сибирским отделением РАН, демонстрирующий, что большая часть российских городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха располагается на территории Сибири [Как бомба ..., 2021].

Из 15 сибирских городов с высоким уровнем загрязнения, в 14 основным загрязнителем является бензапирен. Концентрации бензапирена, по исследованию учёных, превышают допустимую величину в Кызыле в 116 раз, в Абакане – в 88 раз. По количеству выбросов лидирует Норильск, затем Новокузнецк и Красноярск.

Что касается сибирских почв, то загрязнение их тяжёлыми металлами (свинец, цинк, никель, медь) наибольшее в г. Свирске (Иркутская область) и Норильске (Красноярский край). А самое большое загрязнение почв нитратами и фторидами, где предельно допустимые концентрации этих веществ превышены в десятки раз – в Новокузнецке. Не лучше ситуация с качеством вод в сибирских регионах. По данным Росгидромета, 82 % поверхностных вод Новосибирской обл. оцениваются как «грязные». В Томской области этот показатель составил 68 %.

С высоким уровнем загрязнения природной среды в Сибири связаны и заболевания населения данного региона. Городами с наибольшими показателями заболеваемости людей стали Кемерово, Красноярск, Новокузнецк, Иркутск. В Красноярске доминируют онкологические заболевания, в Кемерово и Кемеровской области – врождённые пороки развития, в Алтайском крае – заболевания детей [Как бомба ..., 2021].

Нетрудно заметить, что при таких патологиях и ослаблении иммунитета создаются оптимальные условия для распространения вирусов и заболевания населения.

Согласно рейтингу энергоэффективности [Рейтинг энергоэффективности ..., 2021], во многих городах РФ не обеспечиваются технические показатели (снижение энергоёмкости валового регионального продукта, энергоэффективность зданий бюджетного сектора, энергоэффективность освещения в уличном и дорожном хозяйстве, энергоэффективность теплоснабжения бюджетного сектора) и организационные показатели (энергоэффективность при строительстве и капитальном ремонте, популяризация энергосберегающего образа жизни).

Один из основных показателей устойчивого развития – здоровье населения. В 2018 г. в России было выявлено:

– 624 709 новых случаев злокачественных новообразований (что на 183 988 случаев больше по сравнению с 1998 г.) [Статистический сборник ..., 2018]. В 2018 г. заболеваемость злокачественными новообразованиями городских жителей составила 479,6 новых случаев на 100 тыс. населения [Здравоохранение ..., 2019];

– 52832,6 тыс. новых случаев болезней органов дыхания;

– 2167,7 случаев болезней нервной системы;

– 2167,7 тыс. болезней нервной системы.

В 2018 г. на здравоохранение в России было израсходовано 3315,9 млрд руб. из консолидированного бюджета РФ и бюджетов государственных и внебюджетных фондов, что составило 3,2 % от ВВП.

Расходы региональных бюджетов на систему здравоохранения в 2020 г. выросли почти в два раза. А на федеральном уровне прирост был ещё более значительным — с 371 млрд до 811 млрд руб., или на 119 % [Регионы потратили ..., 2021].

К началу 2020 г. в РФ не достигнуто приемлемое экологическое качество городов, что в конечном итоге привело к человеческим жертвам и колоссальным расходам государства на здравоохранение и медицину. Для выживших после тяжёлой болезни победа над вирусом SARS-CoV-2 – это только начало неизведанного пути выздоровления. То, что следует за острой фазой инфекции SARS-CoV-2, зависит от распространения и тяжести вирусных атак в различных типах клеток и органах. Хотя COVID-19 является инфекционным заболеванием, в первую очередь поражающим легкие, изучение его мультиорганным



воздействия требует междисциплинарного подхода, охватывающего практически все отрасли внутренней медицины и гериатрии [Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group, 2020].

### **«Постковидные» города: потребности и первоочередные шаги**

*«The greatest danger to our future is apathy»*

*«Самая большая опасность для нашего будущего – это бездействие»*

*Jane Goodall*

*«The Power of One», Time Magazine, 26 August 2002*

Пандемия COVID-19 показала, насколько тяжело ослабленному человеку выживать в грандиозных городских конгломератах, протянувшихся на десятки километров, с миллионами автотранспортных средств, нагретым асфальтом и безликими зданиями. Теперь не только архитекторы, но и обычные горожане заинтересованы в зрительных аспектах «зелёной архитектуры». Городские сады и парки послужат в будущем на благо человеку и развитию городов после пандемии, выступят посредниками между природой и обществом. Во все эпохи садово-паркового искусства до XX в. существовало представление о том, что «истинный сад должен удовлетворять всем человеческим чувствам: не только зрению, но и слуху (откуда забота о птицах, шумящих водопадах, золотых арфах, садовых инструментальных концертах) и обонянию (душистые цветы и травы, цветущие деревья и кустарники, запах цветущих растений и кедровой смолы, наполняющий воздух особенным здоровым ароматом) [Лихачев, 2018]. По мнению академика Д.С. Лихачева, «красота способствует отдыху», а «городские сады и парки – это попытка создания идеального мира взаимоотношений человека с природой, это живые действующие результаты деятельности людей и условий природы» [Лихачев, 2018].

COVID-19 заставил пересмотреть нормы городской жизни. Экологически и санитарно-гигиенически опасные, эстетически не привлекательные сооружения с бетонными коробками должны остаться в прошлом [Есть ли у современного ..., 2021]. Новый тип городов – это передовые подходы и технологии планировки и застройки, в которых процессы разрушения природы и распространения инфекций минимальные. При этом эколого-градостроительный (ландшафтно-экологический) подход позволяет решить задачу создания нового типа городов. Он предусматривает встраивание городов в природные системы и создание эколого-градостроительных комплексов, функционирующих, с одной стороны, по законам природы, с другой – эффективно управляемых [Ивашкина, Кочуров, 2019].

Новая концепция территориального управления должна:

- а) уметь изучать города как единое целое и иметь современные технические инструменты, в том числе цифровую информационную модель развития городской территории;
- б) иметь единую экологоориентированную стратегию развития городов;
- в) учитывать качество градостроительной среды и способствовать повышению комфортности проживания людей.

Огромную трудность представляет множественность экологических факторов и определение критических значений урбоэкохарактеристик. Сегодня необходимо объединять усилия специалистов, изучающих отдельные направления урбанистики. Только тщательный всесторонний анализ ситуации позволит разработать оптимальные направления развития городов после пандемии COVID-19.

Подобно стремлениям к синтезу естествознания и обществознания академика В.И. Вернадского, развитие урбоэкодиагностики должно идти в направлении исследования параметров окружающей среды, социальной сферы и состояния здоровья населения. Есть надежда, что общие исследовательские усилия уже в скором времени дадут плоды.

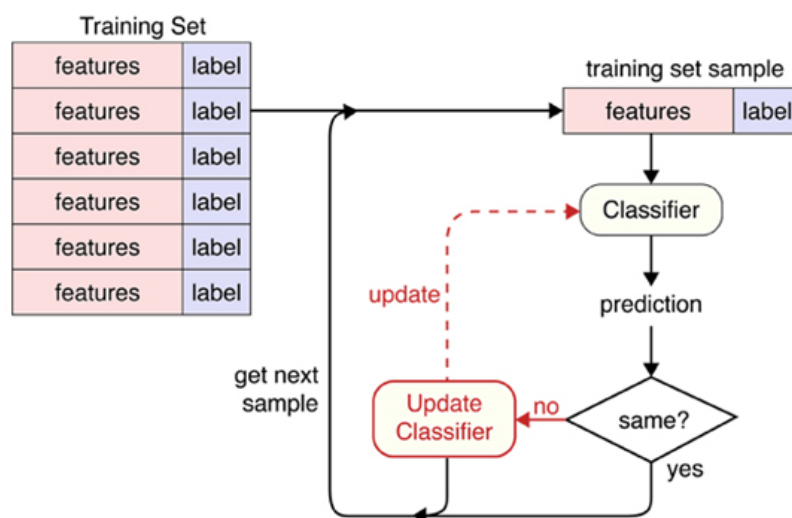
Например, неожиданно быстрое и серьезное влияние на общество во всём мире оказывают машинное обучение (*Mashing Learning, ML*), глубокое обучение (*Deep Learning, DL*) и большие данные (*Big data*) [Гласнер, 2019].

Искусственный интеллект (*Artificial intelligence, AI*) для XXI в. – то же самое, что электричество для XX в. и паровая энергия для XIX в. [Barrat, 2013]. Технологии AI для постановки диагноза уже нашли своё применение в медицине: рентгенологии, офтальмологии, дерматологии и др. областях [Kulkarni et al., 2020]. Развитие электронных медицинских карт дало возможность хранения большого количества клинических данных, что способствует дальнейшему развитию методологии применения AI в медицине. Используя данные, собранные из повседневной практики интенсивной терапии в реальном времени, алгоритм AI может обеспечить своевременную диагностику сепсиса с точностью более 80 % [Yuan et al., 2020].

В урбоэкодиагностике машинное и глубокое обучение позволит работать с большими объёмами данных, извлекая из них полезную информацию. Например, прогнозирование загрязнения воздуха с использованием данных о фактическом загрязнении приземного слоя атмосферного воздуха, автотранспортном потоке, силе ветра, количестве осадков, температуры. Здесь могут объединяться данные городской экологии, метеорологии, транспортной инженерии, архитектуры, дендрологии и др.

Целью разработки обучаемых систем является извлечение смыслового содержания из уже имеющихся или поступающих данных. Так, исследования в области биологического разнообразия показывают изменения с течением времени популяции видов. Прогнозирование последующих значений популяций – это то, чему специалисты уже сегодня могут обучить компьютер [Гласнер, 2019]. Предположим, что мы имеем неполный состав измерений. С помощью компьютерного обучения возможен процесс восполнения и предсказания данных, т.к. измерения имеют тенденцию двигаться от экстремальных значений к средним значениям. Это явление может применяться для воплощения идеи использования статистических свойств данных для оценки отсутствующих или будущих значений.

Упрощённая версия процесса машинного обучения представлена на рисунке.



Упрощённая версия процесса машинного обучения [Гласнер, 2019]

A simplified version of the machine learning process [Гласнер, 2019]

Специалист даёт системе признаки для каждой выборки и даёт команду предсказать категорию. Если предсказание корректно, происходит переход к следующей выборке, если нет – находится правильное значение. После последовательной циклической обра-



ботки выборки параметры классификатора модифицируются, и он значительно лучше выполняет работу по предсказанию. Таким образом, специалист проверяет правильность работы системы, предъявляя ей новые данные, с которыми она не знакома, и определяет, насколько точно она способна извлечь из них смысловое содержание.

Трансформацию и тенденции развития городов можно постигнуть путем критического анализа углубленного эмпирического моделирования. Плотность городов и распространение болезней, транспортная нагрузка и загрязнение воздушного бассейна – все это важные детерминанты развития городской среды [Salama, 2020]. Приоритетные направления развития городов будущего – это «зелёный» транспорт, велосипедная инфраструктура, дворы без машин, развитие современного общественного транспорта, проектирование и строительство эколого-градостроительных структур, малоэтажная застройка, конструирование и реконструкция зданий и сооружений с учётом экологических требований, создание благоустроенных мест для занятий физкультурой и спортом на открытом воздухе, минимизация потерь энергии, воды, тепла, совершенствование системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами, использование альтернативной энергии, озеленение зданий, дворов и улиц. Задача благоустройства городских зелёных зон должна заключаться в продлении жизни тех остатков садово-паркового устройства, которые возможно поддержать, и сохранении на наименьшей площади наибольшего биологического разнообразия. И тогда каждая прогулка в парке станет небольшим туристическим путешествием!

Именно от этих направлений развития городов зависит здоровье городских жителей, способность преодолевать любые пандемии.

### **Выводы**

1. Российские города вошли в пандемию COVID-19 будучи экологически неустойчивыми, что привело к человеческим жертвам и колоссальным расходам государства на здравоохранение и медицину.

2. Научно-обоснованное развитие городов после пандемии COVID-19 – это социально-экологическая задача, решение которой экономически выгодно для любого государства.

3. Урбоэкодиагностика и цифровое моделирование развития городской территории – прогрессивные направления, способствующие повышению комфортности проживания и оздоровлению городского населения.

4. Стремительное возрастание количества ослабленных горожан требует принятия безотлагательных мер по улучшению качества окружающей среды, созданию новых и сохранению уже имеющихся зелёных зон городов, конструированию и реконструкции зданий и сооружений с учётом экологических требований, созданию эколого-градостроительных структур. Парки и зеленые пространства должны быть благоустроенными, доступными и находиться в пешей доступности для всех жителей города.

5. Приоритет здоровья, повышение экологической ответственности и усовершенствование процессов прогнозирования качества городской среды – первоочередные задачи развития российских городов после пандемии.

Академик В.И. Вернадский полагал, что неизбежно наступит время, когда человечеству потребуется выработать единую стратегию развития биосферы и новые стандарты организации своего образа жизни. Это время пришло. Невидимый мир вирусов послужил важным фактором эволюции жизни в городах. Сегодня только целостное, системное видение природных процессов и новейшие технологии могут стать движущими силами устойчивого развития городов.

### Список источников

1. В США число умерших с COVID-19 превысило боевые потери страны во Второй мировой войне. Электронный ресурс. URL: <https://www.kommersant.ru/> (дата обращения: 8 февраля 2021).
2. Гласснер Э. 2019. Глубокое обучение без математики. Основы. Том 1. М., ДМК Пресс, 584 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». 2019. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/) (дата обращения: 8 февраля 2021).
4. Есть ли у современного градостроительства будущее? Эксперты Института географии РАН приняли участие во встрече, организованной Департаментом градостроительной политики г. Москвы. Электронный ресурс. URL: <http://www.igras.ru/news/2562> (дата обращения: 8 февраля 2021).
5. Здравоохранение в России. 2019. Статистический сборник. Москва, Росстат., 170 с.
6. «Как бомба накануне выборов»: академики решили засекретить данные о загрязнении сибирских городов. Электронный ресурс. URL: <https://echo.msk.ru/blog/statya/2812502-echo/> (дата обращения: 16 февраля 2021).
7. Лихачев Д. 2018. Поэзия садов. Москва, Азбука-Аттикус, 416 с.
8. Психиатры прогнозируют тяжелейшие последствия пандемии для психического здоровья. Электронный ресурс. URL: <https://www.kommersant.ru/> (дата обращения: 8 февраля 2021).
9. Регионы потратили на здравоохранение вдвое больше прежнего. Электронный ресурс. URL: <https://www.kommersant.ru/> (дата обращения: 8 февраля 2021).
10. Рейтинг энергоэффективности субъектов РФ. Электронный ресурс. URL: <https://minenergo.gov.ru/> (дата обращения: 8 февраля 2021).
11. Статистический сборник 2018 год. Статистические материалы Министерства здравоохранения РФ. Электронный ресурс. URL: <https://minzdrav.gov.ru/> (дата обращения: 8 февраля 2021).
12. Экономические последствия пандемии – в прогнозах Всемирного банка. Электронный ресурс. URL: <https://news.un.org/> (дата обращения: 8 февраля 2021).

### Список литературы

1. Зайцева Н.В., Клейн С.В., Вековщина С.А., Андришунас А.М. 2020. Гигиеническая оценка динамики уровня загрязнения атмосферного воздуха в Российской Федерации. В кн.: Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 13–15 мая 2020 г. Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет: 235–243.
2. Иванов Е.С., Блинова Э.А., Бышов Н.В., Чхапелия Г.А. 2020. Воздействие автомобильного транспорта на состояние воздушного бассейна одного из крупнейших городов европейской части России – Рязань. В кн.: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Рязань, 9 апреля 2020 г. Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева: 140–148.
3. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. 2019. Урбозкодиагностика и сбалансированное развитие Москвы. Москва, ИНФРА-М, 202 с.
4. Кочуров Б.И., Блинова Э.А. 2020. Оценка экологических последствий использования полимерных изделий. Теоретическая и прикладная экология, 4: 210–215. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-210-215.
5. Черногаева Г.М., Журавлева Л.Р., Малеванов Ю.А., Пешков Ю.В., Котлякова М.Г., Красильникова Т.А. 2020. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2019 год. Москва, Росгидромет, 247 с.





6. Barrat J. 2013. *Our final invention: Artificial intelligence and the end of the human era*. New York, Macmillan, 322 p.
7. Cindrich S.L., Lansing J.E., Brower C.S., McDowell C.P., Herring M.P., Meyer J.D. 2021. Associations Between Change in Outside Time Pre-and Post-COVID-19 Public Health Restrictions and Mental Health: Brief Research Report. *Frontiers in public health*, 9: 619129. DOI: 10.3389/fpubh.2021.619129.
8. Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. 2020. Post-COVID-19 global health strategies: the need for an interdisciplinary approach. *Aging clinical and experimental research*, 32: 1613–1620. DOI: 10.1007/s40520-020-01616-x.
9. Irving A.T., Ahn M., Goh G., Anderson D.E., Wang L.F. 2021. Lessons from the host defences of bats, a unique viral reservoir. *Nature*, 589: 363–370. DOI: 10.1038/s41586-020-03128-0.
10. Kulkarni S., Seneviratne N., Baig M.S., Khan A.H.A. 2020. Artificial intelligence in medicine: where are we now? *Academic radiology*. 27 (1): 62–70. DOI: 10.1016/j.acra.2019.10.001.
11. Salama A.M. 2020. Coronavirus questions that will not go away: interrogating urban and socio-spatial implications of COVID-19 measures. *Emerald Open Research*, 2: 14 p. DOI: 10.35241/emeraldopenres.13561.1.
12. Vaes A.W., Machado F.V.C., Meys R., Delbressine J.M., Goertz Y.M.J., Herck M.V., Houben-Wilke S., Franssen F.M.E., Vijlbrief H., Spies Y., Van't Hul A.J., Burtin C., Janssen D.J.A., Spruit M.A. 2020. Care dependency in non-hospitalized patients with COVID-19. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (9): 2946. DOI: 10.3390/jcm9092946.
13. Yuan K.C., Tsai L.W., Lee K.H., Cheng Y.W., Hsu S.C., Lo Y.S., Chen R.J. 2020. The development an artificial intelligence algorithm for early sepsis diagnosis in the intensive care unit. *International journal of medical informatics*, 141: 104176. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104176.

## References

1. Zaytseva N.V., Kleyn S.V., Vekovshinina S.A., Andrishunas A.M. 2020. Gigiyenicheskaya otsenka dinamiki urovnya zagryazneniya atmosfernogo vozdukh v Rossiyskoy Federatsii [Hygienic assessment of the dynamics of the level of atmospheric air pollution in the Russian Federation]. In: *Analiz riska zdorovyu-2020 sovместno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorovyu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya [Health Risk Analysis 2020 in conjunction with Rise 2020 and Food Safety Roundtable]*. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Perm, 13–15 May, 2020. Perm, Publ. Permskiy natsionalnyy issledovatel'skiy politekhnicheskii universitet: 235–243.
2. Ivanov E.S., Blinova E.A., Byshov N.V., Chkhapelia G.A. 2020. Vozdeystviye avtomobilnogo transporta na sostoyaniye vozdushnogo basseyna odnogo iz krupneyshikh gorodov evropeyskoy chasti Rossii – Ryazan [The impact of road transport on the state of the air basin of one of the largest cities in the European part of Russia – Ryazan]. In: *Ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty sovremennykh agrotekhnologiy [Ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of modern agricultural technologies]*. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Ryazan, 9 April 2020. Ryazan, Publ. Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva: 140–148.
3. Ivashkina I.V., Kochurov B.I. 2019. *Urboecodiagnosics And sustainable Urban Development of Moscow*. Moscow, Publ. INFRA-M, 202 p. (in Russian).
4. Kochurov B.I., Blinova E.A. 2020. Assessment of ecological impacts of using polymer products. *Theoretical and Applied Ecology*, 4: 210–215. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-210-215 (in Russian).
5. Chernogayeva G.M., Zhuravleva L.R., Malevanov Yu.A., Peshkov Yu.V., Kotlyakova M.G., Krasilnikova T.A. 2020. *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchey sredy v Rossiyskoy Federatsii za 2019 god [Review of the state and pollution of the environment in the Russian Federation for 2019]*. Moscow, Publ. Rosgidromet, 247 p.
6. Barrat J. 2013. *Our final invention: Artificial intelligence and the end of the human era*. New York, Macmillan, 322 p.
7. Cindrich S.L., Lansing J.E., Brower C.S., McDowell C.P., Herring M.P., Meyer J.D. 2021. Associations Between Change in Outside Time Pre-and Post-COVID-19 Public Health Restrictions and

Mental Health: Brief Research Report. *Frontiers in public health*, 9: 619129. DOI: 10.3389/fpubh.2021.619129.

8. Gemelli Against COVID-19 Post-Acute Care Study Group. 2020. Post-COVID-19 global health strategies: the need for an interdisciplinary approach. *Aging clinical and experimental research*, 32: 1613–1620. DOI: 10.1007/s40520-020-01616-x.

9. Irving A.T., Ahn M., Goh G., Anderson D.E., Wang L.F. 2021. Lessons from the host defences of bats, a unique viral reservoir. *Nature*, 589: 363–370. DOI: 10.1038/s41586-020-03128-0.

10. Kulkarni S., Seneviratne N., Baig M.S., Khan A.H.A. 2020. Artificial intelligence in medicine: where are we now? *Academic radiology*. 27 (1): 62–70. DOI: 10.1016/j.acra.2019.10.001.

11. Salama A.M. 2020. Coronavirus questions that will not go away: interrogating urban and socio-spatial implications of COVID-19 measures. *Emerald Open Research*, 2: 14. DOI: 10.35241/emeraldopenres.13561.1.

12. Vaes A.W., Machado F.V.C., Meys R., Delbressine J.M., Goertz Y.M.J., Herck M.V., Houben-Wilke S., Franssen F.M.E., Vijlbrief H., Spies Y., Van't Hul A.J., Burtin C., Janssen D.J.A., Spruit M.A. 2020. Care dependency in non-hospitalized patients with COVID-19. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (9): 2946. DOI: 10.3390/jcm9092946.

13. Yuan K.C., Tsai L.W., Lee K.H., Cheng Y.W., Hsu S.C., Lo Y.S., Chen R.J. 2020. The development an artificial intelligence algorithm for early sepsis diagnosis in the intensive care unit. *International journal of medical informatics*, 141: 104176. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104176.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Кочуров Борис Иванович**, профессор, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник отдела физической географии и проблем природопользования Института географии РАН, Москва, Россия

**Boris I. Kochurov**, Professor, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Department of Physical Geography and Environmental Problems of the Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

**Блинова Элеонора Анатольевна**, кандидат биологических наук, ведущий специалист-эксперт отдела разрешительной деятельности по Рязанской области Приокского межрегионального управления Росприроднадзора, Рязань, Россия

**Eleonora A. Blinova**, Candidate of Sciences in Biology, Leading specialist-expert of the department of licensing activities in the Ryazan region of Priokskoe Interregional Department of the Federal Service for supervision in the field of nature management, Ryazan, Russia

**Ивашкина Ирина Вадимовна**, кандидат географических наук, руководитель сектора НПО «Экология», ГАУ «Институт Генплана Москвы», Москва, Россия

**Irina V. Ivashkina**, Candidate of Sciences in Geography, Head of sector of Environmental Protection Department of the Genplan Institute of Moscow, Moscow, Russia



УДК 332.2

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-194-205

## **Реестровые ошибки и порядок их исправления (на примере муниципального образования «город Краснодар»)**

**Понамарев В.Е., Юрченко К.А.**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,  
Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13  
E-mail: 9529788272@mail.ru, ivahno-ks@mail.ru

**Аннотация.** Любая деятельность человека, в том числе кадастровая, связана с возникновением ошибок, последствия которых несут прямой ущерб собственникам объектов недвижимости, временные и денежные затраты, ограничивают, а в некоторых случаях и лишают возможности пользоваться или распоряжаться своим имуществом. Несмотря на многочисленность публикаций по этой проблематике, недостаточно изучены направления по исправлению ошибок в реестре. Целью исследования является установление реестровых ошибок в сведениях ЕГРН по муниципальному образованию город Краснодар и предложение направлений по их исправлению. В результате исследования на основании данных публичной кадастровой карты приведены примеры выявленных пересечений и наложений границ земельных участков в муниципальном образовании город Краснодар. Установлены причины возникновения реестровых ошибок, изучен порядок их устранения, предложены профилактические мероприятия, необходимые для исключения возможности повторения таких ошибок в будущем. Отражено, что работы по исправлению ошибки по стоимости соизмеримы, а зачастую даже превышают стоимость работ, в результате которых эта ошибка была допущена. Перечислены случаи решения реестровой ошибки в досудебном и судебном порядках. На примере двух земельных участков приведены варианты исправления реестровой ошибки местоположения границ в досудебном и судебном порядках. Результаты исследования позволили сделать вывод о том, что внесудебный и судебный порядок исправления реестровой ошибки неравнозначны с точки зрения затрат времени и денежных средств, даже самый маленький судебный спор несет большие затраты для собственника.

**Ключевые слова:** кадастровая деятельность, земельный участок, реестровая ошибка, наложение границ, несовпадение границ, судебный порядок исправления реестровой ошибки

**Для цитирования:** Понамарев В.Е., Юрченко К.А. 2021. Реестровые ошибки, порядок их исправления (на примере муниципального образования «город Краснодар»). Региональные геосистемы, 45 (2): 194–205. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-194-205

---

## **Register errors and the procedure for their correction (on the example of the municipal formation "City of Krasnodar")**

**Vitaly E. Ponamarev, Ksenia A. Yurchenko**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,  
13 Kalinina St, Krasnodar, 350044, Russia  
E-mail: 9529788272@mail.ru, ivahno-ks@mail.ru

**Abstract.** The article gives the concept of a registry error. Using the data of the public cadastral map, examples of crossing and overlaying the boundaries of land plots in the Krasnodar municipal district are given. The causes of errors have been determined, the procedure for eliminating the registry error has been studied, and preventive measures necessary to avoid the possibility of repetition of such errors in the future are given. It is reflected that the cost of correcting the error is commensurate in cost, and often even exceeds the cost of the work, as a result of which this error was made. Cases of solving a registry error in

the pre-trial and judicial order are listed. On the example of two land plots, options for correcting the register error of the location of borders in the pre-trial and judicial procedures are given. It is concluded that the out-of-court and judicial procedure for correcting a registry error is unequal in terms of time and money costs, even the smallest legal dispute incurs large costs for the owner.

**Keywords:** cadastral activity, land plot, register error, imposition of borders, mismatch of borders, judicial procedure for correcting a register error.

**For citation:** Ponamarev V. Ye., Yurchenko K. A. 2021. Register errors, the procedure for their correction (on the example of the municipal formation "City of Krasnodar"). Regional geosystems, 45 (2): 194–205 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-194-205

---

## Введение

Сведения, содержащиеся в ЕГРН, подвержены постоянному изменению: регистрируются новые права на недвижимое имущество, переход прав между собственниками в рамках гражданско-правовых сделок и др. В этих условиях неизбежно возникают ошибки различной природы.

Реестровые ошибки – это ошибки, воспроизведенные в данных реестра на основании сведений, предоставленных лицом, выполнившим кадастровые работы, либо на основании документов, полученных органом регистрации прав в рамках информационного взаимодействия.

Обнаружение ошибок, как правило, происходит в момент оформления или переоформления прав на земельные участки или объекты капитального строительства. Обнаруживают реестровые ошибки сами собственники, причем это обычно становится для них неприятным открытием, напрямую ограничивающим возможности по пользованию и распоряжению своим имуществом. Реестровая ошибка может быть обнаружена и самим органом регистрации.

Ошибки оказывают негативное влияние на гражданский оборот, а их исправление – сложная процедура, состоящая из множества этапов. С экономической точки зрения необходимо отметить, что работы по исправлению ошибки по стоимости соизмеримы, а зачастую даже превышают стоимость работ, в результате которых эта ошибка была допущена [Батин и др., 2017].

## Объекты и методы исследования

Краснодар – город, расположенный в самом центре Краснодарского края и являющийся его административным центром и по факту одним из главных городов Юга России. Совместно с примыкающими к городу сельскими населенными пунктами образует муниципальное образование город Краснодар.

Площадь муниципального образования составляет 841,36 км<sup>2</sup>. Административный центр городского округа – город Краснодар. В состав муниципального образования входит также более 30 населенных пунктов.

Переезжающие из других регионов жители стремятся приобрести на территории рассматриваемого муниципального образования жильё, в связи с чем, в г. Краснодар и в прилегающих населенных пунктах ведется продажа большого количества земельных участков. Увеличение числа земельных участков сказывается и на качестве кадастровых работ. В результате возникают реестровые ошибки, несущие крайне негативные последствия для правообладателей и третьих лиц, что, в свою очередь, делает изучение мероприятий по устранению реестровых ошибок крайне актуальным для выбранного объекта исследования.



Объектом исследования этой статьи являются земельные участки на территории муниципального образования город Краснодар, сведения о которых содержат реестровые ошибки.

Предмет исследования – это процесс возникновения, обнаружения и исправления реестровых ошибок.

По данным публичной кадастровой карты [Публичная кадастровая карта, 2021] муниципального образования город Краснодар приведены примеры самых распространенных реестровых ошибок.

Анализ данных публичной кадастровой карты муниципального образования город Краснодар показал большое количество земельных участков, пересекающих границей смежные земельные участки. На сегодняшний день, по данным Росреестра, в Краснодарском крае имеется около 116 тысяч пересечений границ объектов недвижимости.

### Результаты и их обсуждение

Реестровые ошибки возникают в процессе кадастровой деятельности.

Рассмотрим реестровые ошибки, встречающиеся на территории муниципального образования город Краснодар с использованием классификации реестровых ошибок в графических данных ЕГРН, предложенной А.Г. Овчинниковой [2013б] в её диссертационном исследовании.

Одной из самых часто встречающихся ошибок является так называемое несовпадение контуров соседних земельных участков. Появившиеся между смежными земельными участками зоны не могут быть «ничейными». Согласно действующему законодательству, земли в Российской Федерации, не находящиеся в собственности граждан, юридических лиц или муниципальных образований являются государственной собственностью. Не может существовать бесхозных участков для проезда, прохода или иных целей, – они в любом случае находятся в собственности государства.

Из всех видов реестровых ошибок несовпадение контуров земельных участков – наиболее простая ошибка с точки зрения порядка устранения, поскольку, как правило, не затрагивает права третьих лиц, во всяком случае, напрямую. Однако, это не значит, что такой вид ошибки не оказывает негативного влияния на использование земель. Проявлением несовпадения контуров могут являться как относительно безобидные ошибки вследствие их малой площади, так и более серьезные расхождения.

Несмотря на то, что несовпадение контуров является, на первый взгляд, наиболее простой в порядке решения реестровой ошибкой, её негативное влияние на порядок землепользования значительно. Важным негативным эффектом этой ошибки является то, что землепользователи не всегда имеют желание затрачивать значительные средства на её исправления, поскольку она может незначительно влиять на их права. Второй негативный момент собственники соседних участков, чьи права не нарушает данная реестровая ошибка, могут быть не заинтересованы и отказываться подписать акт согласования границ, поскольку их интересы в данном случае не затронуты, что в свою очередь может повлечь длительные и дорогостоящие земельные споры.

Если несовпадение контуров является наиболее часто встречающейся ошибкой в сведениях ЕГРН, то пересечение границ смежных земельных участков – самая частая причина земельных споров в судах. Единственный возможный итог – спор о меже, который будет разрешаться либо в административном, либо, что чаще – в судебном порядке.

Так, земельный участок с кадастровым номером 23:43:136091:37 в результате кадастровой ошибки пересекает земельный участок с кадастровым номером 23:43:136091:38 (рис. 1, а).

Представленный на рис. 1, а вариант пересечения границ земельных участков является наиболее простым, поскольку в результате ошибки не произошло изменение площади

или конфигурации спорного участка, а имело место лишь его смещение вдоль одной из осей. Таким образом, при исправлении ошибки не будут затронуты вопросы права собственности, а соответственно спор можно будет решить в досудебном порядке. Как видно из представленного примера на рисунке 1, б, в результате ошибки земельный участок 23:43:407026:2 пересекает земельный участок 23:43:407026:136. Имеет место не просто смещение земельного участка, а изменение конфигурации границ. В таком случае затронуты права собственности, что, в соответствии с законом, не оставляет другого варианта для исправления ошибки, кроме обращения в суд, в рамках которого должна быть проведена судебная экспертиза, результат которой – заключение кадастрового инженера, содержащее выводы о причинах возникновения ошибки и новое описание границ.

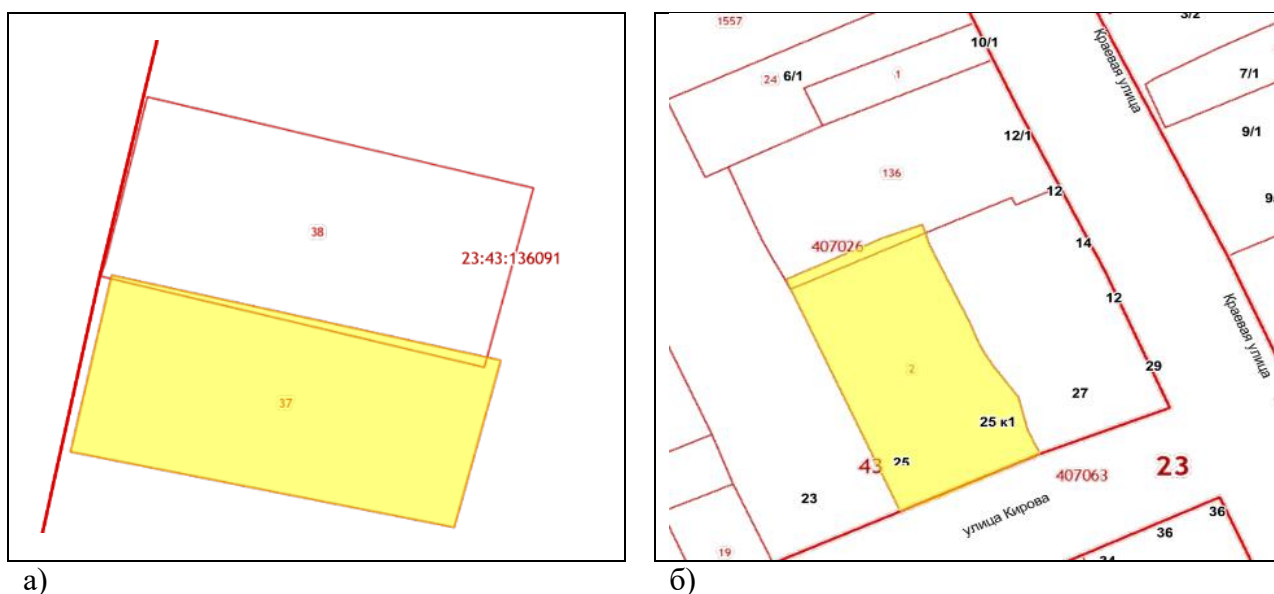


Рис. 1. Пересечение границ земельных участков:

*a* – в результате смещения границ; *б* – с увеличением площади земельного участка

Fig. 1. Crossing the boundaries of land plots:

*a* – as a result of displacement of the boundaries; *b* – with an increase in the area of the land plot

Несмотря на то что кадастровый инженер определяет новую конфигурацию и местоположение границ земельного участка, вопросы, связанные с изменением площади земельного участка, остаются в исключительном ведении суда.

Из этого проистекает одна из главных проблем в исправлении подобных реестровых ошибок – вопрос о том, кто будет нести все расходы, связанные с её исправлением. Отмечается, что для исправления такой ошибки необходимо составление двух межевых планов, в отношении каждого из спорных земельных участков с обязательным отражением в межевых планах спорной границы и составлением акта согласования границ [Аврунев и др., 2019].

Существуют в муниципальном образовании город Краснодар сложные, комплексные случаи пересечения границ земельных участков, в результате которых нарушаются права сразу нескольких правообладателей. Так, земельный участок 23:43:301027:5 пересекает границы сразу двух смежных участков 23:43:301027:9 и 23:43:301027:4 (рис. 2).

Стоимость проведения кадастровых работ, их сложность и длительность ведения судебных споров прямо пропорционально количеству нарушенных границ землепользований. В данном случае кадастровые работы необходимо проводить уже в отношении трех смежных земельных участков с целью установления местоположения их границ. К сожалению, такие случаи не единичны.

Частным случаем пересечения границ земельных участков можно считать наложение границ. Наложение земельных участков отличается тем, что в отличие от пересечения, наложенные земельные участки пересекаются не частью вдоль одной из общих границ, а всей или большей частью своей площади. Возникновение таких ошибок, как правило, связывают с грубыми ошибками кадастрового инженера, такими как «отлет» земельного участка – перемещение полностью всего участка в место, находящееся далеко от места его фактического расположения [Овчинникова, 2013а, Соорег, 2013].

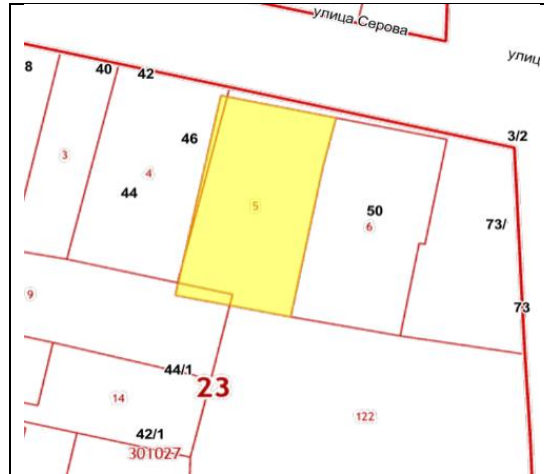


Рис. 2. Пересечение границ двух смежных земельных участков  
Fig. 2. Crossing the borders of two adjacent land plots

Спорным является земельный участок 23:43:116001:8. Определить, что это не простое пересечение границ, можно установив, что под наложенным земельным участком находится участок 23:43:116001:15 (рис. 3).



Рис. 3. Примеры реестровых ошибок, связанных с наложением земельных участков  
Fig. 3. Examples of registry errors related to overlapping land parcels

В этом случае, помимо реестровой ошибки расположения границ, присутствует и ошибка в адресе, а именно в названии улицы. В сведениях ЕГРН относительно спорного

объекта недвижимости указано название улицы как ул. Опытная, хотя, согласно картографическим данным, улица называется ул. Опятная.

Исправление реестровых ошибок, связанных с наложением земельных участков, остается прерогативой собственников или третьих лиц, чьи права нарушены вследствие такой ошибки, чаще всего в судебном порядке. Однако, часто можно встретить наложение земельных участков, не связанное с нарушением прав иных правообладателей. Как правило, такие ошибки связаны с дублированием сведений в ЕГРН.

Такие ошибки носят, как правило, технический характер, однако, в отдельных случаях могут быть вызваны и действиями кадастрового инженера, что позволяет причислить их к реестровым. Появление в сведениях ЕГРН сведений о двух земельных участках несет для собственника негативные последствия в виде двойного налогообложения [Васиог, Wgobel, 2017; Липски, 2020].

Исправление реестровой ошибки – сложная процедура как с правовой, так и с технической точки зрения. Прежде всего, отличаются субъекты, которые могут инициировать процесс исправления ошибки. Это может быть сам орган регистрации прав, в том случае, если ошибка будет обнаружена им самостоятельно, и эта ошибка связана с местоположением границ, или любое заинтересованное лицо, в роли которого выступает либо собственник проблемного участка, либо собственник объекта недвижимости, который пострадал в результате ошибки.

В зависимости от причины возникновения ошибки различаются профилактические мероприятия, необходимые для устранения возможности повторения таких ошибок в будущем. Так, существуют различные предложения, связанные с совершенствованием деятельности кадастрового инженера путем введения обязанности проводить контроль качества координат вновь образованных земельных участков, путем определения координат характерных точек границ смежных земельных участков [Золина, 2016], путем усложнения квалификационных требований квалификационного экзамена и требований допуска претендентов на должность кадастрового инженера [Полякова, 2017], через усиление ответственности за предоставление ошибочных данных в орган государственной регистрации и более широкое использование полномочий саморегулируемых организаций в процессе выявления и устранения реестровых ошибок [Антропов, Скачкова, 2016].

Устранению ошибок, связанных с воздействием внешних факторов, может послужить совершенствование нормативно-правовой базы через устранение коллизий и пробелов в правовом регулировании. Другим важным аспектом может стать формирование единой практики решения кадастровых споров, в том числе по поводу реестровых ошибок органом государственной регистрации, через издание локальных нормативных актов.

Порядок внесения в ЕГРН исправлений, связанных с реестровой ошибкой, закреплен в приложении № 4 к Приказу Министерства экономического развития РФ от 16 декабря 2015 г. № 943. Нормативный акт содержит ограничения для исправления реестровой ошибки органом регистрации прав. Так, его можно осуществить, только если такое исправление не несет за собой прекращение, возникновение или переход зарегистрированного права на объект недвижимости, а также если существуют основания полагать, что исправление такой ошибки может причинить вред или нарушить законные интересы правообладателей или третьих лиц, которые полагались на соответствующие записи, содержащиеся в ЕГРН. В этих случаях принять решение может только суд. Существование подобных ограничений необходимо для охраны абсолютного права – права собственности и сохранения стабильности гражданского оборота [Литвиненко, 2018].

Тем не менее, решение о наличии оснований для исправления реестровой ошибки без обращения в суд, а по решению регистратора прав принимается в результате правовой экспертизы представленных документов органом регистрации прав самостоятельно.



Реестровая ошибка может быть исправлена только в результате поступления органу регистрации прав документов, которые содержат сведения о соответствующей ошибке, причинах её возникновения, а также сведения, необходимые для исправления такой ошибки. Таким образом, для её исправления необходимо получить исправленные документы, которые содержат указанную ошибку [Асеева, Деревенец, 2016]. Для этого необходимо обратиться либо к кадастровому инженеру, допустившему данную ошибку, либо к иным лицам, которые могли допустить такую ошибку. Если ни то, ни другое невозможно, не исключается возможность обратиться в суд.

Первый этап исправления ошибки в местоположении границ земельного участка заключается в составлении кадастровым инженером межевого плана. Порядок его составления рассмотрим на примере исправления реестровой ошибки местоположения границ земельного участка с кадастровым номером 23:43:136082:43, расположенном в Прикубанском городском округе г. Краснодара, собственник которого обратился за исправлением реестровой ошибки. В приведенном примере имеет место смещение контура границ земельного участка и как результат – наложение земельных участков (рис. 4).

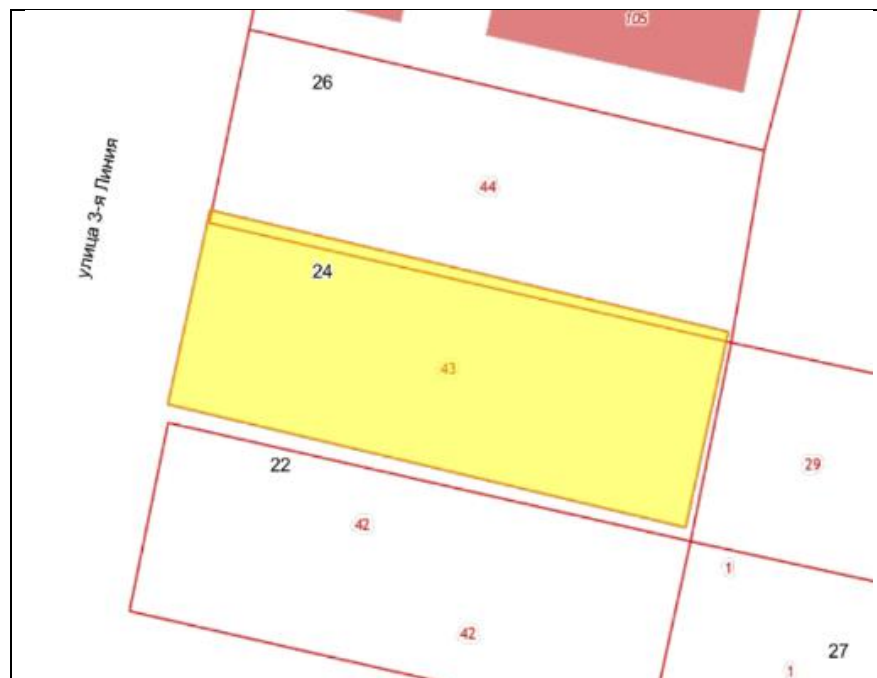


Рис. 4. Реестровая ошибка в местоположении границ земельного участка  
Fig. 4. Registry error in the location of the boundaries of the land

Подготовка межевого плана кадастровым инженером состоит из нескольких этапов: подготовительного, полевого и камерального. Устанавливается способ согласования границ и дата проведения кадастровых работ, а также порядок и дата подписания акта согласования границ [Литвиненко, 2018].

Акт согласования границ является правовой гарантией для собственников смежных земельных участков. Согласование в рассматриваемом случае произведенных изменений необходимо выполнить индивидуально с собственниками смежных земельных участков с кадастровыми номерами 23:43:136082:29, 23:43:136082:44, 23:43:136082:42.

В результате выполнения всех этапов составления межевого плана итоговый документ передается заказчику для подачи заявления об исправлении реестровой ошибки в орган регистрации прав – Росреестр, для принятия окончательного решения и постановки земельного участка на кадастровый учет.

Приведенный пример является относительно несложным и его решение допустимо во внесудебном порядке по ряду причин: земельный участок имеет простую конфигурацию, границы земельного участка смещены целиком, площадь и конфигурация земельного участка в результате ошибки не нарушена, интересы смежных землепользователей не затрагиваются, изменения необходимо внести в границы только одного исправляемого земельного участка.

Решение реестровой ошибки не всегда возможно в досудебном порядке. Если в результате исправления ошибки площадь земельного участка изменится более чем на 10 %, если исправление реестровой ошибки влечет за собой возникновение, изменение или прекращение прав собственности, если собственники смежных участков отказываются согласовывать уточнение границ земельного участка, то единственной возможностью для собственника земельного участка остается обращение в суд. Также невозможно внесудебное решение спора в том случае, если существует спор о фактическом местоположении границы земельного участка.

Разрешение споров по устранению реестровых ошибок подсудно районным судам первой инстанции в порядке искового производства. Первой стадией любого судебного разбирательства является подача иска. Сложность для дел в отношении реестровых ошибок состоит в выборе надлежащего ответчика и способа защиты нарушенного права. Существует две ситуации: с иском обращается сам собственник земельного участка сведения, о котором внесены в ЕГРН с ошибкой, или собственник соседнего участка, чьи права были нарушены [Юрченко, 2018б].

Следует различать ситуацию, когда спор возникает по поводу реестровой ошибки, и ситуацию, когда в ходе судебного заседания решается вопрос по поводу межевого спора, связанного с оспариванием фактического местоположения границ. Межевой спор затрагивает перемещение межевых знаков, перенос или снос заборов, строений и т. д. Исправление реестровой ошибки затрагивает исключительно сведения в ЕГРН.

В качестве ответчиков привлекаются собственники земельных участков, в местоположении границ которых допущена ошибка в сведениях ЕГРН. Однако, такая ситуация является неправильной, поскольку их вина в нарушении границ земельного участка отсутствует. Собственники земельных участков могут нести ответственность в том случае, если нарушение границ земельного участка произошло в результате их действий, например, в случае самозахвата, однако, такой спор уже будет являться межевым [Забугин, Юрченко, 2010; Юрченко, 2018а].

Вина за возникновение реестровой ошибки лежит на кадастровом инженеру или ином лице, подавшем ошибочные сведения, которые в дальнейшем были включены в ЕГРН. Надлежащим ответчиком по делам о реестровой ошибке является кадастровый инженер. В зарубежных странах, например, в Англии, разработан механизм устранения таких ошибок силами самих кадастровых инженеров в пределах тридцати лет с момента выполнения ими кадастровых работ, содержащих ошибочные сведения [Шумаева и др., 2016; Goymour, 2019]. В России подобный механизм уже предусмотрен законом, однако не до конца урегулирован вопрос обращения в суд.

Росреестр привлекается по делам об исправлении реестровой ошибки в качестве третьего лица, не заявляющего самостоятельных требований относительно предмета спора.

Судебный порядок устранения реестровой ошибки рассмотрим на примере земельного участка 23:43:136082:43. Предмет иска в данном случае – возникшая в процессе кадастровой деятельности реестровая ошибка, которая ограничивает права собственника по пользованию его земельным участком, а значит, подлежит исправлению. Основание иска – обстоятельства, на которые ссылается истец с целью подтверждения своих требований к ответчику. В данном случае основанием будет являться отказ собственника участка



23:43:136082:44. В этом случае отсутствует спор о фактических границах земельных участков между смежными землепользователями.

В исковом заявлении необходимо указать, в чем именно заключается нарушенное право истца, причем причиной такого нарушения должны стать действия ответчика. К исковому заявлению необходимо приложить документы, подтверждающие право собственности истца на спорный земельный участок и иные документы, позволяющие установить границы исправляемого земельного участка. Необходимо приложить документы, обосновывающие наличие реестровой ошибки – заключение кадастрового инженера. Просительная часть искового заявления должна содержать требования о постановке на учет в ЕГРН исправленного участка истца в измененных границах, а значит, в заявлении необходимо указать характерные поворотные точки границ с привязкой к местности [Можная, Юрченко, 2020].

После принятия иска к производству районным судом начинается судебное разбирательство, в процессе которого суд опирается на документы, представленные истцом и ответчиком, а также может назначить проведение судебной землеустроительной экспертизы. В нашем случае необходимым требованием является наличие у эксперта специальных знаний в области землеустройства, кадастровой деятельности, формирования земельных участков и действующего законодательства в данной области. Экспертиза земельного участка может быть назначена как по инициативе самого суда, так и по ходатайству одной из сторон. По делам об исправлении реестровой ошибки экспертиза является неотъемлемой частью судебного разбирательства.

После рассмотрения дела и вынесения положительного решения об исправлении реестровой ошибки и вступления определения суда в законную силу, истцу необходимо обратиться в орган регистрации прав для внесения изменения в сведения ЕГРН. Отличием от внесудебного способа решения реестровой ошибки будет основание исправления ошибки. Если в первом случае это документ, подготовленный кадастровым инженером, то во втором случае – определение суда об исправлении реестровой ошибки.

### **Заключение**

На сегодняшний день реестровые ошибки есть и остаются существенным недостатком сведений, представленных в ЕГРН, оказывают негативное влияние на гражданско-правовые отношения, ставят под сомнение принцип достоверности сведений в ЕГРН, нанося репутационный ущерб Росреестру.

В процессе исследования были выделены основные характерные черты реестровых ошибок, отличающие их от иных видов ошибок в сведениях ЕГРН. Оценка причин возникновения реестровых ошибок и их распространенности на примере объекта исследования муниципального образования город Краснодар показывает, что вопросы поиска и исправления таких ошибок остаются актуальными.

Существующая законодательная база создает основу для решения вопросов, связанных с ошибками, как во внесудебном, так и в судебном порядке, однако не до конца остаются урегулированы вопросы выбора надлежащего истца и полной ответственности кадастрового инженера. Исправление реестровых ошибок в сведениях ЕГРН остается актуальным вопросом в муниципальном образовании город Краснодар и в других регионах.

Внесудебный и судебный порядок исправления реестровой ошибки неравнозначны с точки зрения затрат времени и денежных средств. Судебное разбирательство – дорогой и длительный процесс, который не состоит в прямой зависимости от сложности реестровой ошибки. Увеличение сложности решаемой реестровой ошибки кратно увеличивается, однако даже самый маленький судебный спор несет большие затраты для собственника.

### Список источников

1. Публичная кадастровая карта. Электронный ресурс. URL: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения 09.02.2021).
2. Забугин Н.Н., Юрченко К.А. 2010. Ведение государственного кадастра недвижимости в муниципальном образовании (районе, городе. Краснодар, КубГАУ, 128 с.

### Список литературы

1. Аврунев Е.И., Вылегжанина В.В., Гиниятов И.А. 2019. Урегулирование земельных споров, возникающих в результате пересечения границ ранее учтенных земельных участков. В кн.: Регулирование земельно-имущественных отношений в России: Правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. Новосибирск, 14–15 декабря 2017 г. Новосибирск, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 1: 3–9.
2. Антропов Д.И., Скачкова Д.И. 2016. Особенности выявления и устранения кадастровых ошибок в сведениях кадастра недвижимости. Имущественные отношения в российской федерации, 1 (172): 15–20.
3. Асеева М.А., Деревенец Д.К. 2016. Экономическая эффективность государственного кадастра недвижимости в землеустройстве. В кн.: Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее. VI международная научно-практическая конференция. Пенза, 12 декабря 2016 г. Пенза, Наука и Просвещение: 125–127.
4. Батин П.С., Дубровский А.В., Рунковская Г.А. 2017. Классификация видов реестровых ошибок и причин их низкого выявления. Интерэкспо Гео-Сибирь, 3 (2): 82–86.
5. Золина В.В. 2016. Особенности выявления и устранения кадастровых ошибок в сведениях кадастра недвижимости. Инновационная деятельность: теория и практика, 9 (5): 14–18.
6. Липски С.А. 2020. О некоторых последствиях нечеткости понятий и определений в земельном законодательстве. Аграрное и земельное право, 1 (181): 48–50.
7. Литвиненко М.В. 2018. Практические аспекты исправления реестровых ошибок при наложении границ нескольких смежных земельных участков. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 62 (5): 530–535. DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-5-530-535.
8. Можная Е.В., Юрченко К.А. 2020. Практические вопросы уточнения границ земельных участков. В кн.: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 24 апреля 2020 г. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина: 107–110.
9. Овчинникова А.Г. 2013а. Классификация ошибок в сведениях государственного кадастра недвижимости о земельных участках. Известия высших учебных заведений. геодезия и аэрофотосъемка, 2: 90–95.
10. Овчинникова А.Г. 2013б. Методика устранения ошибок в сведениях государственного кадастра недвижимости о земельных участках. Дис. ... канд. техн. наук. Москва, 171 с.
11. Полякова О.А. 2017. Кадастровая ошибка. В кн.: Научные достижения и открытия современной молодежи. Международная научно-практическая конференция. Пенза, 17 февраля 2017 г. Пенза, Наука и Просвещение: 657–659.
12. Шумаева К.В., Хлевная А.В., Мисюгина Е.Н. 2016. Зарубежный опыт применения 3d-кадастра недвижимости. В кн.: Лучшая научная статья 2016. Сборник статей победителей V международного научно-практического конкурса. Пенза, 30 декабря 2016 г. Пенза, Наука и Просвещение: 389–394.
13. Юрченко К.А. 2018а. Сущность и содержание организационно-экономического механизма регулирования земельных отношений. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика, 1 (215): 26–32.
14. Юрченко К.А. 2018б. Упорядочение землевладений (землепользований) на основе проведения комплекса землеустроительных работ. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 9 (164): 36–41.



15. Goymour A. 2019. Mistaken registrations of land: exploding the myth of «Title by registration». *The Cambridge Law Journal*, 72 (3): 617–650. DOI:10.1017/S000819731300072X.

16. Cooper S. 2013. Regulating fallibility in registered land titles. *The Cambridge Law Journal*, 72 (2): 341–368. DOI:10.1017/S0008197313000494.

17. Bacior S., Wrobel J. 2017. Impact of the mistakes in the land and buildings registry on real estate transactions. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, 3: 21–33. DOI: 10.15576/GLL/2017.3.21.

## References

1. Avrunev E.I., Vylegzhaniina V.V., Giniyatov I.A. 2019. Settlement of Land Disputes Arising out as a Result of Crossing the Borders of Early Accommodated Land Plots. In: *Regulirovaniye zemelno-imushchestvennykh otnosheniy v Rossii: Pravovoye i geoprostranstvennoye obespecheniye, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskiye resheniya* [Regulation of land and property relations in Russia: Legal and geospatial support, real estate appraisal, ecology, technological solutions]. Novosibirsk, 14–15 December 2017. Novosibirsk, Siberian State University of Geosystems and Technologies, 1: 3–9.

2. Antropov D.V., Skachkova D.I. 2016. Identification and Elimination of Errors in Cadastral Surveying Objects Cadaster. *Property Relations in the Russian Federation*, 1 (172): 15–20 (in Russian).

3. Aseeva M.A., Derevenetz D.K. 2016. Economic Performance of State Property Inventory Land Management. In: *Science and education: preserving the past, creating the future. VI international scientific conference*. Penza, 12 December 2016. Penza, Science and Education: 125–127 (in Russian).

4. Batin P.S., Dubrovsky A.V., Runkovskaya G.A. 2017. Registry Errors: Classification and Causes of Poor Detection. *Interexpo GEO-Siberia*, 3 (2): 82–86 (in Russian).

5. Zolina V.V. 2016. Features of Identification and Elimination of Cadastral Mistakes in Data of the Inventory of the Real Estate. *Innovative activity: theory and practice*, 9 (5): 14–18 (in Russian).

6. Lipsky S.A. 2020. On Some of the Consequences of Fuzzy Concepts and Definitions in Land Legislation. *Agrarian and land law*, 1 (181): 48–50 (in Russian).

7. Litvinenko M.V. 2018. Practical Aspects of the Correction of Registry Errors in the Imposition of the Boundaries of Several Adjacent Land Plots. *Proceedings of the Higher Educational Institutions. Izvestia vuzov «Geodesy and aerophotosurveying»*, 62 (5): 530–535. DOI: 10.30533/0536-101X-2018-62-5-530-535 (in Russian).

8. Mozhnaya E.V., Yurchenko K.A. 2020. Practical Issues to Clarify the Boundaries of Land. In: *Modern problems and prospects for the development of land and property relations. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference*. Krasnodar, 24 April 2020. Krasnodar, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin: 107–110 (in Russian).

9. Ovchinnikova A.G. 2013a. Klassifikatsiya oshibok v svedeniyakh gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti o zemelnykh uchastkakh [Classification of errors in the information of the state real estate cadastre on land plots]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. geodeziya i aerofotosyemka*, 2: 90–95.

10. Ovchinnikova A.G. 2013b. Metodika ustraneniya oshibok v svedeniyakh gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti o zemelnykh uchastkakh [Methodology for eliminating errors in the information of the state real estate cadastre on land plots]. Dis. ... cand. tech. sciences. Moscow, 171 p.

11. Polyakova O.A. 2017. Cadastral Error. In: *Scientific achievements and discoveries of modern youth. International scientific conference*. Penza, 17 February 2017. Penza, Science and Education: 657–659 (in Russian).

12. Shumaeva K.V., Khlevnaya A.V., Misyugina E.N. 2016. Foreign Experience of Application of 3d-Cadastre. In: *The best scientific article 2016. Collection of articles by the winners of the V international scientific and practical competition*. Penza, 30 December 2016. Penza, Science and Education: 389–394 (in Russian).

13. Yurchenko K.A. 2018b. The Essence and Content of the Organizational and Economic Mechanism for Regulating Land Relations. *The Bulletin of the Adyghe State University, Series "Economics"*, 1 (215): 26–32 (in Russian).

14. Yurchenko K.A. 2018c. Streamlining of Land Tenures by Land Management Activities. *Land management, monitoring and cadastre*, 9 (164): 36–41 (in Russian).



15. Goymour A. 2019. Mistaken registrations of land: exploding the myth of «Title by registration». *The Cambridge Law Journal*, 72 (3): 617–650. DOI:10.1017/S000819731300072X.

16. Cooper S. 2013. Regulating fallibility in registered land titles. *The Cambridge Law Journal*, 72 (2): 341–368. DOI:10.1017/S0008197313000494.

17. Bacior S., Wrobel J. 2017. Impact of the mistakes in the land and buildings registry on real estate transactions. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, 3: 21–33. DOI: 10.15576/GLL/2017.3.21.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Понамарев Виталий Евгеньевич**, студент землеустроительного факультета Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

**Юрченко Ксения Александровна**, канд. экон. наук, доцент кафедры землеустройства и земельного кадастра Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vitaly E. Ponomarev**, student of the land management faculty of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

**Ksenia A. Yurchenko**, candidate of economic sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Land Cadastre of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia



УДК 502.654

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-206-213

## Экологическое состояние водных ресурсов рек Ирака

**Везенцев А.И., Кзар Даилал Али, Воловичева Н.А.,  
Королькова С.В., Аль-Атея А.Т.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

**Аннотация.** Основными направлениями использования вод в Ираке являются орошение, выработка электроэнергии и питьевое водоснабжение. При этом наиболее активным потребителем воды является сельское хозяйство. В настоящей работе рассмотрена проблема загрязнения природной пресной воды рек Ирака катионами тяжелых металлов, поскольку к настоящему времени данный аспект недостаточно изучен. Целью исследования является комплексный сравнительный анализ уровня содержания тяжелых металлов в водах реки Евфрат. Показано, что бесконтрольный сброс в речные бассейны рек Тигр и Евфрат сточных вод, имеющих высокое содержание поллютантов бытового и техногенного происхождения, привело к прогрессирующей неудовлетворительной экологической ситуации. Приведены результаты разовых экспериментальных исследований проб воды реки Евфрат из 8 станций водозабора. Выявлено превышение в природных водах предельно допустимой концентрации катионов таких тяжелых металлов, как никель, кадмий и свинец более чем в 200 раз. Сделан вывод о том, что Загрязнение природной воды рек Ирака является следствием не только климатических особенностей, но и отсутствия должного надзора за предприятиями, осуществляющими бесконтрольный сброс сточных вод в природную гидросферу и неудовлетворительным состоянием городских очистных сооружений.

**Ключевые слова:** загрязнение вод тяжелыми металлами, водные ресурсы Ирака, проблемы очистки воды, экологические проблемы водных ресурсов, реки Ирака, река Евфрат, река Тигр.

**Для цитирования:** Везенцев А.И., Кзар Даилал Али, Воловичева Н.А., Королькова С.В., Аль-Атея А.Т. 2021. Экологическое состояние водных ресурсов рек Ирака. Региональные геосистемы, 45 (2): 206–213. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-206-213

---

## Ecological status of Iraq river's water

**Aleksandr I. Vesentsev, Kzar Dailal Ali, Natalia A. Volovicheva,  
Svetlana V. Korolkova, Anver T. Al-Ateya**

Belgorod National Research University  
85 Pobedy St, Belgorod, 3080015, Russia  
E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

**Abstract.** The problem of the natural fresh water pollution of Iraq's rivers by cations of transition metal is considered in this article. The main uses of water in Iraq are irrigation, electricity generation and drinking water supply. At the same time, agriculture is the most active consumer of water. It is shown that the uncontrolled discharge into the river basins of the rivers Tigris and Euphrates of wastewater with a high content of pollutants of domestic and technogenic origin has led to a progressively unsatisfactory ecological situation. The researching results of water samples from the Euphrates River from 8 water intake stations are presented. An excess of the maximum permissible concentration of transition cations such as nickel, cadmium and lead in natural waters was revealed by more than 200 times. The pollution of the natural water Iraq's rivers is a consequence of climatic features and of the lack of proper supervision

of enterprises that carry out uncontrolled discharge of wastewater into the natural hydrosphere and the unsatisfactory state of urban wastewater treatment plants.

**Keywords:** water pollution by transition metals, Iraqi water resources, water treatment problems, environmental problems of water resources, Iraqi rivers, Euphrates river, Tigris river.

**For citation:** Vesentsev A.I., Kzar Dailal Ali, Volovicheva N.A., Korolkova S.V., Al-Ateya A.T. 2021. Ecological status of Iraq river's water. Regional geosystems. 45 (2): 206–213 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-206-213

## Введение

В течение двадцатого века природная экологическая система Ирака подверглась преобразованиям, которые привели к ухудшению состояния водных ресурсов, опустыниванию земель, оскудению растительности, повышению уровня загрязнителей в воздухе.

Население Ирака страдает от низкого качества питьевой воды ввиду отсутствия скоординированной политики, направленной на экологическую безопасность объектов гидросферы. В частности, активное, зачастую несанкционированное строительство плотин в притоках рек Тигр и Евфрат, ведущееся без учета потребностей населения в качественной питьевой воде, а также неконтролируемый сброс поллютантов органического и неорганического происхождения привели к критической экологической ситуации.

Ухудшение качества воды в реках Тигр и Евфрат наблюдается с момента их входа на территорию Ирака и до их впадения в Персидский залив. Активные точки сброса жидких и твердых отходов в указанные реки находятся в районах, расположенных к югу от Багдада. Это, в свою очередь, ведет к дополнительному загрязнению, изменению текстуры и химического состава почв в областях, через которые проходит река Евфрат.

Загрязнение тяжелыми металлами является широко распространенным явлением, вызывающим серьезное опасение за состояние окружающей среды. Являясь высокотоксичными и трудно разлагаемыми, они влекут серьезные последствия для водных экосистем [Jumbe, Nandini, 2009; Kumar et al., 2013]. Тяжелые металлы широко используются при производстве пестицидов, бытовой техники, стоматологических амальгам, фотобумаги, красок, а также в машиностроении и горнодобывающей промышленности.

Тяжелые металлы являются причиной многих серьезных заболеваний. Например, присутствие свинца в нервной ткани у детей вызывает отклонения в психическом развитии [Needleman, Bellinger, 1991; Alomary, 2013]. Указанный металл занимает второе место в двадцатке самых патогенных элементов (после мышьяка). Его органами-мишенями являются кости, кровь, почки, репродуктивная и сердечно-сосудистая системы, а также мозг и щитовидная железа [Bergdahl, 1988; HMRC, 2003].

Основными органами, подверженными поражению кадмием, являются почки и печень. А высокий уровень цинка в организме может вызвать мышечную боль, острую почечную недостаточность, панкреатит и анемию. Определенные заболевания человека, к примеру такие, как аллергические реакции, хронические язвы и перфорация носовой перегородки связаны также с попаданием в организм хрома. Патогенное воздействие никеля на организм заключается в повреждении тканей сердца и печени, снижении массы тела и раздражении кожи [Needleman, Bellinger, 1991]. Поэтому мониторинг содержания этих металлов является важной и актуальной задачей для оценки безопасности окружающей среды и, как следствие, для здоровья человека.

Целью настоящей работы является комплексный сравнительный анализ результатов исследования уровня содержания тяжелых металлов в водах реки Евфрат, протекающей через территорию Ирака.



## Объекты и методы исследования

В Ираке неочищенные сточные воды с городских территорий стекают в реки, неся с собой отходы бытового и промышленного водопользования. Возвратные воды оросительного земледелия также ухудшают качество воды. Самый высокий уровень загрязнения объектов гидросферы наблюдается возле крупнейших городов Багдад и Мосул.

Проблема засоления воды в Ираке стоит более остро, чем, например, в Турции. Наиболее сильно эффект засоления проявляется в центральной и южной частях Месопотамской низменности ввиду более высокой скорости испарения и интенсивных процессов орошения в этом регионе.

Помимо сбросов с территории человеческих поселений, источником загрязнения речной воды также являются засоленные грунтовые воды в пойме реки. Эта проблема становится особенно острой в летние месяцы, когда снижается уровень воды в реке.

Ранее проведенные минералогические, геохимические и экологические исследования проб воды, отобранных из рек Евфрат и Тигр, показали наличие аномального высокого уровня загрязнения катионами свинца, цинка, кадмия и хрома [Jawad, 1984; Al-Taiee, Rasheed, 2009].

Примером загрязнения речных вод опасными поллютантами является производство медикаментов. Данный вид промышленных отходов, попадающих в реки, содержит большое количество тяжелых металлов в виде трудно разлагаемых фосфатов. Опасность также представляет традиционный выброс в речные воды гнилых овощей и фруктов, а также старых автомобилей и других металлических конструкций. Это приводит к дополнительному увеличению доли катионов железа, кадмия, свинца и других элементов в водах. Отходы сельскохозяйственного производства способствуют увеличению доли нитратов и нитритов в речной воде за счет использования удобрений и пестицидов, что приводит к увеличению доли органических соединений в реках [Salah et al., 2015].

С целью получения достоверных результатов и минимальной погрешности при определении тяжелых металлов в пробах природных и сточных вод использовали комплексный подход и следующие методы исследования: атомно-абсорбционную спектрометрию в пламенной и графитовой печи, масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), нейтронно-активационный анализ, оптическую эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES), масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой с электротермическим испарением (ETV-ICP-MS), эмиссионную спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICP-ES) и масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой с лазерной абляцией (LA-ICP-MS).

## Результаты исследования и их обсуждение

В рамках настоящего исследования проведен анализ содержания катионов тяжелых металлов в пробах вод, отобранных из восьми водозаборных станций, расположенных по ходу течения реки Евфрат (рис. 1).

Согласно данным, представленным в работе Un-Escwa B.G.R. [2013], объемы среднегодового стока за период 1930–1973 гг. составляли порядка 30 млн м<sup>3</sup>. Однако после начала активного строительства плотин в период с 1974 г. по 2010 г. наблюдается постепенное снижение объемов среднегодового стока в среднем до 25 млн м<sup>3</sup>. Эта тенденция сохраняется и в настоящее время.

В официальной информационной справке, опубликованной в 2010 г. Министерством водных ресурсов Ирака, отмечается устойчивое снижение притока воды в районе иракско-сирийской границы. В марте 2009 г. Ирак зарегистрировал рекордно низкой уровень стока в 250 м<sup>3</sup>/с по Евфрату.

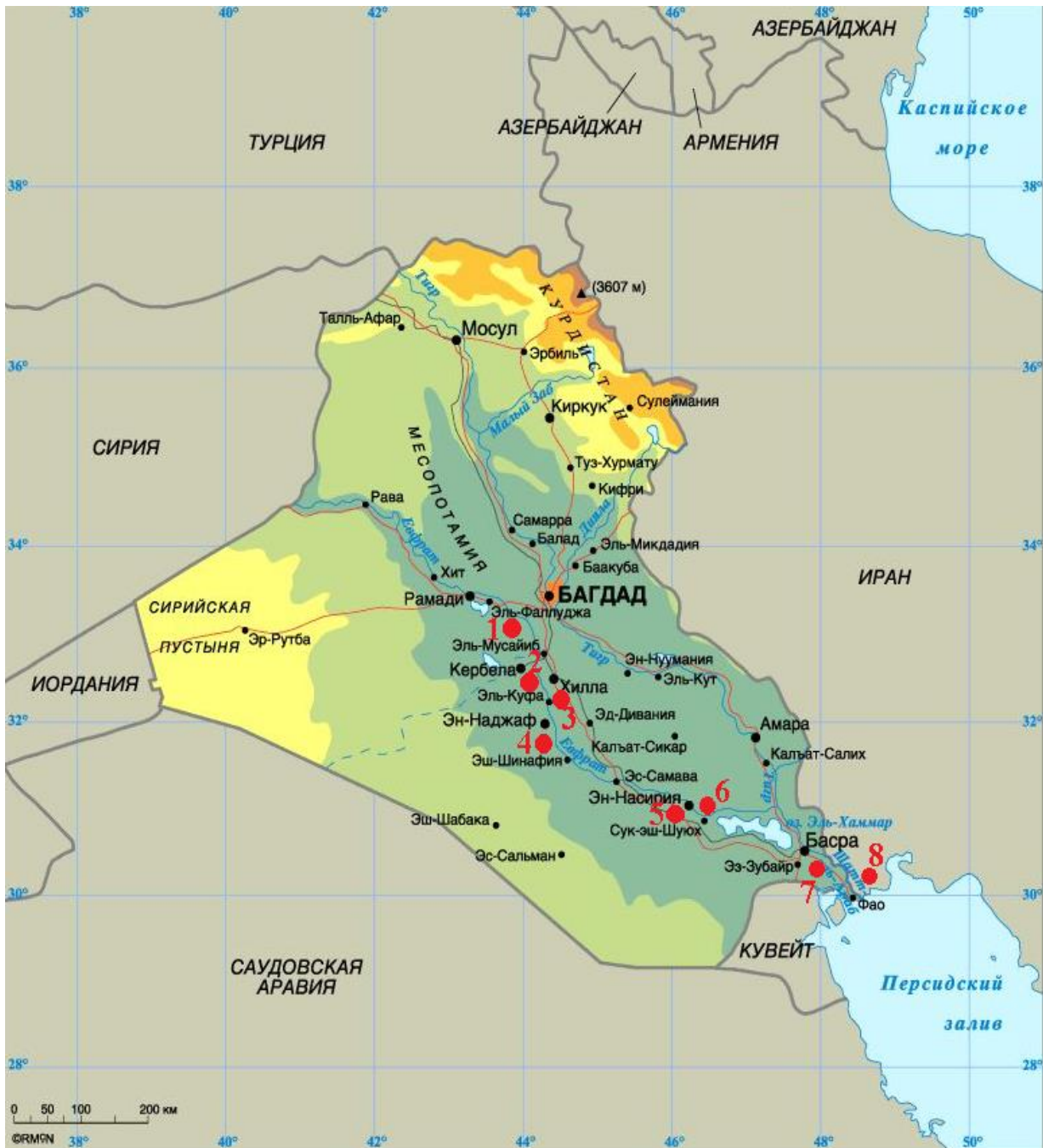


Рис. 1. Станции отбора проб воды, расположенные по ходу течения реки Евфрат:  
1 – Анбар; 2 – Эль-Хиндия-Эль-Куфа; 3 – река Шатт, Эль-Хилла; 4 – Або-Гарак  
(южное направление от города Кифил); 5 – Эн-Насирия; 6 – река Эль-Героф Насирия;  
7 – река Карматт Али; 8 – устье реки Шатт-Эль-Араб

Fig. 1. Water sampling stations located along the course of the Euphrates River:  
1 – Anbar; 2 – Al-Hindiyyah-Al-Kufa; 3 – Shatt River, Al-Hillah; 4 – Abo-Garack  
(south side of Kyphyl); 5 – An-Nasiriyah; 6 – Al-Geraf River, Nasiriyah;  
7 – River Qarmatt Ali; 8 – mouth of the Shatt-Al-Arab River

Основными направлениями использования вод в бассейне реки Евфрат в Ираке, а также Сирии и Турции являются орошение, выработка электроэнергии и питьевое водоснабжение. При этом наиболее активным потребителем воды (более 70 %) является сельское хозяйство. Среднегодовой расход воды в районе городов Хит, Рамади и Эль-Фалуджа



составляет 850 м<sup>3</sup>/с. К устью в результате активного водозабора на орошение, а также потерь стока на испарение и просачивание средний расход воды уменьшается до 400 м<sup>3</sup>/сек.

Интенсивная сельскохозяйственная деятельность и сброс неочищенных сточных вод в Евфрат и его притоки способствуют загрязнению реки поллютантами различного происхождения, в числе которых и ионы тяжелых металлов.

В табл. 1 представлены результаты разовых экспериментальных исследований по определению массового содержания ионов Cr<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup>, которые, однако, позволяют сформировать общее представление о содержании катионов тяжелых металлов на протяжении всего течения реки Евфрат через территорию Ирака. В табл. 2 представлены нормативные значения содержания указанных тяжелых металлов в природных водах.

Таблица 1  
Table 1

Содержание катионов тяжелых металлов (мг/л) в пробах воды, отобранных из водозаборных станций, расположенных на реке Евфрат  
 Contain of transition metal cations (mg / l) in water samples taken from water intake stations located on the Euphrates River

№ п\п	Станция отбора	Содержание катионов тяжелых металлов, мг/л				
		Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
1	Анбар [Salah et al., 2015]	0,124	0,340	0,038	0,116	0,528
2	Эль-Хиндия-Эль-Куфа [Hassan et al., 2010]	0,0001	0,106	0,0001	0,0021	0,00010
3	река Шатт, город Эль-Хилла [Hussein et al., 2014]	–	0,389	–	0,0002	0,00018
4	Або-Гарак (южнее города Кифил) [Habeb et al., 2015]	–	0,105	–	0,0066	0,00143
5	Эн-Насирия [Al-Khafaji et al., 2011]	–	0,726	–	0,0002	0,00020
6	река Эль-Гераф, Насирия [Nadhir, 2013]	–	–	–	0,0267	–
7	река Карматт Али [Al-Khafaji, 2001]	–	0,6905	–	0,00013	0,00031
8	устье реки Шатт-Эль-Араб [Al-Taiee, Rasheed, 2009]	–	8,11	13,00	–	16,09

При анализе табл. 1 выявлено, что содержание катионов тяжелых металлов в природной воде из точек пробоотбора, расположенных ближе к истоку Евфрата, является сравнительно невысоким, наблюдается точечное превышение ПДК (табл. 2), что указывает на отсутствие систематичности и может быть связано с территориальными особенностями хозяйственно-бытовой деятельности. Однако содержание уровня поллютантов увеличивается вниз по течению.

Таблица 2  
Table 2

Пределно допустимое содержание катионов тяжелых металлов (мг/л) в пробах воды согласно принятым нормативным документам  
Maximum permissible content of transition metal cations (mg / l) in water according to the adopted normative documents

Нормативные документы	Содержание катионов тяжелых металлов, мг/л				
	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
Нормативы ВОЗ [Guidelines for Drinking-water ..., 2011]	0,050	0,300	0,070	0,003	0,010
Стандарты окружающей среды Ирака [Al-Hussaini et al., 2018]	0,050	0,300	0,100	0,005	0,050

В то же время, в пробах речных вод, отобранных на станции Анбар, уже наблюдаются значительные превышения нормативов присутствия катионов тяжелых металлов. В частности, выявлено, что содержание Cr<sup>3+</sup> в 2,5 раза, Cd<sup>2+</sup> – почти в 37, а Pb<sup>2+</sup> – более чем в 50 раз превышает допустимые концентрации.

Наиболее критическая ситуация, связанная с загрязнением катионами указанных тяжелых металлов, наблюдается в районе реки Шатт-Эль-Араб. В пробах воды, отобранных на станции, расположенной на указанной реке, зафиксировано превышение по катионам Ni<sup>2+</sup> и Pb<sup>2+</sup> более чем в 200 раз. Река Шатт-Эль-Араб образуется при слиянии рек Тигр и Евфрат, ее воды активно используются на орошение сельхозугодий и производство электроэнергии (среднегодовой *расход воды* составляет 1500 м<sup>3</sup>/с). Ввиду того что в последние годы сохраняется тенденция уменьшения количества осадков, а строительство плотин вдоль двух речных потоков интенсифицируется, в реке Шатт-Эль-Араб наблюдается постоянное снижение уровня воды, что также способствует увеличению концентрации загрязняющих веществ.

Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о катастрофической экологической ситуации, которая явилась следствием отсутствия должного надзора за предприятиями, осуществляющими бесконтрольный сброс сточных вод в природную гидросферу и неудовлетворительного состояния городских очистных сооружений.

### Заключение

Трансграничное загрязнение и отсутствие грамотной экологической политики, направленной на управление речным бассейном Ирака привели к деградации основных источников пресной воды. Постоянно увеличивающаяся концентрация катионов тяжелых металлов в природных водах является причиной не только нарушения жизненных циклов биоценозов, но и развития заболеваний у людей.

Факт, учитывающий, что Ирак расположен в засушливой климатической зоне, с незначительным годовым количеством осадков, а темпы прироста населения остаются на достаточно высоком уровне, указывает на то, что в будущем проблема обеспечения качественной питьевой водой будет только обостряться.

Применяемые на территории Ирака технологии очистки сточных вод уже в настоящее время не в состоянии обеспечить потребности населения страны в пресной воде. Таким образом, указанная проблема диктует необходимость незамедлительного поиска вы-



сокоэффективных доступных и экологических способов водоподготовки. Одним из перспективных направлений, успешно зарекомендовавших себя в мировой практике, является сорбция с использованием природных материалов, например, гидроалюмосиликатов. Поэтому научные исследования, направленные на поиск новых высокоэффективных сорбентов на основе нативных сырьевых ресурсов, и разработка технологии водоочистки являются одним из рациональных путей решения проблемы обеспечения населения качественной водой.

## References

1. Al-Hussaini S.N.H., Al-Obaidy A.H.M.J., Al-Mashhady A.A.M. 2018. Environmental assessment of heavy metal pollution of Diyala River within Baghdad City. *Applied Water Science*, 8 (3): 1–6. DOI: 10.1007/s13201-018-0707-9.
2. Al-Khafaji B.Y. 2001. The Initial assessment of some trace metals in Qarmatt Ali river connected with Shatt Al-Arab. *Iraqi Journal Biology*, 1: 175–186.
3. Al-Khafaji B.Y., Mohammed A.B., Maqtoof A.A. 2011. Distribution of some heavy metals in water, sediment & fish *Cyprinus carpio* in Euphrates river near Al-Nassiriya city center south Iraq. *Baghdad Science Journal*, 8 (1): 552–560. DOI: 10.21123/bsj.2011.8.1.552-560
4. Al-Taiee T.M., Rasheed A.M. 2009. Simulation Tigris River Flood Wave in Mosul City Due to a Hypothetical Mosul Dam Break. *Damascus University Journal*, 25 (2): 17–36.
5. Alomary A. 2013. Assess determination of trace metals in drinking water in Irbid City-Northern Jordan. *Environmental monitoring and assessment*, 185 (2): 1969–1975. DOI: 10.1007/s10661-012-2680-3.
6. Bergdahl I.A. 1988. Lead-binding proteins – a way to understand lead toxicity? *Analysis*, 26 (6): 81–83.
7. Guidelines for Drinking-water Quality. 2011. Geneva, World Health Organization (WHO), 531 p.
8. Habeeb M., Al-Bermani A., Salman J. 2015. Environmental study of water quality and some heavy metals in water, sediment and aquatic macrophytas in lotic ecosystem, Iraq. *Mesopotamia Environmental Journal*, 1: 66–84.
9. Hassan F., Saleh M., Salman J. 2010. A study of physicochemical parameters and nine heavy metals in the Euphrates River, Iraq. *E-Journal of Chemistry*, 7 (3): 685–692. DOI: 10.1155/2010/906837
10. HMRC, Heavy Metal Handbook: A Guide for Health Care Practitioners, 2003. London, United Kingdom, 1–10.
11. Hussein F., Baqir S., Karam F. 2014. Seasonal Variation in Heavy Metals Contamination in Surface Water of Shatt Al-Hilla River, Babylon, Iraq. *Asian Journal of Chemistry*, 26 (2014): S207–S210. DOI: 10.14233/ajchem.2014.19047.
12. Jawad Ali A. 1984. Some trace element analysis of Pliocene Molasse and Recent Euphrates and Tigris fluvial sediments. *Chemical Geology*, 45: 213–224.
13. Jumbe A.S., Nandini N. 2009. Heavy metals analysis and sediment quality values in urban lakes. *American Journal of Environmental Sciences*, 5 (6): 678–687.
14. Kumar R.N., Solanki R., Kumar J.I.N. 2013. Kumar R. N., Solanki R., Kumar J. I. N. Seasonal variation in heavy metal contamination in water and sediments of river Sabarmati and Kharicut canal at Ahmedabad, Gujarat. *Environmental monitoring and assessment*, 185 (1): 359–368. DOI: 10.1007/s10661-012-2558-4.
15. Nadhir A. 2013. Al-Ansari. Management of Water Resources in Iraq: Perspectives and Prognoses. *Engineering*, 5 (8): 667–684. DOI:10.4236/eng.2013.58080.
16. Needleman H.L., Bellinger D. 1991. The health effects of low level exposure to lead. *Annual review of public health*, 12 (1): 111–140.
17. Salah E.A.M., Al-Hiti I.K., Alessawi K.A. 2015. Assessment of heavy metals pollution in euphrates river water, Amiriyah Fallujah, Iraq. *Journal of environment and earth science*, 5 (15): 59–70.
18. Un-Escwa B.G.R. 2013. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. In: Inventory of Shared Water Resources in Western Asia. Beirut, Lebanon, 626 p.



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Везенцев Александр Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Кзар Даилал Али**, магистрант кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Воловичева Наталья Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Королькова Светлана Викторовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры русского языка, профессионально-речевой и межкультурной коммуникации Института межкультурной коммуникации и международных отношений Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Аль-Атея Анвер Тхамер Агхаяд**, аспирант кафедры общей химии Института фармации, химии и биологии Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Aleksandr I. Vesentsev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of General Chemistry, Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Kzar Dailal Ali**, undergraduate, Department of General Chemistry, Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Natalia A. Volovicheva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of General Chemistry, Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Svetlana V. Korolkova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Russian Language, Professional-Speech and Intercultural Communication, Institute for Intercultural Communication and International Relations of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Anver T. Al-Ateya**, graduate student, Department of General Chemistry, Institute of Pharmacy, Chemistry and Biology of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 556.55 (571.56-37)  
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226

## **Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия)**

**Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А.**

Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,  
Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58  
E-mail: ulena-77@mail.ru

**Аннотация.** Озера Центральной Якутии при своей слабой изученности активно используются населением сельскохозяйственных поселений в качестве источника питьевой воды. Для восполнения существующего недостатка сведений авторами охарактеризована лимнологическая структура водоемов 16 населенных пунктов, входящих в 10 сельских поселений (наследов) Усть-Алданского района (улуса). По морфогенетической классификации И.И. Жиркова, преобладающая часть исследуемых объектов принадлежит озерам термокарстового генезиса. Остальные водоемы эрозионно-термокарстовые и водно-эрозионные. В работе применена типизация озер по их максимальной глубине: очень малые (< 3,12 м), малые (до 6,25 м), средние и повышенные (до 20 м). Подчеркнуто, что в исследуемом районе преобладали очень малые озера. Проведен кластерный анализ по набору основных морфометрических и физико-химических характеристик озер, который показал, что все изученные водоёмы были объединены в пять групп. Исключение составляли пять водоемов, имеющие наиболее высокие значения отдельных параметров. Впервые для района исследования установлены зональные изменения общей жесткости воды, а также концентраций, растворенных в воде ионов кальция и магния. Значения указанных физико-химических параметров воды озер снижаются по мере продвижения с юга на север района исследования. Морфометрические и гидрохимические параметры района исследований ранее не были измерены.

**Ключевые слова:** озеро, морфометрия, кластерный анализ, сельское поселение, междуречье Лена-Танда, Усть-Алданский район (улус).

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ по заданию № FSRG-2020-0019 и проекта РФФИ-регион 18-45-140053 р а «Эволюция природной среды Восточного сектора Арктики в голоцене с применением прокси-индикаторов (на примере Якутии)».

**Для цитирования:** Ушницкая Л.А., Городничев Р.М., Пестрякова Л.А. 2021. Морфометрические и гидрохимические характеристики озер сельских поселений Усть-Алданского района (Центральная Якутия). Региональные геосистемы, 45 (2): 214–226. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226

---

## **Morphometric and hydrochemical characteristics of lakes in rural settlements Ust-Aldansky District (Central Yakutia)**

**Lena A. Ushnitskaya, Ruslan M. Gorodnichev, Luidmila A. Pestryakova**  
M.K. Ammosov North-Eastern Federal University,  
58 Belinskogo St, Yakutsk, Republic Sakha (Yakutia), 677000, Russia  
E-mail: ulena-77@mail.ru

**Abstract.** The lakes in Central Yakutia are very scarcely studied and are actively used as a source of drinking water by the population of agricultural settlements. To fill the existing lack of information, the authors have characterized the limnological structure of water bodies in 16 villages belonging to 10 rural settlements (legacies) of the Ust-Aldansky District (ulus). According to I.I. Zhirkov's morphogenetic classification, the prevailing part of lakes belong to thermokarst genesis. The rest relate to erosion-thermokarst and water-erosion reservoirs. In this work lakes are classified according to their maximum depth: very small (< 3.12 m), small (up to 6.25 m), medium and deep (up to 20 m). We emphasize that very small lakes predominated in the study area. A cluster analysis was conducted based on a set of basic morphometric and physicochemical characteristics of the lakes, and showed that all the studied water bodies were clustered into five groups. Five water bodies with the highest values of certain parameters were the exceptions. Area-specific zonal variations in total water hardness, as well as concentrations of dissolved calcium and magnesium ions, were established for the first time for the study area. The values of the above-mentioned physicochemical lake water parameters decrease along the way from the south to the north of the study area.

**Keywords:** lake, morphometry, cluster analysis, rural settlement, Lena-Tanda interfluve, Ust-Aldansky District (ulus).

**Acknowledgements:** The work is supported by the Russian Ministry of Education and Science №FSRG-2020-0019 and the Russian Foundation for Basic Research grant no. 18-45-140053 r\_a.

**For citation:** Ushnitskaya L.A., Gorodnichev R.M., Pestryakova L.A. 2021. Morphometric and hydrochemical characteristics of lakes in rural settlements Ust-Aldansky District (Central Yakutia). Regional Geosystems, 45 (2): 214–226 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-214-226

## Введение

Для сельских поселений Республики Саха (Якутия) проблема обеспечения населения доброкачественной питьевой водой на сегодняшний день является очень актуальной. Исторически и географически сложилось, что большинство сельских населенных пунктов размещаются около озер. Тем не менее, озера, используемые для водоснабжения, быстро деградируют в результате взаимодействия природных и антропогенных факторов, поэтому приходится доставлять воду из водоемов, расположенных на больших расстояниях от сельских поселений.

Сельские населенные пункты Усть-Алданского района в абсолютном большинстве приурочены к берегам более или менее крупных озер. Немногочисленные малые реки водоносны лишь во время весеннего снеготаяния или в период выпадения осенних дождей, что не удовлетворяет потребности хозяйств и населения в водопользовании и вынуждает использовать в качестве водоисточников озера. Однако большинство озер малопригодны для питьевого водоснабжения не только в зимнее, но и в летнее время. Жители сельских населенных пунктов зимой стараются использовать для питьевых целей талую ледовую воду, применяя народный опыт самоочищения воды при ее превращении в лед.

Объектом нашего исследования послужили разнотипные озера, расположенные на междуречье Лена-Танда правобережья р. Лена (Центральная Якутия). Цель работы – выявление локальных различий морфометрических и гидрохимических параметров изученных озер Усть-Алданского района с учетом геоморфологических условий.

## Объекты и методы исследования

Объектом нашего исследования являются 36 разнотипных озер, расположенных на территории Усть-Алданского района (между  $62^{\circ}21' - 63^{\circ}07'$  с.ш. и  $130^{\circ}17' - 131^{\circ}49'$  в.д.), который находится в восточной части Центрально-Якутской равнины на правом берегу р. Лена вблизи устья р. Алдан (рис. 1). Абсолютные высоты месторасположения озер находятся в пределах от 102 м до 215 м над уровнем моря. Все изученные озера находятся



на равнинно-холмистых территориях междуречья Лена-Танда. Плотность озер в этом районе равна 40–55 на 100 км<sup>2</sup> [Атлас..., 1989]. По климатическим условиям улус относится к подзоне центральной группы районов. Климат резкоконтинентальный, засушливый. Средняя температура января –42 °С, июля +17...+18 °С. В зимние месяцы температура понижается ниже –50 °С, летом поднимается до +38 °С. Осадков выпадает 200–250 мм в год. На формирование рельефа большое влияние оказывает наличие вечной мерзлоты.

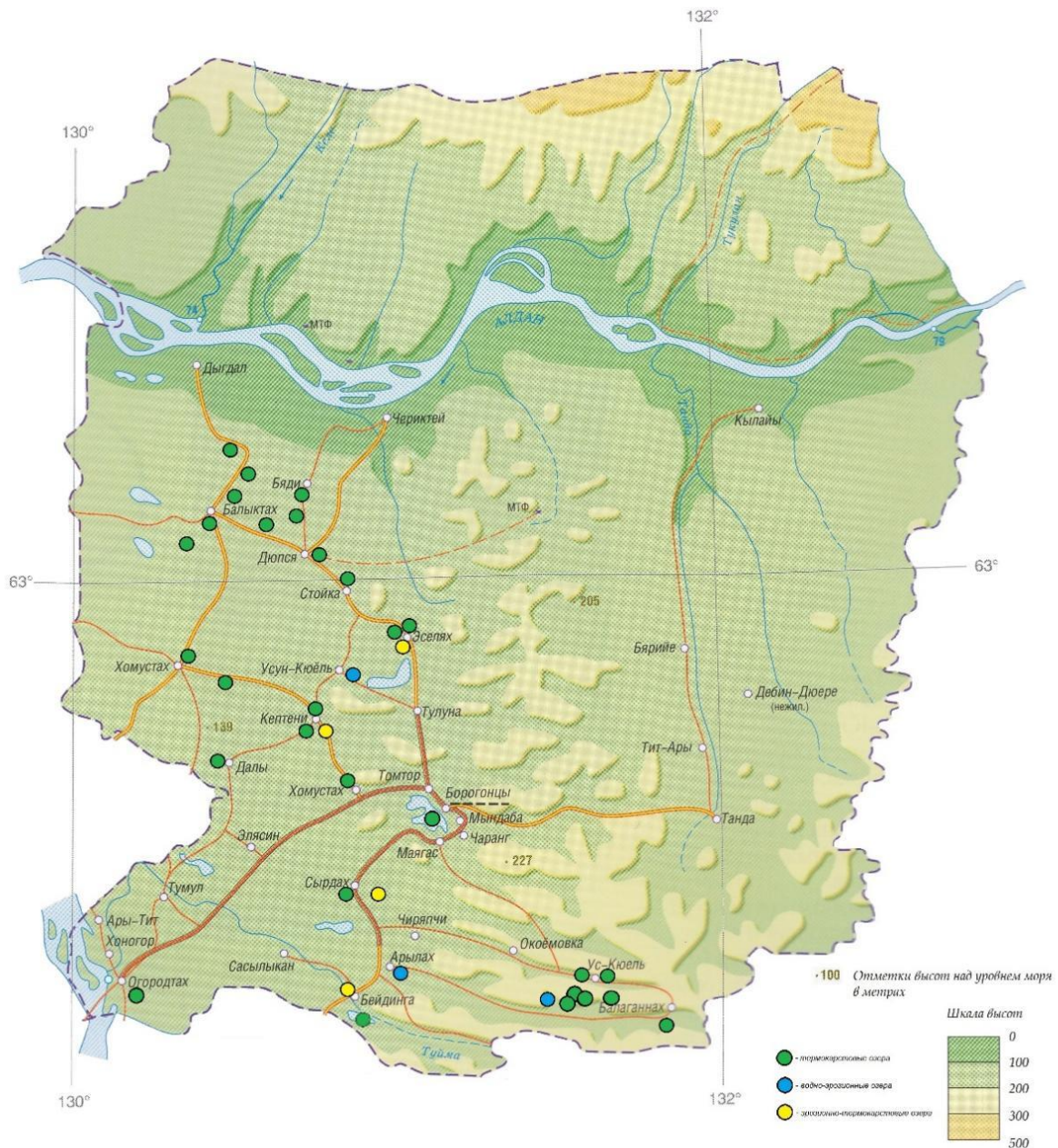


Рис. 1. Карта-схема расположения разнотипных озер по населенным пунктам

Fig. 1. Map of the location of lakes by rural settlement

Фактический материал был собран во время полевых работ в период с 1982 по 2018 гг. Изученные озера приурочены к территориям 16-ти населенных пунктов, входящих в 10 сельских поселений (наслегов) Усть-Алданского района (улуса). Преобладающая часть озер (80,5 %), согласно морфогенетической классификации И.И. Жиркова [1977; 1983; 2000; 2014], имеет термокарстовое происхождение. Остальные озера относятся к эрозийно-термокарстовому (11,2 %) и водно-эрозийному (8,3 %) типам.

Морфометрия озер отражает, с одной стороны, специфику развития котловины, а с другой стороны, – процессы, протекающие в водной массе озер. Поэтому многие лимнологи делают попытки классифицировать озера по тому или иному морфометрическому признаку [Мякишева, 2009]. В качестве основных анализируемых морфометрических показателей нами выбраны площадь водной поверхности, длина и ширина озера, его максимальная и средняя глубины. На основе указанных параметров рассчитывались коэффициент удлиненности и степень развития береговой линии [Григорьев, 1959]. При типизации озер по площади водного зеркала использована классификация П.В. Иванова [1948].

Кластерный и корреляционный анализ исследуемых параметров проведен в программе PAST Ver. 2.17c [Hammer et al., 2001] методом невзвешенного попарного среднего арифметического. В качестве меры близости использовано евклидово расстояние. Для снижения отклоняющего воздействия данных все числовые характеристики перед проведением процедур кластерного анализа были подвергнуты z-стандартизации: от каждого отдельного значения характеристики вычли среднее значение, затем разделили полученную разность на стандартное отклонение.

Корреляционный анализ проведен с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ). Расчеты были проведены для выборки из всех озер, а также с удалением озера L200, обладающего наиболее высоким, искажающим расчеты, значением общей жесткости. Во всех случаях наличие статистических взаимосвязей контролировалось путем построения двумерных графиков рассеивания, где по осям откладывались значения характеристик, между которыми установлена корреляционная связь.

### Результаты и их обсуждение

Слабая расчлененность территории района исследования и преобладание однотипных озер по их генезису не позволяет применить ландшафтную типологию при сравнительном изучении. В частности, в ранних исследованиях для озер Лено-Амгинского междуречья было использовано геоморфологическое районирование по П.А. Соловьеву [Ушницкая и др., 2014]. В данной работе такой подход неприменим, так как почти все озера находятся в пределах средневысотных аккумулятивно-эрозионных террас р. Лены. Большинство озер (78 %) находятся на Тюнгюльонской террасе (псевдотеррасе), где развит котловинно-аласный рельеф [Соловьев, 1959]. На юге и в юго-восточной части Усть-Алданского района в пределах Маганской террасы (22 %) преобладает долинно-аласный рельеф с частичным распространением аласов на водоразделах. Одним из наиболее значимых морфометрических параметров озер района является максимальная глубина. В Якутии нередко водоемы промерзают до самого дна. С возрастанием глубины котловины создаются более благоприятные условия для жизнедеятельности гидробионтов, формируются новые экологические ниши, что в значительной степени влияет на функционирование всей озерной системы. Исходя из этого, изученные объекты были группированы по их максимальной глубине с использованием классификации С.П. Китаева [2007]. В результате нами получены три группы озер: в первую (I) группу вошли (47 %) озера с очень малой глубиной (меньше 3,12 м), вторую (II) группу составили (42 % от общего числа) озера с малой глубиной (до 6,25 м). Третья (III) группа представлена (11 %) водоемами со средней (до 12,5 м) и с повышенной (до 20 м) глубинами (табл. 1).

Площадь изученных озер варьирует в широких пределах. Наименьшие водоемы по площади водной поверхности являются «озерками» (0,0004 км<sup>2</sup>), наиболее крупное озеро отнесено к группе «средних» водных объектов (до 36 км<sup>2</sup>). Среди всех размерных групп по площади зеркала значительно преобладали «очень малые» (44,4 %) и «малые» озера (36,6 %). «Озерками» в исследуемой группе являются молодые термокарстовые водоемы стадии «дюдоя» (14 %).



Таблица 1  
Table 1

Некоторые характеристики изученных озер по группам  
Some characteristics of the lakes studied

Показатель		Группировка озер по максимальной глубине		
		очень малая (n = 17)	малая (n = 15)	средняя и повышенная (n = 4)
Абс. отметка уровня воды, м над уровнем моря (БС)		$\frac{115 - 215^*}{138}$	$\frac{102 - 206}{156}$	$\frac{115 - 192}{156}$
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>		$\frac{0,01 - 3,2}{1,2}$	$\frac{0,2 - 131}{11,7}$	$\frac{1,0 - 20}{10,2}$
Заболоченность, %		$\frac{0 - 23}{3}$	$\frac{0 - 20}{4}$	$\frac{0 - 7}{3}$
Облесенность, %		$\frac{21 - 100}{74}$	$\frac{45 - 100}{74}$	$\frac{66 - 97}{82}$
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>		$\frac{0,0004 - 0,58}{0,11}$	$\frac{0,003 - 36,0}{2,64}$	$\frac{0,06 - 4,0}{1,69}$
Длина береговой линии, км		$\frac{0,2 - 5,8}{1,6}$	$\frac{0,2 - 42}{5,3}$	$\frac{1,2 - 12,5}{6,0}$
Длина озера, км		$\frac{0,04 - 2,4}{0,6}$	$\frac{0,13 - 13,2}{1,8}$	$\frac{0,4 - 5,2}{2,3}$
Ширина, км	средняя	$\frac{0,01 - 0,4}{0,2}$	$\frac{0,05 - 2,73}{0,36}$	$\frac{0,2 - 0,8}{0,6}$
	наибольшая	$\frac{0,02 - 1,0}{0,3}$	$\frac{0,08 - 9,6}{1,0}$	$\frac{0,3 - 1,7}{1,0}$
Максимальная глубина, м		$\frac{1,5 - 3,0}{2,1}$	$\frac{3,3 - 6,0}{4,2}$	$\frac{7,2 - 18,8}{11,8}$
Средняя глубина, м		$\frac{0,7 - 1,7}{1,2}$	$\frac{1,1 - 3,0}{2,0}$	$\frac{3,2 - 8,0}{5,0}$
Коэффициент удлиненности		$\frac{0,6 - 10,1}{4,0}$	$\frac{1,1 - 20,4}{5,2}$	$\frac{1,7 - 6,8}{3,4}$
Изрезанность береговой линии		$\frac{0,24 - 12,3}{2,16}$	$\frac{0,8 - 3,36}{1,57}$	$\frac{1,0 - 1,75}{1,38}$
Расстояние озера от населенного пункта, км		$\frac{0,1 - 6,0}{2,6}$	$\frac{0,2 - 10}{2,8}$	$\frac{0,1 - 2,5}{0,8}$
Прозрачность воды, м		$\frac{0,1 - 1,2}{0,7}$	$\frac{0,1 - 1,3}{0,6}$	$\frac{0,4 - 1,0}{0,8}$
Общая жесткость (мг-экв/л)		$\frac{0,9 - 8,5}{2,2}$	$\frac{1,4 - 15}{3,8}$	$\frac{1,4 - 2,9}{2,2}$
pH		$\frac{6,2 - 9,4}{7,7}$	$\frac{6,6 - 9,4}{7,9}$	$\frac{5,5 - 8,5}{7,0}$
Минерализация воды, мг/л		$\frac{593 - 2963}{1028}$	$\frac{409 - 2204}{1075}$	$\frac{998 - 1360}{1209}$
Электропроводность, мкСм/см		$\frac{912 - 4559}{1582}$	$\frac{629 - 3391}{1654}$	$\frac{1536 - 2092}{1860}$

Примечание: здесь и далее в числителе «минимум – максимум», а в знаменателе – среднее значение конкретного показателя; серым цветом обозначены показатели, имеющие максимальные значения.

Длина береговой линии озер менялась в широком диапазоне – от 0,2 км (оз. Дюедя) до 42 км (оз. Мюрю), в среднем составляя 3,6 км.

Форма озерных котловин, охарактеризованная по значениям показателя удлинённости, изменяется от округлой (8 %) до вытянутой (6 %). Преобладают озера, по форме близкие к округлой (39 % общего числа водоемов), им немного уступает группа озёр, близких к овальной форме (28 %). Удлиненная форма (14 %) котловин присуща озерам водно-эрозионного и эрозионно-термокарстового генезиса, причём для озёр Тюнгюлюнской террасы удлиненность котловин характерна в направлении севера на юг (в широтном направлении), а для озёр Маганской террасы – с востока на запад (в долготном направлении).

Из всех объектов по многим показателям существенно выделяется оз. Мюрю, входящее во II группу. Это самый большой по размерам, уникальный по своим природным характеристикам реликтивно-термокарстовый водоем, расположенный на самом большом в мире атласе с одноименным названием Мюрю. Из-за нетипичных параметров объект был изъят из списка информационной базы данных для дальнейшей работы.

В целом, по основным морфометрическим показателям значительно выделялись озера III группы.

Для большинства сельских поселений Якутии, где нет централизованного водоснабжения, единственным источником обеспечения населения водой для питьевого и хозяйственно-бытового использования являются близлежащие водоемы. Наиболее активно в условиях сурового морозного климата население использует озера, расположенные близко к населенным пунктам. Озера, находящиеся в черте сельских поселений, используются ими не только как источник воды для питьевых и хозяйственных целей (в т. ч. в качестве водопоя КРС частным сектором), но и для прокладки пеших троп в период ледостава. В зимний период времени водоемы нередко становятся местом массового скопления людей, в том числе для осуществления традиционной якутской зимней рыбалки «Мунха», организации ледовых катков, лыжных трасс и автомобильных гонок. Как правило, озера, расположенные за пределами населенных пунктов, испытывают меньшую нагрузку со стороны населения. Поэтому для косвенной оценки антропогенного воздействия на качество воды и экологическое состояния озер нами введен новый показатель – расстояние от озера до населенного пункта. Оказалось, что подавляющее большинство изученных озер находилось в черте населенных пунктов или на достаточно близком от них расстоянии (в пределах от 0,1 км до 10 км) и подвержено антропогенному воздействию.

В экономике Усть-Алданского района ведущее место занимает сельское хозяйство (мясомолочное скотоводство, мясное табунное коневодство, звероводство), что предопределено природно-климатическими условиями региона. Земли сельскохозяйственного назначения занимают всего лишь около 8 % от земельного фонда района [Поисеев, 2017]. Однако эти земли в большей части сосредоточены на территории близлежащих поселений и создают дополнительную нагрузку на загрязнение водоемов.

К основным природным факторам, формирующим химический состав озерных вод района исследований, следует отнести атмосферные осадки, почвенный покров и подземные воды. По химическому составу вода исследуемых озер является гидрокарбонатной натриевой и хлоридно-гидрокарбонатной натриевой (рис. 2). Следует отметить что, в регионе имеются термокарстовые содовые озера (например, Бэттиэмэ и Кэтитики), происхождение которых до сих пор не выяснено.

Вода исследуемых озер характеризуется высокими концентрациями железа. Для 86 % озер отмечено превышение рыбохозяйственного ПДК данного компонента, что ранее отмечено и для других озер региона, в том числе и для тех, которые не испытывают антропогенного воздействия [Ксенофонтова, Ушницкая, 2008; Ксенофонтова, 2013; Руфова, Ксенофонтова, 2015; Жирков и др., 2019].

Все озера с. Ус-Кюеля (L201-204), а также озеро Мюрю районного центра Усть-Алданского района (с. Борогонцы) характеризуются превышением концентрации растворенных в воде ионов аммония. Указанные населенные пункты являются лидерами в области разведения скота, попадание фекалий которого может способствовать повышению концентраций азотсодержащих соединений, в том числе и ионов аммония.

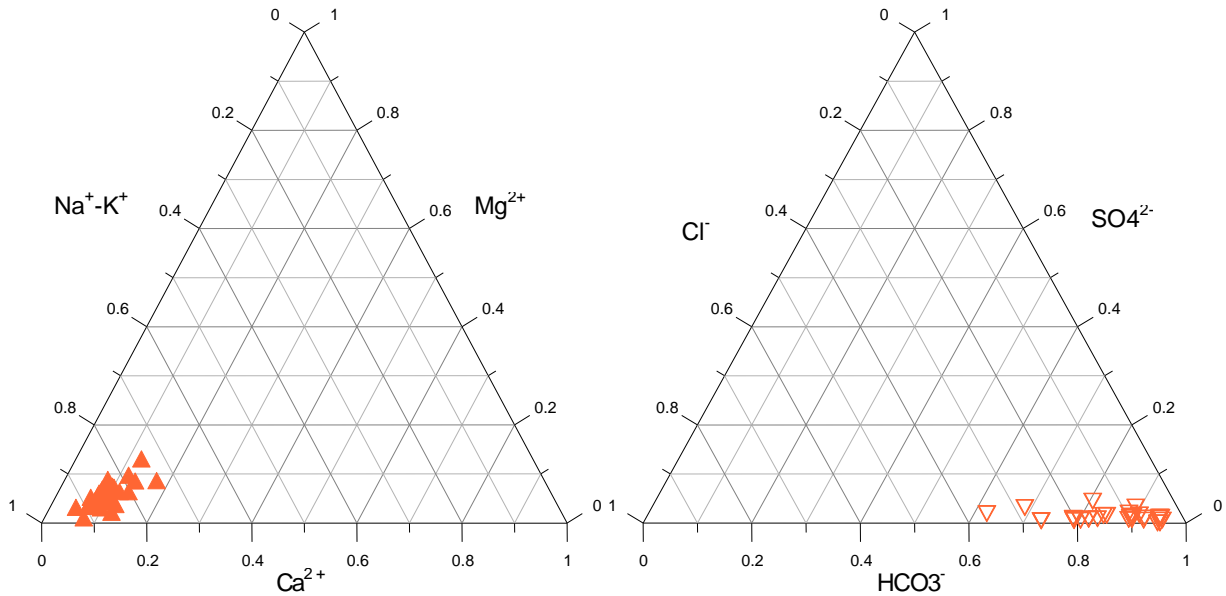


Рис. 2. Катионный и анионный состав озерных вод ( $n = 30$ )  
Fig. 2. Cationic and anionic composition of lake water ( $n = 30$ )

Из физико-химических характеристик озер в данной работе акцент был сделан только на прозрачность, общую жесткость, pH, удельную электропроводность и минерализацию.

Прозрачность воды косвенно указывает на наличие взвешенных частиц и коллоидов в воде. Показатель прозрачности воды менялся незначительно – от 0,1 (оз. Алаас) до 1,3 м (оз. Быллар). Следует отметить, что из-за мелководности озер в летний период наблюдается цветение воды и их качество становится неудовлетворительным для питья.

Жесткость озерной воды меняется в широких пределах. Доля «очень мягких» вод составляет 25,0 %, «мягких» – 58,3 %, «умеренно-жестких» – 8,3 %. Содовые озера имеют «жесткую» (Кэтитики, Мюрю) и «очень жесткую» (Бэтиэмэ) воду.

Водородный показатель pH, имеющий высокое значение для гидробионтов, варьирует от 5,5 (слабокислая вода) до 9,4 (щелочная). Большинство озер имеют нейтрально-слабощелочную среду (до 77,8 %).

Минерализация исследованных озерных вод изменяется в широких диапазонах. Среди озер по данному показателю выделены группы среднеминерализованных водоемов (8,4 %), водных объектов с повышенной минерализацией (44,4 %) и высокоминерализованных (47,2 %) вод. В целом для исследуемых озер характерна повышенная минерализация. 61 % водоемов обладает минерализацией воды 1000 мг/л и выше.

Для установления групп объектов исследования по сочетаниям исследуемых морфометрических и физико-химических параметров озер проведен кластерный анализ (табл. 2).

На дендрограмме графически представлен процесс объединения кластеров (рис. 3).

Таблица 2  
Table 2

Усреднённые характеристики изученных озер по кластерам  
Average characteristics of the studied lakes by cluster

Параметры	КЛАСТЕРЫ				
	1 (n = 4)	2 (n = 8)	3 (n = 2)	4 (n = 12)	5 (n = 4)
Высота над уровнем моря, м	<u>151-215</u> 191	<u>115-167</u> 138	<u>120-120</u> 120	<u>123-206</u> 152	<u>115-173</u> 146
Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	<u>0,17-1,3</u> 0,63	<u>0,01-3,55</u> 1,68	<u>0,33-0,73</u> 0,53	<u>0,09-1,44</u> 0,94	<b><u>6,0-20,1</u></b> <b>14,6</b>
Заболоченность, %	<u>0-3</u> 1,5	<u>0-7</u> 1,9	<u>0-3</u> 1,5	<u>0-6</u> 1,8	<b><u>0-7</u></b> <b>4,2</b>
Облесенность, %	<u>47-75</u> 59,2	<u>21-85</u> 60,4	<u>73-88</u> 80,5	<b><u>60-97</u></b> <b>82,3</b>	<u>66-92</u> 76
Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	<u>0,02-0,32</u> 0,11	<u>0,05-0,58</u> 0,27	<u>0,04-0,06</u> 0,05	<u>0,00-0,22</u> 0,06	<b><u>1,0-4,02</u></b> <b>2,03</b>
Длина береговой линии, км	<u>0,38-2,65</u> 1,31	<u>0,54-5,75</u> 2,6	<u>0,44-3,4</u> 1,92	<u>0,2-3,13</u> 1,09	<b><u>3,62-12,5</u></b> <b>8,31</b>
Длина, км	<u>0,14-0,96</u> 0,51	<u>0,17-2,43</u> 1,07	<u>0,15-1,45</u> 0,8	<u>0,08-1,03</u> 0,39	<b><u>1,29-5,2</u></b> <b>2,99</b>
Ширина макс., км	<u>0,1-0,42</u> 0,21	<u>0,11-0,52</u> 0,29	<u>0,59-0,95</u> 0,77	<u>0,04-0,38</u> 0,18	<b><u>0,97-1,7</u></b> <b>1,21</b>
Ширина средняя, км	<u>0,08-0,33</u> 0,17	<u>0,11-0,26</u> 0,19	<u>0,27-0,41</u> 0,34	<u>0,03-0,21</u> 0,11	<b><u>0,45-0,78</u></b> <b>0,68</b>
Глубина макс., м	<u>2,30-4,50</u> 3,45	<u>1,50-5,00</u> 2,78	<u>1,50-2,10</u> 1,80	<u>1,70-7,20</u> 3,14	<b><u>5,50-18,80</u></b> <b>11,35</b>
Показатель удлинённости	<u>1,09-10,14</u> 3,82	<b><u>1,52-9,35</u></b> <b>5,13</b>	<u>0,56-3,54</u> 2,05	<u>2,00-8,46</u> 3,58	<u>1,65-7,07</u> 4,67
Развитие береговой линии	<u>0,8-2,03</u> 1,24	<u>0,24-2,13</u> 1,49	<u>0,62-3,92</u> 2,27	<u>1,0-2,28</u> 1,38	<u>1,02-2,43</u> 1,68
Расстояние озера от насел. пункта, км	<b><u>2,68-8,31</u></b> <b>4,45</b>	<u>0,10-2,00</u> 0,56	<u>5,00-5,00</u> 5,00	<u>0,30-6,00</u> 2,51	<u>0,10-0,30</u> 0,18
Прозрачность воды, м	<u>0,10-0,45</u> 0,25	<u>0,10-1,00</u> 0,39	<b><u>1,00-1,00</u></b> <b>1,00</b>	<u>0,50-1,30</u> 0,98	<u>0,40-1,00</u> 0,69
Жесткость общ., мг-экв/л	<b><u>4,60-8,50</u></b> <b>6,05</b>	<u>1,10-2,50</u> 1,86	<u>1,80-1,90</u> 1,85	<u>0,90-3,5</u> 1,92	<u>1,4-2,9</u> 2,15
pH	<u>8,2-9,4</u> 8,8	<u>6,6-8,5</u> 7,5	<u>8,1-8,5</u> 8,3	<u>6,2-8,3</u> 7,4	<u>5,5-9,0</u> 7,3

На иерархическом дереве из общего набора данных особняком выстроились пять водоемов, имеющих самые высокие показатели «несходства», в том числе:

- 1) **L155** (оз. Огус-Харага) – этот водоем нами условно назван как «самое маленькое озеро» из-за минимальной площади водного зеркала (0,0004 км<sup>2</sup>);
- 2) **L200** (оз. Бэйтиэмэ) – водоем с самым высоким показателем общей жесткости (15 мг-экв. /л);
- 3) **L173** (оз. Тымпы) – самое «заболоченное» озеро (23 %);

- 4) **L167** (оз. Токур) – водоем выделяется наибольшей площадью облесенности (100 %) и удаленности от населенного пункта (10 км);  
 5) **L162** (оз. Усун-Кюель) – самое «вытянутое» озеро (20,42).

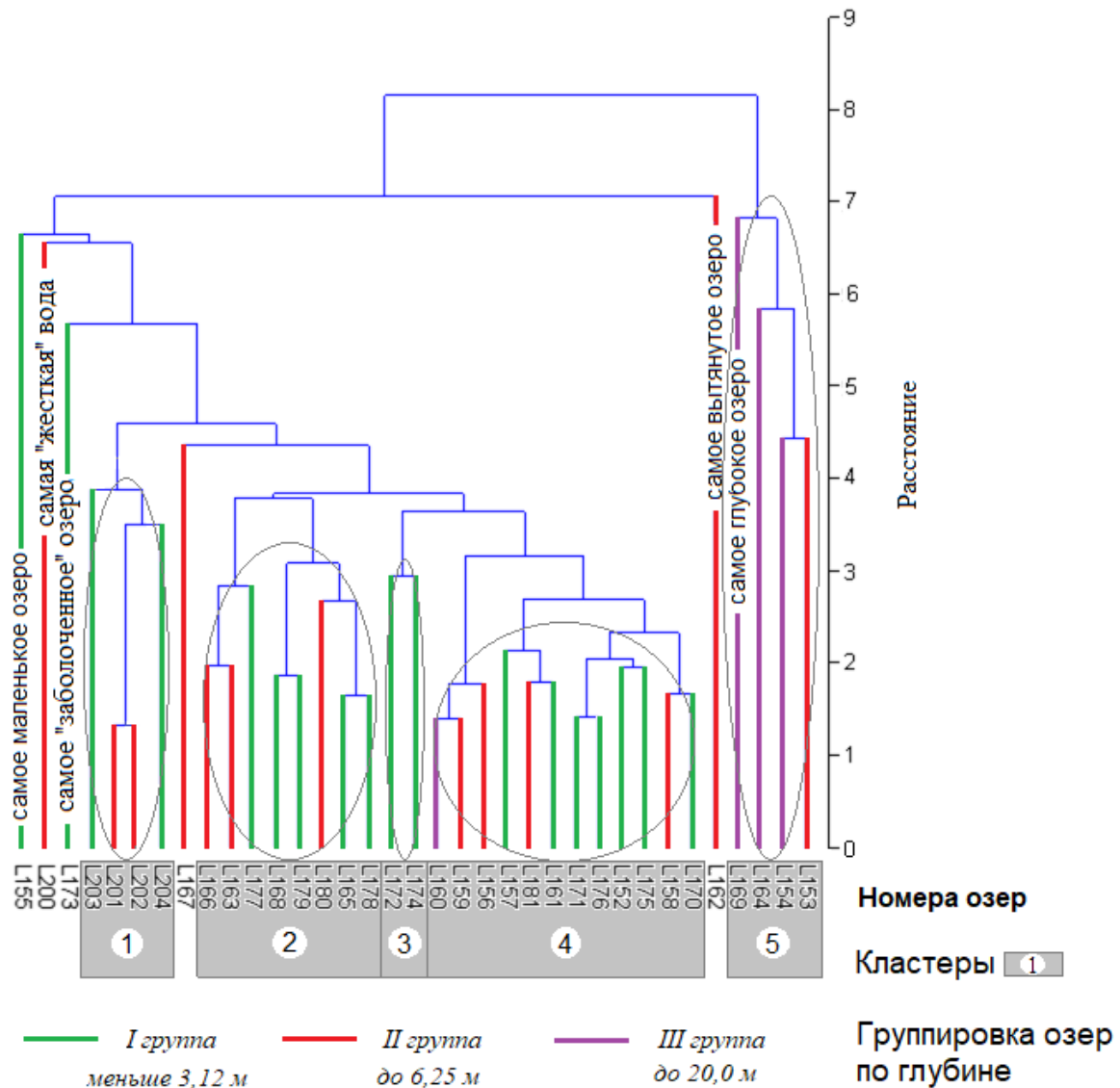


Рис.3. Дендрограмма сходства изученных озер  
 Fig. 3. Similarity dendrogram of the lakes studied

Остальные объекты (30) вошли в состав пяти кластеров с разными значениями сходства. Первоначальная типизация озер по максимальной глубине на дендрограмме отмечена цветом (рис. 3).

В первую группу (кластер 1) включены четыре озера (11,4 % от общего количества), находящиеся на относительно высоком гипсометрическом уровне Маганской террасы. Все озера этой группы относятся к Курбусахскому наслегу (с. Ус-Кюеля) и обладают наибольшими значениями общей жесткости и наименьшими средними значениями прозрачности воды среди всех водоемов района исследования.

Во вторую группу (кластер 2) объединились 8 озер (22,9 %). В целом, озера кластера характеризуются наибольшей вытянутостью озерных котловин, а также значительными размерами морфометрических параметров озерного зеркала.

В третью группу кластеров (3) были объединены всего два озера (5,7 %), расположенные на наиболее низком гипсометрическом уровне (120 м) и имеющие близкие показатели всех характеристик. Озера кластера расположены вдали от населенных пунктов, характеризуются небольшими размерами водного зеркала и наибольшей прозрачностью воды.

Четвёртый кластер (4) – самый многочисленный, состоит из 12 водоемов (34,3 %), имеющих схожие значения всех параметров. Более половины объектов кластера относятся к озерам с очень малой глубиной (58 %). По сравнению с озерами других кластеров, данная группа не выделяется ни по одному из приведенных показателей и включает наименее крупные по площади зеркала озера. В их число попал объект L160 (оз. Дирин) из третьей группы по глубине (фиолетовый). Хотя озеро относительно глубокое (7,2 м), по остальным параметрам оно значительно ближе к «соседям» по кластеру.

Кластер 5 состоит из 4 наиболее крупных озер района (11,4 %), три из которых – водоемы со средней и повышенной глубиной (фиолетовый цвет). В целом указанные озера имеют значительные различия между собой. В частности, L169 (оз. Балыктах) является самым глубоким озером (18,8 м), L164 (оз. Бейдинге) выделяется значительной площадью водного зеркала (4,02 км<sup>2</sup>) и длиной береговой линии (12,5 км). А L153 (оз. Талах-Ары) и L154 (оз. Сырдах) – «соседние» озера с. Сырдах (Берт-Усовский наслег) характеризуются наибольшей площадью водосборных территорий.

В результате корреляционного анализа установлена статистически значимая связь общей жесткости воды, а также концентраций ионов кальция и магния с координатами географической широты мест расположения изучаемых озер. В районе исследования наблюдается уменьшение жесткости воды при продвижении с юга на север его территории ( $\rho = -0,76$  при  $p < 0,05$ ). Такая статистически значимая зональная закономерность была ранее отмечена для севера Якутии и, вероятно, является следствием изменения водного баланса территории в результате зонального изменения увлажненности [Городничев и др., 2015].

### Заключение

Привлечение малых озер в качестве источника водоснабжения не всегда экономически целесообразно и поэтому им уделяется небольшое внимание в плане изучения и сохранения. В силу небольших размеров малые озера обладают слабой способностью к самоочищению и практически не способны справиться с резко возросшей биогенной нагрузкой, что нередко ведет к необратимым изменениям в их экосистемах. В то же время природно-климатические условия каждой местности предопределяют генезис озер и их лимнологические параметры. Ухудшение состояния озер оказывает негативное воздействие на экологическую обстановку села. В сельских поселениях также высокую напряженность водного режима создают потребности сельского хозяйства, в частности орошение, растущая урбанизация, засуха и другие причины.

По территориальным различиям морфогенетических, морфометрических и физико-химических характеристик озер сельских поселений Усть-Алданского района можно отметить следующее:

- преобладающая часть озер, характеризующихся термокарстовым генезисом, расположена на Тунгюлюнской (псевдотеррасе) и Маганской террасах;
- большинство озер имеют малые размеры и незначительные глубины;
- для озерных вод характерны высокие концентрации растворенного железа, являющиеся следствием высоких фоновых концентраций данного компонента;
- вода озер населенных пунктов с наиболее развитым в регионе скотоводством характеризуется повышением концентрации ионов аммония, что, вероятно, является следствием попадания в воду озер сельскохозяйственных стоков, содержащих фекалии;





- выявлены различия озер по минерализации, водородному показателю и жесткости воды;
- озерные воды термокарстового происхождения оказались более минерализованы, их водная среда наиболее щелочная;
- доля слабощелочных и щелочных озер выше в южной и юго-западной части междуречья Лена-Танда;
- в северной части района все озера имеют «очень мягкие» и «мягкие» воды;
- концентрации растворенных в озерной воде ионов магния кальция и значения общей жесткости воды подвержены зональным изменениям и снижаются в районе исследования по мере продвижения с юга на север.

### Список литературы

1. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. 1989. М., ГУГК, 115 с.
2. Городничев Р.М., Пестрякова Л.А., Ядрихинский И.В. 2015. Взаимосвязи диатомовых водорослей с морфометрическими, гидрохимическими характеристиками и параметрами местоположения озер Севера Якутии. Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 6 (50): 14–26.
3. Григорьев С.В. 1959. О некоторых определениях и показателях в озероведении. Труды Карельского филиала АН СССР, 18: 29–45.
4. Жирков И.И. 1977. К ландшафтно-генетической классификации озер Центральной Якутии. Природа и хозяйство Сибири, 32–33.
5. Жирков И.И. 1983. Морфогенетическая классификация как основа рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов озер криолитозоны (на примере Центральной Якутии). В кн.: Вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов разнотипных озер криолитозоны (на примере Центральной Якутии). Якутск, Якутский университет: 4–47.
6. Жирков И.И. 2000. О классификации озер холодных регионов. В кн.: Озера холодных регионов. Материалы международной конференции. Якутск, 20–24 июня 2000 года. Якутск. Часть 1. Вопросы теории, методики, лимногенеза, классификации и районирования. Якутский государственный университет: 84–93.
7. Жирков И.И. 2014. Схема лимногенетической классификации озер Северо-Востока России. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 34: 18–25.
8. Жирков И.И., Трофимова Т.П., Тастыгина С.К., Жирков К.И. 2019. Лимнологическая характеристика озера Килянки Чурапчинского улуса РС(Я). Успехи современного естествознания, 6: 57–61.
9. Иванов П.В. 1948. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине. Бюллетень ЛГУ, 20: 29–36.
10. Китаев С.П. 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 395 с.
11. Ксенофонтова М.И. 2013. Анализ деградации термокарстовых озер при интенсивном сельскохозяйственном освоении. Антропогенная трансформация природной среды, 1: 121–125.
12. Ксенофонтова М.И., Ушницкая Л.А. 2008. Экологическая оценка состояния озер Лено-Амгинского междуречья. Проблемы региональной экологии, 2: 12–14.
13. Мякишева Н.В. 2009. Многокритериальная классификация озер. СПб., Российский государственный гидрометеорологический университет, 160 с.
14. Поисеев И.И. 2017. Общие и внутрирегиональные особенности земельного фонда Республики Саха (Якутия). Проблемы современной экономики, 3 (63): 152–156.
15. Руфова А.А., Ксенофонтова М.И. 2015. Гидрохимический состав как один из индикаторов современных условий формирования озер (на примере г. Якутска). Наука и Образование, 2 (78): 145–151.
16. Соловьев П.А. 1959. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М., АН СССР, 144 с.

17. Ушницкая Л.А., Пестрякова Л.А., Субетто Д.А., Троева Е.И. 2014. Морфометрическая характеристика озер Лено-Амгинского междуречья. Наука и Образование, 4 (76): 71–76.
18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 1–9.

## References

1. Atlas sel'skogo hozyajstva YAKUTSKOJ ASSR [Atlas of agriculture of the Yakut ASSR]. 1989. Moscow, Publ. GUGK, 115 p.
2. Gorodnichev R.M., Pestrjakova L.A., Jadrihinskij I.V. 2015. Correlations Between Diatom Algae, Morphometric, Hydrochemical Characteristics and Location of Lakes from the North Yakutia. *Vestnik of North-Eastern Federal University*, 6 (50): 14–26 (in Russian).
3. Grigor'yev S.V. 1959. O nekotorykh opredeleniyakh i po-kazatelyakh v ozerovedenii [On some definitions and indicators in lake science]. *Trudy Karel'skogo filiala AN SSSR*, 18: 29–45.
4. Zhirkov I.I. 1977. K landshaftno-geneticheskoy klassifikacii ozer Central'noj Yakutii [On the landscape-genetic classification of lakes in Central Yakutia]. *Priroda i hozyajstvo Sibiri*, 32–33.
5. Zhirkov I.I. Morfogeneticheskaya klassifika-tsiya kak osnova ratsional'nogo ispol'zovaniya, okhra-ny i vosproizvodstva prirodnykh resursov ozer kriolitozony (na primere Tsentral'noy Yakutii) [Morphogenetic classification as the basis for the rational use, protection and reproduction of natural resources of the permafrost lakes (on the example of Central Yakutia)]. In: *Voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov raznotipnykh ozer kriolitozony (na primere Tsentral'noy Yakutii)*. [Issues of rational use and protection of natural resources of various types of lakes in the permafrost zone (on the example of Central Yakutia)]. Yakutsk, Publ. Yakutskiy universitet: 4–47.
6. Zhirkov I.I. 2000. O klassifikacii ozer holodnykh regionov [On the classification of lakes in cold regions]. In: *Ozera holodnykh regionov [Lakes of cold regions]*. Materials of the international conference. Yakutsk, 20–24 June 2000. Yakutsk, Part 1. Questions of theory, methodology, limnogenesis, classification and regionalization. Yakutskiy gosudarstvennyy universitet, Part 1: 84–93.
7. Zhirkov I.I. 2014. Classification scheme of limnological genetic lakes North-East Russia. *Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University*, 34: 18–25 (in Russian).
8. Zhirkov I.I., Trofimova T.P., Tastygina S.K., Zhirkov K.I. 2019. Limnological Characteristic of the Lake Kilyanki of Churapchinsky Settlement of Yakutia Region. *Advances in current natural sciences*, 6: 57–61 (in Russian).
9. Ivanov P.V. Klassifikatsiya ozer mira po veli-chine i po ikh sredney glubine [Classification of lakes in the world by size and by their average depth]. *Byulleten' LGU*, 20: 29–36.
10. Kitayev S.P. 2007. Osnovy limnologii dlya gidro-biologov i ikhtiologov [Fundamentals of Limnology for Hydrobiologists and Ichthyologists]. Petrozavodsk, Publ. Karel'skiy nauchnyy tsentr RAN, 395 p.
11. Ksenofontova M.I. 2013. The Analysis of Degradation of Thermokarst Lakes Under Intensive Agricultural Mastering. *Anthropogenic Transformation of Nature*, 1: 121–125 (in Russian).
12. Ksenofontova M.I., Ushnickaya L.A. 2008. Ecological Assessment of Lakes Condition in Len-Amgin Country Between Two Rivers. *Regional Environmental Issue*, 2: 12–14 (in Russian).
13. Mjakisheva N.V. 2009. Mnogokriterial'naja klassifikacija ozer [Multi-criteria classification of lakes]. St. Petersburg, Publ. Rossiyskiy gosudarstvennyy gidrometeorologicheskij universitet, 160 p.
14. Poiseev I.I. 2017. General and Inter-Regional Specificities of the Land Fund in the Republic of Sakha (Yakutia) (Russia, Yakutsk). *Problems of Modern Economics*, 3 (63): 152–156 (in Russian).
15. Rufova A.A., Ksenofontova M.I. 2015. Gidrohimicheskij sostav kak odin iz indika-torov sovremennykh uslovij formirovaniya ozer (na primere g. Yakutsk) [Hydrochemical composition as one of the indicators of modern conditions for the formation of lakes (on the example of the city of Yakutsk)]. *The Education and science journal*, 2 (78): 145–151.
16. Solov'ev P.A. 1959. Kriolitozona severnoj chasti Leno-Amginskogo mezhdurech'ja [Cryolithozone of the northern part of the Lena-Amga interfluve]. Moscow, Publ. ANN SSSR, 144 p.



17. Ushnickaja L.A., Pestrjakova L.A., Subetto D.A., Troeva E.I. 2014. Morfometriceskaja harakteristika ozer Leno-Amginskogo mezhdurech'ja [Morphometric characteristics of the lakes of the Lena-Amga interfluve]. *Nauka i Obrazovanie*, 4 (76): 71–76.

18. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 1–9.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ушницкая Лена Алексеевна**, старший научный сотрудник института естественных наук Северо-восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

**Городничев Руслан Михайлович**, заведующий лабораторией БИОМ эколого-географического отделения института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

**Пестрякова Людмила Агафьевна**, главный научный сотрудник эколого-географического отделения института естественных наук Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Lena A. Ushnitskaya**, Senior Researcher of Laboratory BIOM, Ecological and Geographical Department, Institute of Natural Sciences of M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (NEFU), Yakutsk, Russia

**Ruslan M. Gorodnichev**, Head of Laboratory BIOM, Ecological and Geographical Department, Institute of Natural Sciences of M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (NEFU), Yakutsk, Russia

**Ludmila A. Pestryakova**, Chief Researcher of Ecology and Geography Department, Institute of Natural Sciences of M. K. Ammosov North-Eastern Federal University (NEFU), Yakutsk, Russia

УДК 504.4.062.2

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-227-235

## Допустимые фосфорные нагрузки на озера Карелии

<sup>1</sup>Фрумин Г.Т., <sup>2</sup>Кулинкович А.В., <sup>2</sup>Горелышев А.Ю.

<sup>1</sup>Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,  
Россия, 191186, г. Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. профессора М.А. Бонч-Бруевича,

Россия, 193232, г. Санкт-Петербург, пр. Большевиков д. 22, корп. 1

E-mail: gfrumin@mail.ru, geochem@mail.ru

**Аннотация.** Среди современных проблем гидроэкологии центральное место занимает проблема эвтрофирования. В условиях антропогенного воздействия степень эвтрофирования водоема определяется в основном поступлением в водоем биогенных веществ, в первую очередь соединений фосфора. Для водоемов умеренной зоны решающая роль фосфора, определяющего скорость развития планктонных водорослей, может считаться доказанной. До настоящего времени отсутствуют исследования, посвященные сравнительной оценке различных методов расчета допустимых фосфорных нагрузок на пресноводные водоемы. В связи с этим авторы провели исследование на основе математических моделей, связывающих допустимые фосфорные нагрузки на озера Карелии с их морфометрическими, гидрологическими и ассимиляционными характеристиками. В результате исследования было установлено статистически значимое соотношение между допустимыми фосфорными нагрузками на озера Карелии и площадями их водосборов. Полученные результаты позволяют природоохранным организациям принимать обоснованные решения о необходимом снижении антропогенной нагрузки на озера Карелии.

**Ключевые слова:** пресноводные озера, эвтрофирование, математические модели, ассимиляционная способность, площадь водосбора.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSZN-2020-0016).

**Для цитирования:** Фрумин Г.Т., Кулинкович А.В., Горелышев А.Ю. 2021. Допустимые фосфорные нагрузки на озера Карелии. Региональные геосистемы, 45 (2): 227–235. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-227-235

---

## Permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia

<sup>1</sup>Grigory T. Frumin, <sup>2</sup>Alexey V. Kulinkovich, <sup>2</sup>Alexey Yu. Gorelyshev

<sup>1</sup> Herzen State Pedagogical University of Russia,  
48 nab. R. Moiki, St. Petersburg, 191186, Russia

<sup>2</sup> The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
22 Bolshevikov Ave., building 1, St. Petersburg, 193232, Russia

E-mail: gfrumin@mail.ru, geochem@mail.ru

**Abstract.** Among the modern problems of hydroecology, the problem of eutrophication occupies a central place. Under conditions of anthropogenic impact, the degree of eutrophication of a reservoir is determined mainly by the intake of nutrients into the reservoir, primarily phosphorus compounds. For water bodies of the temperate zone, the decisive role of phosphorus, which determines the rate of development of planktonic algae, can be considered proven. Until now, there are no studies devoted to the comparative assessment of various methods for calculating the permissible phosphorus loads on freshwater bodies. In this regard, the authors carried out a study based on mathematical models linking



the permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia with their morphometric, hydrological and assimilation characteristics. As a result of the study, a statistically significant relationship was established between the permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia and the areas of their catchments. The results obtained allow environmental organizations to make informed decisions about the necessary reduction of anthropogenic load on the lakes of Karelia.

**Key words:** freshwater lakes, eutrophication, mathematical models, assimilation capacity, catchment area.

**Acknowledgments:** The research was supported by the Ministry of Education of the Russian Federation as part of a state task (project No. FSZN-2020-0016).

**For citation:** Frumin G.T., Kulinkovich A.V., Gorelyshev A.Yu. 2021. Permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia. *Regional geosystems*, 45 (2): 227–235 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-227-235

---

---

## Введение

Среди шести основных проблем лимнологии, сформулированных международным лимнологическим комитетом (эвтрофирование, флуктуации уровня воды, ацидификация, токсификация, заиливание, разрушение озерных экосистем), центральное место для многих озер мира занимает проблема эвтрофирования [Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990; Хрисанов, Осипов, 1993; Науменко, 2007; Семенченко, Разлуцкий, 2011; Фрумин, Гильдеева, 2013; Frumin, Gildeeva, 2014; Фрумин, 2019; Неверова-Дзиопак, Цветкова, 2020].

Особая актуальность проблемы эвтрофирования обусловлена наличием на территории России большого количества трансграничных (международных) водных объектов. РФ граничит с 14 государствами Европы и Азии [Тимофеева, Фрумин, 2017].

Согласно ГОСТ 17.1.1.01-77, «эвтрофированием называется повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов». При антропогенном воздействии для водоёмов умеренной зоны степень эвтрофирования в основном определяется соединениями фосфора [Россолимо, 1977].

Количественная оценка соотношения между биогенной нагрузкой и трофическим статусом водоёма впервые была разработана Фолленвайдером [Гусаков, 1987], согласно которому, «допустимая нагрузка» – это нагрузка, ниже которой водоём остается в олиготрофном статусе, «критическая нагрузка» – это нагрузка, превышение которой сопровождается переходом водоёма из мезотрофного статуса в эвтрофный.

Цель исследования – анализ методов расчета допустимых фосфорных нагрузок на озера Карелии.

## Объекты и методы исследования

На территории Карелии насчитывается 61,1 тыс. озёр общей площадью около 18 тыс. км<sup>2</sup>. В пределах Республики Карелия расположено около 40 % акватории Ладжского и 80 % – Онежского озёр. По данным, приведенном в справочнике [Озера Карелии. Справочник, 2013], было установлено распределение 186 озёр по трофическому статусу (рис. 1).

Из 186 озер (рис. 1) 135 характеризуются мезотрофным, эвтрофным и гипертрофным трофическим статусом и только для 51 озера зафиксирован ультраолиготрофный или олиготрофный трофический статус.

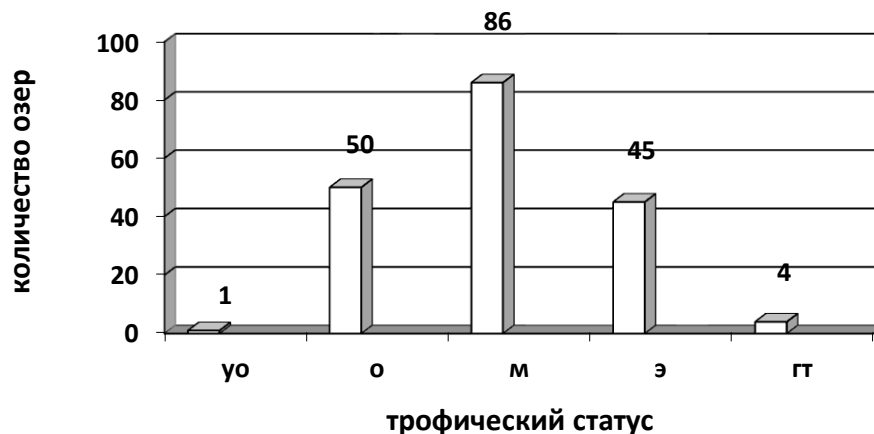


Рис. 1. Распределение озёр Карелии по трофическому статусу: yo – ультраолиготрофный, o – олиготрофный, m – мезотрофный, э – эвтрофный, гт – гипертрофный  
Fig. 1. Distribution of lakes in Karelia by trophic status: yo – ultraoligotrophic, o – oligotrophic, m – mesotrophic, э – eutrophic, гт – hypertrophic

Наличие количественного соотношения между величиной экспорта фосфора в водоём и его реакцией рассматривается в так называемой «нагрузочной концепции».

Величина допустимой фосфорной нагрузки ( $L_{\text{доп}}$ , гP/м<sup>2</sup>·год), позволяющей водоёму оставаться в олиготрофном статусе, было предложено Фолленвайдером [Vollenweider, 1968] в виде формулы

$$L_{\text{доп}} = 0,025 \times H^{0,6}, \quad (1)$$

где  $H$  – средняя глубина водоема, м.

В работе [Dillon, Vollenweider, 1974; Кривоускова, Цветкова, 2017] приведена формула (2) для расчёта критической фосфорной нагрузки:

$$L_{\text{кр}} = [P]_{\text{кр}} \times H / \tau \times (1 + \tau^{0,5}), \quad (2)$$

где  $[P]_{\text{кр}}$  – критическая концентрация общего фосфора при весеннем перемешивании, мг/л;  $H$  – средняя глубина водоема, м.;  $\tau$  – время полного водообмена, лет.

Время пребывания воды в озере (время полного водообмена) определяется по выражению [Хендерсон-Селлерс, Марклэнд, 1990]:

$$\tau = \text{объем озера} : \text{ежегодный отток воды}. \quad (3)$$

Критическую концентрацию фосфора в период весеннего перемешивания принимают равной 20 мкг/л. Сойером и Томасом в качестве граничных концентраций фосфора между олиготрофными и мезотрофными озерами была предложена величина 0,01 мгP/л [Гусаков, 1987]. В этом случае выражение для допустимой фосфорной нагрузки приводится к следующему виду:

$$L_{\text{доп}} = 0,010 \times H / \tau \times (1 + \tau^{0,5}), \quad (4)$$

Как следует из приведенных формул, методика расчета допустимой фосфорной нагрузки Фолленвайдера базируется только на одном морфометрическом показателе (средняя глубина водоема), а методика Фолленвайдера и Диллона – на одном морфометрическом показателе (средняя глубина водоема) и одном гидрологическом показателе (время полного водообмена). Ни одна из этих методик не учитывает ассимиляционную (самоочистительную) способность водоема.



Согласно П.А. Лозовику, за ассимиляционную способность водного объекта следует принимать истинную скорость трансформации вещества в воде [Лозовик и др. 2011; Лозовик, Фрумин, 2018]. Допустимая фосфорная нагрузка рассчитывается по формуле

$$L_{\text{доп}} = As + L, \quad (5)$$

где  $As$  – ассимиляция фосфора в водном объекте,  $L$  – внешняя нагрузка на водоем.

Соотношение ассимиляции и внешней нагрузки на водный объект рассчитывается по уравнению

$$As/L = k \times (1 - R)(\tau + 1), \quad (6)$$

где  $k$  – константа скорости трансформации, год<sup>-1</sup>,  $R$  – удерживающая способность в водном объекте.

Удерживающая способность фосфора в водном объекте рассчитывается по формуле

$$R/1-R = 0,14\tau + 0,49, \quad (7)$$

Константу скорости трансформации можно рассчитать, используя формулу

$$k = R/\tau[1 - R \cdot \exp(-1/\tau)], \quad (8)$$

Расчет ассимиляционной способности водного объекта

$$As = kC_{\text{оз}}V_{\text{сток}}(\tau + 1), \quad (9)$$

где  $C_{\text{оз}}$  – концентрация фосфора, соответствующая олиготрофному статусу, мкг/л;  $V_{\text{сток}}$  – сток из озера, км<sup>3</sup>.

Для расчета природного содержания фосфора в водоеме авторами данной статьи использована модель Фолленвайдера (1). К примеру, средняя глубина озера Топозеро  $H = 15,9$  м, площадь зеркала  $S = 986$  км<sup>2</sup>, объем  $V = 15,6$  км<sup>3</sup>. Допустимая фосфорная нагрузка  $L_{\text{доп}} = 0,025 \times H^{0,6} = 0,025 \times 5,26 \times 986 = 129,6$  т и природное (фоновое) содержание фосфора  $C_{\text{прир}} = 129,6 / 15,6 = 8,3$  мкг/л.

В справочнике [Озёра Карелии. Справочник, 2013] приведены морфометрические и гидрологические данные 225 озёр Карелии. Для иллюстрации методов расчёта были использованы данные для 10 наиболее крупных озёр (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Морфометрические и гидрологические характеристики озёр  
Morphometric and hydrological characteristics of lakes

Озеро	Средняя глубина, м	Объем, км <sup>3</sup>	Площадь, км <sup>2</sup>	Сток, км <sup>3</sup> /год
Ладожское	51	910	17700	77,1
Онежское	30	295	9720	18,9
Сегозеро	29	23,4	815	2,35
Пяозеро	17,7	16,7	943	5,01
Топозеро	15,9	15,6	986	1,2
Выгозеро	5,8	7,2	1251	5,66
Среднее Куйто	10,4	2,67	257	3,51
Верхнее Куйто	8,7	2,09	240	2,67
Янисъярви	10,2	2,04	200	1,45
Пюхяярви	7,9	1,95	247	0,47

По данным, приведенным в табл. 1, и согласно формулам (3), (7) и (8), были рассчитаны период водообмена ( $\tau$ ), удерживающая способность фосфора в водном объекте ( $R$ ) и константы скорости трансформации фосфора ( $k$ ) (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Период водообмена ( $\tau$ ), удерживающая способность озёр ( $R$ )  
и константы скорости трансформации фосфора ( $k$ )  
Period of water exchange ( $\tau$ ), retention capacity of lakes ( $R$ ) and rate constants  
of phosphorus transformation ( $k$ )

Озеро	$\tau$ , год	$R$	$k$ , год <sup>-1</sup>
Ладожское	11,8	0,681	0,154
Онежское	15,6	0,727	0,146
Сегозеро	9,95	0,653	0,16
Пяозеро	3,33	0,488	0,23
Топозеро	13	0,698	0,152
Выгозеро	1,27	0,409	0,385
Среднее Куйто	0,76	0,373	0,546
Верхнее Куйто	0,78	0,375	0,536
Янисъярви	1,4	0,407	0,363
Пюхьярви	4,07	0,515	0,212

### Результаты и их обсуждение

В обобщенном виде результаты расчётов допустимых фосфорных нагрузок на рассмотренные озёра приведены в табл. 3.

Таблица 3  
Table 3

Допустимые фосфорные нагрузки на озёра, т/год  
Permissible phosphorus loads on lakes, t/year

Озеро	Метод Фолленвайдера	Метод Фолленвайдера и Диллона	Метод Лозовика
Ладожское	4682	3393	2032
Онежское	1870	925	733
Сегозеро	154	19	72
Пяозеро	132	142	117
Топозеро	130	56	54
Выгозеро	90	122	180
Среднее Куйто	26	66	88
Верхнее Куйто	22	50	72
Янисъярви	20	32	37
Пюхьярви	21	14	16

Учитывая, что озеро и его водосбор – единая природная система [Драбкова, Сорочкин, 1979; Кондратьев, 2007; Кондратьев и др., 2010; Кондратьев, Шмакова, 2019], представлялось целесообразным установить количественные соотношения между допустимыми



ми фосфорными нагрузками на 225 озер Карелии ( $L_{\text{доп}}$ ) и площадями их водосборов ( $F$ ). Результаты проведенного анализа приведены в табл. 4 и на рис. 2.

Таблица 4  
Table 4

Количественные соотношения между допустимыми фосфорными нагрузками на озера и площадями их водосборов  
 Quantitative relationships between the permissible phosphorus loads on lakes and the areas of their catchments

Метод	Модель	Статистические характеристики			
		$n$	$r$	$\sigma_{Y(X)}$	$F_p$
Фолленвайдера	$\ln L_{\text{доп}} = -4,043 + 0,681 \ln F$	225	0,73	1,43	247
Фолленвайдера и Диллона	$\ln L_{\text{доп}} = -7,606 + 0,79 \ln F$	225	0,88	1,30	754
Лозовика	$\ln L_{\text{доп}} = -4,188 + 1,049 \ln F$	225	0,92	1,01	1184

Примечание:  $n$  – количество озер,  $r$  – коэффициент корреляции,  $\sigma_{Y(X)}$  – стандартная ошибка,  $F_p$  – расчетное значение критерия Фишера.

Значения коэффициентов корреляции, приведенные в табл. 4, согласно шкале Чеддока [Макарова, Трофимец, 2002], свидетельствуют о «весьма высокой» тесноте связи между переменными ( $\ln L_{\text{доп}}$  и  $\ln F$ ). Наиболее высокие значения коэффициента корреляции и критерия Фишера и наименьшее значение стандартной ошибки установлены при применении метода Лозовика.

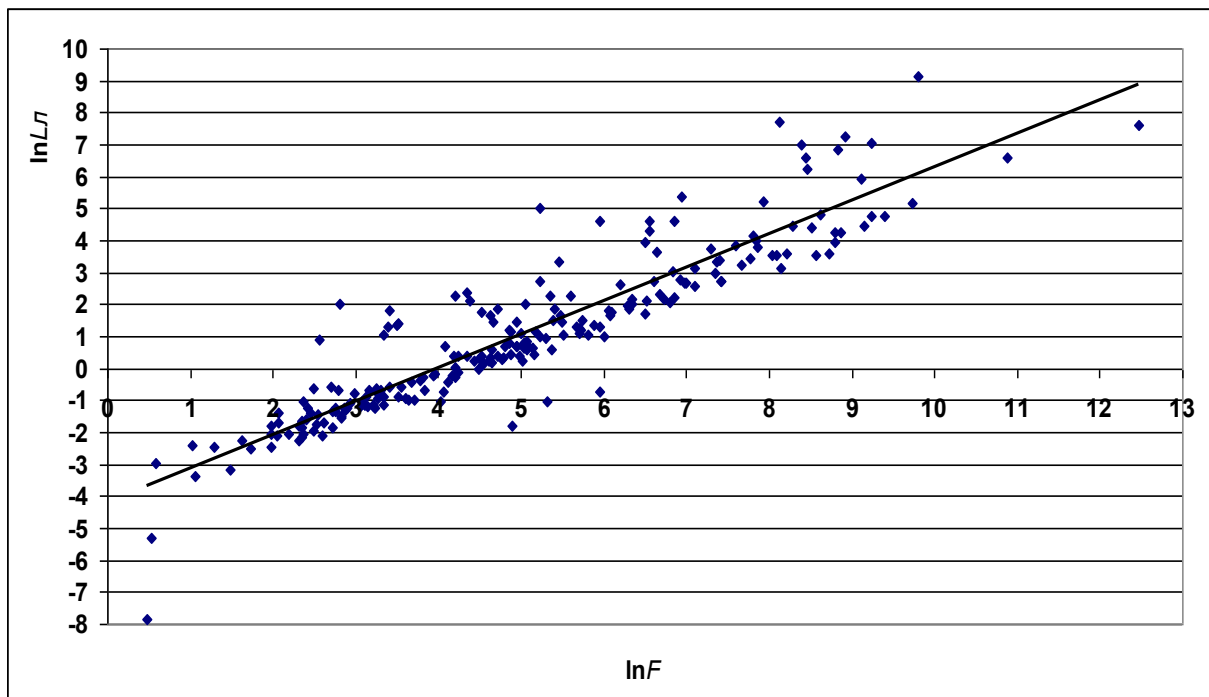


Рис. 2. Соотношение между натуральными логарифмами допустимых фосфорных нагрузок на озера Карелии и натуральными логарифмами площадей их водосборов

Fig. 2. Relationship between the natural logarithms of the permissible phosphorus loads on the lakes of Karelia and the natural logarithms of the areas of their catchments

## Выводы

1. Достоверность определения величины допустимой фосфорной нагрузки на водные объекты (пресноводные озера), позволяющая им оставаться в олиготрофном статусе, зависит от метода расчета, базирующегося на математической модели.

2. Методика расчета допустимой фосфорной нагрузки Фолленвайдера базируется только на одном морфометрическом показателе (средняя глубина водоема), а методика Фолленвайдера и Диллона – на одном морфометрическом показателе (средняя глубина водоема) и одном гидрологическом показателе (время полного водообмена). Ни одна из этих методик не учитывает ассимиляционную (самоочистительную) способность водоема.

3. Отличительная особенность метода расчета допустимых фосфорных нагрузок на озёра Карелии, разработанного П.А. Лозовиком, по сравнению с традиционно используемыми методами Фолленвайдера и Фолленвайдера и Диллона, заключается в том, что он учитывает не только морфометрические и гидрологические характеристики водного объекта, но и его ассимиляционную (самоочистительную) способность в отношении соединений фосфора.

4. Установлено статистически значимое соотношение между допустимыми фосфорными нагрузками на двести двадцать пять озёр Карелии и площадями их водосборов, что позволяет природоохранным организациям принимать обоснованные решения о необходимом снижении антропогенной нагрузки на эти озера.

## Список источников

1. Озёра Карелии. Справочник. 2013. Под ред. Н.Н. Филатова, В.И. Кухарева. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 464 с.
2. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. 2002. Статистика в Excel. М., Финансы и статистика, 368 с.
3. Науменко М.А. 2007. Эвтрофирование озёр и водохранилищ. СПб., РГГМУ, 100 с.

## Список литературы

1. Гусаков Б.Л. 1987. Критическая концентрация фосфора в озерном притоке и ее связь с трофическим уровнем водоема. В кн.: Элементы круговорота фосфора в водоемах. Ред. Н.А. Петрова, Б.Л. Гутельмахер. Л., Наука, 7–17.
2. Дракцова В.Г., Сорокин И.Н. 1979. Озеро и его водосбор – единая природная система. Л., Наука, 195 с.
3. Кондратьев С.А. 2007. Формирование внешней нагрузки на водоёмы: проблемы моделирования. СПб., Наука, 253 с.
4. Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Зверев И.С., Рябченко В.А., Дворников А.Ю. 2010. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор – водоём (на примере Чудско-Псковского озера). СПб., Нестор-История, 115 с.
5. Кондратьев С.А., Шмакова М.В. 2019. Математическое моделирование массопереноса в системе водосбор – водоток – водоём. СПб., Нестор-История, 246 с.
6. Кривоускова Е.В., Цветкова Н.Н. 2017. Предварительная оценка критической фосфорной нагрузки на озеро Виштынецкое (Калининградская область). Известия КГТУ, 45: 83–92.
7. Лозовик П.А., Рыжаков А.В., Сабылина А.В. 2011. Процессы трансформации, круговорота и образования веществ в природных водах. Труды Карельского научного центра Российской академии наук, 4: 21–28.
8. Лозовик П.А., Фрумин Г.Т. 2018. Современное состояние и допустимые биогенные нагрузки на Псковско-Чудское озеро. Труды Карельского научного центра Российской академии наук, 3: 3–10. DOI: 10.17076/lim626.
9. Неверова-Дзиопак Е., Цветкова Л.Т. 2020. Оценка трофического состояния поверхностных вод: монография. СПб., СПбГАСУ, 176 с.



10. Россолимо Л.Л. 1977. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М., Наука, 144 с.
11. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. 2011. Экологическое качество поверхностных вод. Минск, Беларус. навука, 329 с.
12. Тимофеева Л.А., Фрумин Г.Т. 2017. Трансграничные водные объекты. СПб., СпецЛит, 159 с.
13. Фрумин Г.Т., Гильдеева И.М. 2013. Эвтрофирование водоемов – глобальная экологическая проблема. Экологическая химия, 22 (4): 191–197.
14. Хендерсон-Селлерс Б., Маркленд Х.Р. 1990. Умирающие озёра. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л., Гидрометеоиздат, 280 с.
15. Хрисанов Н.И., Осипов Г.К. 1993. Управление эвтрофированием водоемов. СПб., Гидрометеоиздат, 278 с.
16. Frumin G.T., Gildeeva I.M. 2014. Eutrophication of Water Bodies – A Global Environment Problem. Russian Journal of General Chemistry, 84 (13): 2483–2488. DOI: 10.1134/S1070363214130015
17. Dillon P.I., Vollenweider R.A. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality National Research Council, 42 p.
18. Vollenweider R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing water with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Paris, Technical Reports Organisation for economic co-operation and development, 159 p.

## References

1. Gusakov B.L. 1987. Kriticheskaya kontsentratsiya fosfora v ozernom pritoke i yeye svyaz' s troficheskim urovnem vodoyema [Critical concentration of phosphorus in the lake tributary and its relationship with the trophic level of the reservoir]. In: Elementy krugovorota fosfora v vodoyemakh [Elements of the phosphorus cycle in water bodies]. Ed. N.A. Petrova, B.L. Gutel'makher. Leningrad, Publ. Nauka, 7–17.
2. Drabkova V.G., Sorokin I.N. 1979. Ozero i yego vodosbor — yedinaya prirodnyaya sistema [The lake and its catchment - a single natural system]. Leningrad, Publ. Nauka, 195 p.
3. Kondrat'yev S.A. 2007. Formirovaniye vneshney nagruzki na vodoyemy: problemy modelirovaniya [Formation of external load on water bodies: modeling problems]. St. Petersburg, Publ. Nauka, 253 p.
4. Kondrat'yev S.A., Golosov S.D., Zverev I.S., Ryabchenko V.A., Dvornikov A.YU. 2010. Modelirovaniye abioticheskikh protsessov v sisteme vodosbor – vodoyem (na primere Chudsko-Pskovskogo ozera) [Modeling abiotic processes in the catchment - reservoir system (on the example of Lake Peipsi-Pskov)]. St. Petersburg, Publ. Nestor-Istoriya, 115 p.
5. Kondrat'yev S.A., Shmakova M.V. 2019. Matematicheskoye modelirovaniye massoperenosa v sisteme vodosbor – vodotok – vodoyem [Mathematical modeling of mass transfer in the catchment - watercourse - water body system]. St. Petersburg, Publ. Nestor-Istoriya, 246 p.
6. Krivopuskova E.V., Tsvetkova N.N. 2017. Preliminary Estimate of Critical Phosphorus Load in Lake Vishtynetskoe (the Kaliningrad Region). KSTU NEWS, 45: 83–92 (in Russian).
7. Lozovik P.A., Ryzhakov A.V., Sabylina A.V. 2011. Processes of Matter Transformation, Cycles and Formation in Natural Waters. Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 4: 21–28 (in Russian).
8. Lozovik P.A., Frumin G.T. 2018. Present-Day State and Permissible Nutrient Loadings on Lake Peipus. Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 3: 3–10. DOI: 10.17076/lim626 (in Russian).
9. Neverova-Dziopak Ye., Tsvetkova L.T. 2020. Otsenka troficheskogo sostoyaniya poverkhnostnykh vod: monografiya [Assessment of the trophic state of surface waters: monograph]. St. Petersburg, Publ. SPbGASU, 176 p.
10. Rossolimo L.L. 1977. Izmeneniye limnicheskikh ekosistem pod vozdeystviyem antropogennogo faktora [Changes in limnic ecosystems under the influence of anthropogenic factors]. Moscow, Publ. Nauka, 144 p.

11. Semenchenko V.P., Razlutskiy V.I. 2011. *Ekologicheskoye kachestvo poverkhnostnykh vod* [Environmental quality of surface waters]. Minsk, Publ. Belarus. navuka, 329 p.
12. Timofeyeva L.A., Frumin G.T. 2017. *Transgranichnyye vodnyye ob'yekty* [Transboundary water bodies]. St. Petersburg, Publ. SpetsLit, 159 p.
13. Frumin G.T., Gil'deyeva I.M. 2013. *Evtrofirovaniye vodoyemov – global'naya ekologicheskaya problema* [Eutrophication of water bodies – a global environmental problem]. *Ekologicheskaya khimiya*, 22 (4): 191–197.
14. Khenderson-Sellers B., Marklend K.H.R. 1990. *Umirayushchiye ozera. Prichiny i kontrol' antropogennogo evtrofirovaniya* [Dying lakes. Causes and control of anthropogenic eutrophication]. Leningrad, Publ. Gidrometeoizdat, 280 p.
15. Khrisanov N.I., Osipov G.K. 1993. *Upravleniye evtrofirovaniyem vodoyemov* [Management of eutrophication of water bodies]. St. Petersburg, Publ. Gidrometeoizdat, 278 p.
16. Frumin G.T., Gildeeva I.M. 2014. *Eutrophication of Water Bodies – A Global Environment Problem*. *Russian Journal of General Chemistry*, 84 (13): 2483–2488. DOI: 10.1134/S1070363214130015
17. Dillon P.I., Vollenweider R.A. 1974. *The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research*. Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality National Research Council, 42 p.
18. Vollenweider R.A. 1968. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing water with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. Paris, Technical Reports Organisation for economic co-operation and development, 159 p.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Фрумин Григорий Тевелевич**, профессор, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории факультета географии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

**Кулинкович Алексей Викторович**, кандидат химических наук, доцент кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург, Россия

**Горельшев Алексей Юрьевич**, старший преподаватель кафедры экологической безопасности телекоммуникаций Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Grigory T. Frumin**, Professor, Doctor of Chemistry, Leading Researcher of the Research Laboratory of the Faculty of Geography of the Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, St. Petersburg, Russia

**Alexey V. Kulinkovich**, Candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Safety of Telecommunications of the St. Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruevich, St. Petersburg, Russia

**Alexey Yu. Gorelyshev**, Senior Lecturer of the Department of Environmental Safety of Telecommunications of the St. Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruevich, St. Petersburg, Russia



УДК 614.7

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

## Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка

Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А.

Воронежский государственный университет,  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1  
E-mail: skurolap@mail.ru

**Аннотация.** Техногенное загрязнение атмосферы – приоритетный фактор риска для здоровья населения промышленных городов. В то же время недостаточно научных данных, характеризующих опасность загрязнения воздушного бассейна химическими веществами с канцерогенным эффектом воздействия на человека. В связи с этим авторами проведена оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка. В качестве исходных данных использованы сведения о результатах мониторинговых лабораторных исследований, выполненных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» в 2017–2021 гг. Канцерогенный риск оценивался в соответствии с положениями Руководства Р. 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Установлено, что из 6 лабораторно контролируемых канцерогенов в атмосферном воздухе (формальдегид, соединения свинца, сажа, соединения  $\text{Cr}^{6+}$ , бензол, бенз[а]пирен) имелись факты превышения предельно допустимого риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) по концентрациям формальдегида (для детей 6 лет до  $2,24 \times 10^{-4}$ , для взрослых до  $2,40 \times 10^{-4}$ ), бензола (для детей в возрасте 6 лет – до  $3,31 \times 10^{-4}$ , для взрослых – до  $3,54 \times 10^{-4}$ ), сажи (до  $1,15 \times 10^{-4}$  и  $1,23 \times 10^{-4}$  соответственно), бенз[а]пирена (до  $4,22 \times 10^{-4}$  и  $4,52 \times 10^{-4}$  соответственно). В этой связи для территории города Липецка необходим систематический контроль концентраций этих канцерогенов, расширение сети маршрутных постов наблюдения, а также реализация мероприятий по охране атмосферного воздуха от загрязнения.

**Ключевые слова:** загрязнение атмосферного воздуха, мониторинг, канцерогенный риск, эколого-гигиеническая безопасность населения, выбросы загрязняющих веществ.

**Благодарности:** исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 20-17-00172 «Урбоэкодиагностика состояния воздушной среды крупных промышленных городов Центрального Черноземья: воздействие шумового фактора, канцерогенные риски и обеспечение экологической безопасности».

**Для цитирования:** Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А. 2021. Мониторинг и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха. Региональные геосистемы, 45 (2): 236–245. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

---

## Monitoring of atmospheric air pollution and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk

Oleg V. Klepikov, Semyon A. Kurolap, Vladislav A. Sedykh

Voronezh State University,  
1 Universitetskaya Sq, Voronezh, 394018, Russia  
E-mail: skurolap@mail.ru

**Abstract.** Technogenic pollution of the atmosphere is a priority risk factor for the health of the population of industrial cities. At the same time, there is insufficient scientific data characterizing the danger of air pollution by chemicals with a carcinogenic effect on humans. In this regard, the authors assessed the carcinogenic risks to the health of the population of the city of Lipetsk. As the initial data, we used information on the results of monitoring laboratory studies carried out by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Lipetsk Region in 2017–2021. The carcinogenic risk was assessed in accordance with the provisions of Guideline Manual 2.1.10.1920-04 “Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment”. It was established that out of 6 laboratory controlled carcinogens in the air (formaldehyde, lead compounds, soot, chromium<sup>6+</sup> compounds, benzene, benz-a-pyrene), there were facts of exceeding the maximum permissible risk ( $1 \times 10^{-4}$ ) for formaldehyde concentrations (for children 6 years old up to  $2.24 \times 10^{-4}$ , for adults up to  $2.40 \times 10^{-4}$ ), benzene (for children aged 6 years – up to  $3.31 \times 10^{-4}$ , for adults – up to  $3.54 \times 10^{-4}$ ), soot (up to  $1.15 \times 10^{-4}$  and  $1.23 \times 10^{-4}$ , respectively), benz-a-pyrene (up to  $4.22 \times 10^{-4}$  and  $4.52 \times 10^{-4}$ , respectively). In this regard, for the territory of the city of Lipetsk, it is necessary to systematically monitor the concentrations of these carcinogens, to expand the network of route observation posts, as well as to take measures to protect the atmospheric air from pollution.

**Keywords:** atmospheric air pollution, monitoring, carcinogenic risk, environmental and hygienic safety of the population, emissions of pollutants

**Acknowledgments:** the study was carried out within the framework of the project of the Russian Science Foundation No. 20-17-00172 "Urbo-ecological diagnostics of the state of the air environment in large industrial cities of the Central Black Earth Region: the impact of the noise factor, carcinogenic risks and ensuring environmental safety."

**For citation:** Klepikov O.V., Kurolap S.A., Sedykh V.A. Monitoring and assessment of carcinogenic risks for the health of the population of the city of Lipetsk, caused by air pollution. *Regional Geosystems*, 45 (2): 236–245 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245

---

## Введение

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, проблема загрязнения атмосферного воздуха является актуальной для здоровья населения всех стран с низким, средним и высоким уровнем доходов [Всемирная организация здравоохранения, 2020].

Применение методологии оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов окружающей среды, в том числе связанного с ухудшением качества воздушной среды, хорошо себя зарекомендовало на практике для обоснования управленческих природоохранных решений и мероприятий по обеспечению эколого-гигиенической безопасности населения [Попова и др., 2017; Бакиров и др., 2018]. Несмотря на проводимые мероприятия по снижению выбросов и организацию санитарно-защитных зон, загрязнение атмосферного воздуха мегаполисов выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта в настоящее время является одним из значимых техногенных факторов риска для здоровья населения [Сергеев и др., 2016; Ревич, 2018; Осипов и др., 2019; Федоров и др., 2019]. Обращается внимание на канцерогенный риск здоровью населения, т.к. общеизвестно, что воздействие канцерогенов на организм человека имеет беспороговый характер, а уровни снижения риска и показатели здоровья населения в настоящее время рассматриваются как критерии оценки эффективности реализации федерального проекта «Чистый воздух» [Попова и др., 2019]. Вместе с тем, наиболее высокие уровни канцерогенных рисков отмечаются в крупных промышленных городах – Норильске, Челябинске, Красноярске, Чите – причем, не всегда реализуемые в рамках федерального проекта «Чистый воздух» мероприятия приносят ожидаемый эффект снижения воздействия загрязнения на здоровье населения [Ревич, 2020]. Высокие уровни аэрогенных рисков чаще отмечаются в зонах воздействия предприятий I и II классов опасно-



стей по санитарной классификации объектов [Боев и др., 2018], вблизи объектов металлургического и химического производства, а также источников загрязнения воздушного бассейна мелкодисперсными взвешенными частицами от предприятий строительной индустрии, что отмечено в промышленно развитых городах Центрального Черноземья – Воронеже, Липецке, Белгороде [Денисенко и др., 2011; Попов и др., 2012; Боровлев, 2020].

В зарубежных статьях оценке канцерогенного риска здоровью также уделяется значительное внимание. В частности, обращается внимание на проблему загрязнения воздуха городов Китая полициклическими ароматическими углеводородами [Guo et al., 2021]. В результате исследований по оценке риска здоровью населения, проведенных в столице Китая – городе Пекин, выявлены неприемлемые уровни риска из-за загрязнения атмосферного воздуха летучими органическими загрязнителями [Liu et al., 2021]. Проведенный обзор качества воздуха в 27 странах-членах Европейского союза (ЕС) и Великобритании, по данным с 2000 по 2017 гг., свидетельствует, что, несмотря на снижение объема выбросов от промышленных источников, из-за роста числа автомобилей, ситуация, связанная с уровнем загрязнения воздушной среды, остается тревожной, и для достижения целей Директив по качеству окружающего воздуха и смягчения воздействия загрязнения воздуха необходимо срочно принять меры на всех уровнях управления [Sicard et al., 2021]. Даже кратковременное воздействие загрязнения воздушной среды может приводить к нежелательным эффектам и обострению течения заболеваний [Yee et al., 2021].

Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта содержат от 200 до 300 компонентов, в том числе и канцерогенов. Наиболее известными из них являются бенз-а-пирен, формальдегид, сажа. С ростом количества автотранспорта, особенно в крупных городах, проведенными исследованиями в зонах воздействия уличных магистралей, которые практически находятся на территории жилой застройки, выявляются факты высокого уровня как неканцерогенного, так и канцерогенного риска [Звягинцева, Звягинцев, 2018; Литвинова, Молотилова, 2018].

Особенность территории города Липецка состоит в том, что в городской черте расположены производства Новолипецкого металлургического комбината (ПАО «НЛМК»), объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от которого занимает лидирующее место в общей структуре выбросов от всех источников. Как и во всех городах, в Липецке отмечается рост автотранспортной нагрузки.

Исследования по оценке канцерогенного риска в Липецке, как города с развитой металлургической отраслью, проводились около 10 лет назад [Денисенко, 2011; Попов и др., 2012]. За это десятилетие следует отметить и положительные моменты: благодаря внедрению современных технологий и модернизации оборудования на ПАО «НЛМК» при росте объема производства объем выбросов загрязняющих веществ снизился в 1,5 раза и соответствует уровню наилучших доступных технологий в металлургии.

Вместе с тем, несмотря на наличие санитарно-защитных зон производств, нельзя полностью исключить вероятное влияние канцерогенов, содержащихся в выбросах этого предприятия полного металлургического цикла в сочетании с ростом автотранспортной нагрузки, что делает исследования по оценке канцерогенного риска в городе Липецке актуальными.

Цель работы заключалась в оценке канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха.

### **Объекты и методы исследования**

В качестве исходных данных использованы сведения о результатах мониторинговых лабораторных исследований, выполненных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» в 2017–2021 гг., включающих определение концентраций формальде-

гида, свинца, сажи,  $\text{Cr}^{6+}$ , бензола, бенз[а]пирена, 1,3-бутадиена и стирола в приземном слое атмосферного воздуха.

Канцерогенный риск оценивался в соответствии с положениями Руководства Р. 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». При этом рассчитывалось среднее значение концентрации в конкретной мониторинговой точке за год, определялась максимальная концентрация. Далее проводился расчет вероятных доз поступления канцерогена в организм ингаляционным путем. Применены стандартные факторы экспозиции (объем вдыхаемого воздуха, масса тела, продолжительность воздействия) для возрастных групп детей 6 лет и взрослого населения, рекомендованные в Руководстве. Индивидуальный канцерогенный риск (ICR) рассчитывался исходя из величин средних и максимальных доз поступления канцерогенов в организм как произведение дозы (ADD, мг/кг в сутки) на фактор наклона (фактор канцерогенного потенциала, SF). SF – табличная величина, показывающая пропорцию роста риска на единицу дозы канцерогена (мг/кг в сутки)<sup>-1</sup>. Результаты расчетов сравнивались с предельно допустимым уровнем риска ( $1 \times 10^{-4}$ , что эквивалентно 1 дополнительному случаю онкологического заболевания среди 10000 населения от воздействия конкретного канцерогена).

### Результаты и их обсуждение

В 2017–2019 гг. в атмосферном воздухе проводилось определение концентраций формальдегида, свинца, сажи, хрома<sup>6+</sup>, бензола, бенз-а-пирена. Принцип выбора маршрутных точек отбора проб воздуха – подфакельный. В 2017 г. мониторинг осуществлялся в 5 точках:

- № 1 – ул. Адм. Макарова, 24, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 2 – ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 3 – проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 4 – ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 5 – ул. Гагарина, д. 33.

В 2018 г. мониторинг осуществлялся в 5 точках (4 точки (№ 1–4) совпадают с 2017 г.):

- № 1 – ул. Адм. Макарова, 24, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 2 – ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км;
- № 3 – проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 4 – ул. Степная, 19 под факелом НЛМК, 1 км;
- добавлена точка № 6 – ул. Ленина, 3, под факелом НЛМК, 4 км.

В 2019 г. мониторинг осуществлялся в 7 точках (5 точек (№ 1–4 и № 6) совпадают с точками 2017–2018 гг.), добавлены точки:

- № 7 – ул. Зои Космодемьянской, д. 164, под факелом НЛМК, 4 км;
- № 8 – ул. Липовская, 6, под факелом НЛМК, 4 км.

В 2020 г. в рамках договора № 3010-15/334-20 от 28.07.2020 г. Воронежского государственного университета и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Липецкой области» выполнены исследования уровня загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом, свинцом, сажей, соединениями  $\text{Cr}^{6+}$ , бензола, бенз[а]пиреном, 1,3-бутадиеном, стиролом в 2-х мониторинговых точках отбора проб воздуха (№ 9 и № 10), которые расположены непосредственно в жилых кварталах (внутриквартально): точка № 9 – ул. Семашко, д. 5; точка № 10–15 микрорайон, д. 5/2.

Эти точки выбраны на правобережной части города и относительно удалены от основной промплощадки ПАО «НЛМК» (ориентировочно на 5–6 км), которая расположена на левобережной части города (см. рисунок).





В 2017 г. в атмосферном воздухе выше чувствительности методов лабораторного контроля периодически обнаруживались свинец (максимальная концентрация  $0,009 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км); сажа (максимальная концентрация  $0,03 \text{ мг/м}^3$  в точке ул. Гастелло, 13, под факелом НЛМК, 1 км); бензол (максимальная концентрация –  $0,022 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км). Соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля ( $0,0004 \text{ мг/м}^3$ ).

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации свинца для детей в возрасте 6 лет –  $4,60 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $4,92 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации свинца расчеты не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации сажи для детей в возрасте 6 лет –  $5,65 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $6,06 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации сажи расчеты не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации бензола для детей в возрасте 6 лет –  $7,22 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $7,742 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В этой связи по средней концентрации бензола расчеты индивидуального канцерогенного риска не проводились.

В 2018 г. в атмосферном воздухе выше чувствительности методов лабораторного контроля обнаруживались свинец (максимальная концентрация  $0,00053 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км) и бензол (максимальная концентрация  $0,021$  в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км). Бензол, сажа, соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля, следовательно, можно говорить, что их концентрации  $< 0,0001$ ,  $< 0,025$  и  $< 0,0004 \text{ мг/м}^3$  соответственно.

В 2019 г. лабораторно обнаружен свинец (максимальная концентрация –  $0,00012 \text{ мг/м}^3$  в точке № 4, ул. Степная, 19, под факелом НЛМК, 1 км) и бензол (максимальная концентрация –  $0,035 \text{ мг/м}^3$  в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км).

Сажа и соединения  $\text{Cr}^{6+}$  не обнаружены на уровне чувствительности метода лабораторного контроля ( $0,025$  и  $0,0004 \text{ мг/м}^3$  соответственно).

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации свинца для детей в возрасте 6 лет –  $6,13 \times 10^{-7}$ , для взрослых –  $6,57 \times 10^{-7}$ , что значительно ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) и ниже величины целевого риска ( $1 \times 10^{-6}$ ). В этой связи по средней концентрации свинца расчеты канцерогенного риска по данным 2019 г. не проводились.

Индивидуальный канцерогенный риск при максимальной концентрации бензола для детей в возрасте 6 лет –  $1,15 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,23 \times 10^{-4}$ , что выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). При средней концентрации –  $0,017875 \text{ мг/м}^3$  – для детей в возрасте 6 лет индивидуальный канцерогенный риск  $5,78 \times 10^{-5}$ , для взрослых –  $6,29 \times 10^{-5}$ , что ниже предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ), но выше величины целевого риска ( $1 \times 10^{-6}$ ).

Исследования 2020–2021 гг. в контрольных точках № 9 и № 10, которые расположены непосредственно в жилых кварталах на ул. Семашко, 5 и в 15-ом микрорайоне, д. 5/2, на удалении 5,0–6,5 км от основной промплощадки ПАО «НЛМК» показали, что формальдегид, соединения  $\text{Cr}^{6+}$ , 1,3-бутадиен, стирол не обнаружены. Чувствительность применяемых методов лабораторного контроля (нижний предел обнаружения) соответственно составляет  $0,005$ ,  $0,0004$ ,  $0,5$  и  $0,001 \text{ мг/м}^3$ .



По данным 2020 г., средние концентрации свинца –  $0,0004 \text{ мг/м}^3$ , сажи –  $0,0368 \text{ мг/м}^3$ , бензола –  $0,0046 \text{ мг/м}^3$ , бенз[а]пирена –  $0,000031 \text{ мг/м}^3$ . Максимальные концентрации свинца –  $0,00049 \text{ мг/м}^3$ , сажи –  $0,061 \text{ мг/м}^3$ , бензола –  $0,1007 \text{ мг/м}^3$ , бенз[а]пирена –  $0,00089 \text{ мг/м}^3$ .

Индивидуальные канцерогенные риски, рассчитанные по средним концентрациям лабораторно обнаруженных в атмосферном воздухе веществ, как для детей в возрасте 6 лет, так и для взрослого населения в 2020 г. не превышали предельно допустимого риска ( $1 \times 10^{-4}$ ) (см. таблицу).

Индивидуальные канцерогенные риски, рассчитанные по максимальным концентрациям веществ, для детей в возрасте 6 лет и взрослого населения превышали величину предельно допустимого риска по воздействию сажи –  $1,15 \times 10^{-4}$  и  $1,23 \times 10^{-4}$ , бензола –  $3,31 \times 10^{-4}$  и  $3,54 \times 10^{-4}$ , бенз[а]пирена –  $4,22 \times 10^{-4}$ , и  $4,52 \times 10^{-4}$  соответственно. Следует отметить, что результаты оценки риска по максимальным концентрациям веществ превышают уровень существующей опасности, поскольку речь идет о разовых концентрациях, которые имеют место непостоянно, в редких случаях, но они могут служить в качестве индикаторных показателей.

Индивидуальные канцерогенные риски в городе Липецке, 2020–2021 гг.  
Individual carcinogenic risks in the city of Lipetsk, 2020–2021

Канцероген	Дети (6 лет)		Взрослые	
	По средней концентрации	По максимальной концентрации	По средней концентрации	По максимальной концентрации
Свинец	$2,04 \times 10^{-6}$	$2,50 \times 10^{-6}$	$2,19 \times 10^{-6}$	$2,68 \times 10^{-6}$
Сажа	$6,43 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-4}$	$7,94 \times 10^{-5}$	$1,23 \times 10^{-4}$
Бензол	$1,51 \times 10^{-5}$	$3,31 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-6}$	$3,54 \times 10^{-4}$
Бенз[а]пирен	$1,47 \times 10^{-5}$	$4,22 \times 10^{-4}$	$1,58 \times 10^{-5}$	$4,52 \times 10^{-4}$

### Заключение

При подфакельных исследованиях 2017–2019 гг. установлено, что индивидуальный канцерогенный риск, связанный с присутствием формальдегида в атмосферном воздухе, для детей в возрасте 6 лет –  $1,14 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,22 \times 10^{-4}$ , что выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ). В ряде случаев вызывает опасение присутствие бензола (в точке № 3, проспект 60 лет СССР, 2, под факелом НЛМК, 4 км): индивидуальный канцерогенный риск для детей в возрасте 6 лет –  $1,15 \times 10^{-4}$ , для взрослых –  $1,23 \times 10^{-4}$ , что также выше предельно допустимого уровня риска ( $1 \times 10^{-4}$ ).

Лабораторное подтверждение обнаружения в атмосферном воздухе города Липецка, по данным 2020–2021 гг., свинца, сажи, бензола, бенз[а]пирена в жилетной зоне на расстоянии от основного источника выбросов (производственной площадки ПАО «НЛМК»), составляющем 5,0–6,5 км, свидетельствует о необходимости постоянного контроля концентраций этих канцерогенов, так как величина целевого (безопасного) риска (п. 7.6.7 Р. 2.1.10.1920-04) для условий населенных мест в России составляет  $1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-5}$ .

Как и для любого исследования, процесс и результат оценки канцерогенного риска для здоровья населения города Липецка имеет неопределенности, которые в нашей работе связаны с применением стандартных формул расчета доз без учета индивидуальных особенностей организма и принятого времени пребывания в месте экспозиции (24 часа в сутки), отсутствием возможности дифференцирования концентраций веществ в атмосферном воздухе и в воздухе помещений, дискуссионным вопросом репрезентативности данных мониторинга и, прежде всего, ограниченным числом контрольных точек систематических наблюдений и выполненных в них определений концентраций веществ.

Нельзя также говорить о том, что исключительно все канцерогенные риски связаны с металлургическим производством, т.к. существует масса других промышленных источников выбросов и растет объем выбросов от автотранспорта.

Вместе с тем, мониторинг (лабораторный контроль) дает более репрезентативную информацию для оценки канцерогенного риска, чем результаты моделирования концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, т.к. определяются истинные концентрации канцерогенов в реальный момент времени при фактически сложившихся метеорологических условиях с использованием метрологически аттестованных методик.

В этой связи следует обратить внимание на необходимость совершенствования мониторинга содержания канцерогенов в атмосферном воздухе города Липецка, а к числу приоритетных канцерогенов, систематический контроль которых необходим, следует отнести формальдегид, бензол, сажу, бенз[а]пирен.

### Список источников

1. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение атмосферного (наружного) воздуха: Всемирная организация здравоохранения. 2020. Электронный ресурс. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 9 июня 2020).
2. Яндекс-карты. Электронный ресурс. URL: <https://yandex.ru/maps/9/lipetsk> (дата обращения: 12 января 2021).

### Список литературы

1. Бакиров А.Б., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р., Степанов Е.Г., Давлетнуров Н.Х. 2018. Эколого-гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения техногенных территорий Республики Башкортостан. Медицина труда и экология человека, 3 (15): 5–12.
2. Боев В.М., Карпенко И.Л., Боев М.В., Бархатова Л.А., Зеленина Л.В., Кряжев Д.А. 2018. Гигиеническая оценка аэрогенного риска для здоровья населения в районах размещения предприятий I, II класса опасности с обоснованием размеров санитарно-защитных зон. Медицина труда и экология человека, 2 (14): 5–10.
3. Боровлев А.Э. 2020. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилых зон. Региональные геосистемы, 44 (1): 97–103. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103.
4. Денисенко В.И., Ендальцева И.А., Заряева Е.В. 2011. Риск для здоровья населения, обусловленный воздействием загрязняющих веществ металлургического производства. Санитарный врач, 9: 57–60.
5. Звягинцева О.Ю., Звягинцев В.В. 2018. Оценка канцерогенного риска здоровью населения г. Чита от воздействия аэротоксикантов. XXI век. Техносферная безопасность, 3 (4(12)): 67–74. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-67-74.
6. Литвинова Н.А., Молотилова С.А. 2018. Влияние выбросов автотранспорта на заболеваемость и риск здоровью населения г. Тюмени. Экология человека, 8: 11–16.
7. Осипов В.Д., Суржиков Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А. 2019. Воздействие канцерогенных загрязнителей окружающей среды в крупном промышленном центре как фактор формирования хронического гиперпластического ларингита. Медицина в Кузбассе, 18 (2): 54–57.
8. Попов В.И., Клепиков О.В., Ендальцева И.А. 2012. Оценка канцерогенного риска для здоровья населения, проживающего вблизи металлургического производства. Системный анализ и управление в биомедицинских системах, 11 (3): 742–745.
9. Попова А.Ю., Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Мишина А.Л., Ярушин С.В. 2017. Современные вопросы оценки и управления риском для здоровья. Гигиена и санитария, 96 (12): 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129.
10. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Май И.В. 2019. Здоровье населения как целевая функция и критерий эффективности мероприятий федерального проекта «Чистый воздух» Анализ риска здоровью, 4: 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01.



11. Ревич Б.А. 2020. Эффективен ли проект «Чистый воздух» для улучшения здоровья населения 12 городов? Экологический вестник России, 3: 58–68.
12. Ревич Б.А. 2018. Качество атмосферного воздуха в мегаполисах и риски здоровью населения. В кн.: Человек в мегаполисе: опыт междисциплинарного исследования. Под ред. Б.А. Ревича, О.В. Кузнецовой. М., ЛЕНАНД: 214–225.
13. Сергеев А.К., Сучков В.В., Анисимов В.Н. 2016. Комплексная оценка риска здоровью населения при воздействии загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городского округа Самара. Смоленский медицинский альманах, 1: 213–216.
14. Фёдоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Историк О.А., Мясников И.О. 2019. Проблемы гигиенической оценки качества атмосферного воздуха населённых мест на примере городов Ленинградской области. Гигиена и санитария, 98 (6): 657–664. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664.
15. Guo L., Hu J., Xing Y., Wang H., Miao S., Meng Q., Wang X., Bai S., Jia J., Wang P., Zhang R., Gao P. 2021. Sources, environmental levels, and health risks of PM<sub>2.5</sub>-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in energy-producing cities in northern. Environmental Pollution, 272: 116024. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.116024.
16. Liu Y., Kong L., Liu X., Zhang Y., Li C., Zhang Y., Zhang C., Qu Y., An J., Ma D., Tan Q., Feng, M., Zha S. 2021. Characteristics, secondary transformation, and health risk assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) in urban Beijing, China. Atmospheric Pollution Research, 12 (3): 33–46. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.013.
17. Sicard P., Agathokleous E., De Marco A., Paoletti E., Calatayud V. 2021. Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. Environmental Sciences Europe, 33 (1): 28. DOI: 10.1186/s12302-020-00450-2.
18. Yee J., Cho Y., Yoo H., Yun H., Gwak H. 2021. Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis. Environmental Health, 20 (1): 6. DOI: 10.1186/s12940-020-00687-7.

## References

1. Bakirov A.B., Suleimanov R.A., Valeev T.K., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R., Stepanov E.G., Davletnurov N.Kh. 2018. Ecological-hygienic assessment of human carcinogenic health risk of technogenic territories in the Republic of Bashkortostan. Occupational medicine and human ecology, 3 (15): 5–12 (in Russian).
2. Boev V.M., Karpenko I.L., Boev M.V., Barchatova L.A., Zelenina L.V., Kryazhev D.A. 2018. Hygienic Assessment of Aerogenic Health Risk for the Population Living Near the Hazardous Class I, II Enterprises with Determination of Sanitary Protection Zones Sizes. Occupational medicine and human ecology, 2 (14): 5–10 (in Russian).
3. Borovlev A.E. 2020. Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas. Regional Geosystems, 44 (1): 97–103. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103 (in Russian).
4. Denisenko V.I., Endalitseva I.A., Zaryaeva E.V. 2011. Risk for Health of the Population Connected with Pollution from Metallurgical Plant. Sanitary doctor, 9: 57–60 (in Russian).
5. Zvyaginiceva O.Yu., Zvyaginicev V.V. 2018. Assessment of Carcinogenic Harm to Health of the Chita Population by Inflicted by Aerotoxicants. Technosphere Safety. XXI Century, 3 (4(12)): 67–74. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-4-67-74 (in Russian).
6. Litvinova N.A., Molotilova S.A. 2018. The Influence of Motor Transport Emissions on Morbidity and Health Risk of the Population of Tyumen City. Human Ecology, 8: 11–16 (in Russian).
7. Osipov V.D., Surzhikov D.V., Kislitsyna V.V., Shtaiiger V.A. 2019. Exposure to Carcinogenic Environmental Pollutants in a Large Industrial Center as a Factor for Forming Chronic Hyperplastic Laryngitis. Medicin in Kuzbass, 18 (2): 54–57 (in Russian).
8. Popov V.I., Klepikov O.V., Endaliceva I.A. 2012. Estimation of the Carcinogenic Risk for Health of the Population, Living Near by Metallurgical Plant. System analysis and management in biomedical systems, 11 (3): 742–745 (in Russian).

9. Popova A.Yu., Gurvich V.B., Kuzmin S.V., Mishina A.L., Yarushin S.V. 2017. Modern Issues of the Health Risk Assessment and Management. *Hygiene and Sanitation*, 96 (12): 1125–1129. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-12-1125-1129 (in Russian).
10. Popova A.Yu., Zaitseva N.V., May I.V. 2019. Population Health as a Target Function and Criterion for Assessing Efficiency of Activities Performed within "Pure Air" Federal Project. *Health Risk Analysis*, 4: 4–13. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.01 (in Russian).
11. Revich B.A. 2020. How Effective is "Clean Air for Health in 12 Cities" Project? *Environmental Bulletin of Russia*, 3: 58–68 (in Russian).
12. Revich B.A. 2018. Kachestvo atmosfernogo vozduha v megapolisah i riski zdorov'ju naselenija [Ambient air quality in megacities and public health risks.]. In: *Chelovek v megapolise: opyt mezhdisciplinarnogo issledovaniya* [A person in a metropolis: an experience of interdisciplinary research]. Red. by B.A. Revich, O.V. Kuznecova. Moscow, Publ. LENAND: 214–225.
13. Sergeev A.K., Suchkov V.V., Anisimov V.N. 2016. Complex Assessment of Population Health Risk Exposed to Pollutants in Atmospheric Air in Samara. *Smolensk Medical Almanac*, 1: 213–216 (in Russian).
14. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kovshov A.A., Istorik O.A., Myasnikov I.O. 2019. Problems of Outdoor Air Quality Hygienic Assessment in the Cities of the Leningrad Region. *Hygiene and Sanitation*, 98 (6): 657–664. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-657-664 (in Russian)
15. Guo L., Hu J., Xing Y., Wang H., Miao S., Meng Q., Wang X., Bai S., Jia J., Wang P., Zhang R., Gao P. 2021. Sources, environmental levels, and health risks of PM<sub>2.5</sub>-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in energy-producing cities in northern. *Environmental Pollution*, 272: 116024. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.116024.
16. Liu Y., Kong L., Liu X., Zhang Y., Li C., Zhang Y., Zhang C., Qu Y., An J., Ma D., Tan Q., Feng M., Zha S. 2021. Characteristics, secondary transformation, and health risk assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) in urban Beijing, China. *Atmospheric Pollution Research*, 12 (3): 33–46. DOI: 10.1016/j.apr.2021.01.013.
17. Sicard P., Agathokleous E., De Marco A., Paoletti E., Calatayud V. 2021. Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe*, 33 (1): 28. DOI: 10.1186/s12302-020-00450-2.
18. Yee J., Cho Y., Yoo H., Yun H., Gwak H. 2021. Short-term exposure to air pollution and hospital admission for pneumonia: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health*, 20 (1): 6. DOI: 10.1186/s12940-020-00687-7.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Клепиков Олег Владимирович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

**Куrolап Семён Александрович**, доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

**Седых Владислав Александрович**, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Oleg V. Klepikov**, doctor of biological sciences, professor, professor of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.

**Semyon A. Kurolap**, doctor of geographical sciences, professor, head of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.

**Vladislav A. Sedykh**, postgraduate student of the department of geocology and environmental monitoring of the Voronezh State University, Voronezh, Russia.



УДК 502/504:631.4  
DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-246-257

## **Проблемы инженерно-экологических изысканий: почвенные аспекты**

**Новых Е.А., Волошенко И.В., Новых Л.Л.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

**Аннотация.** Проведен анализ основных нормативных документов, регулирующих экологический блок инженерных изысканий, в связи с их актуализацией. Изыскания в России в настоящее время проводятся на фоне незавершенного внедрения субстантивно генетической классификации почв и проблем номенклатуры генетических горизонтов. Для обеспечения сопоставления результатов изысканий с ранее полученными материалами предложено характеристику почв давать по разным классификациям: для природных почв – по классификации 1977 г., для преобразованных почв и почвоподобных тел – 2004–2008 гг. Систему индексации генетических горизонтов почв для исследований в составе инженерно-экологических изысканий предложено дополнить индексами, которые отображают особенности преобразованных почв.

**Ключевые слова:** инженерно-экологические изыскания, паспортизация почв, антропогенно-преобразованные почвы, техногенные поверхностные образования, реестр почвенных ресурсов, почвенные горизонты.

**Для цитирования:** Новых Е.А., Волошенко И.В., Новых Л.Л. 2020 Проблемы инженерно-экологических изысканий: почвенные аспекты. Региональные геосистемы, 45 (2): 246–257. DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-246-257

---

## **Features of engineering and geological surveys: soil aspects**

**Evgenia A. Novykh, Irina V. Voloshenko, Larisa L. Novykh**

Belgorod State National Research University  
85 Pobedy St, Belgorod, 3080015, Russia  
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

**Abstract.** The analysis of the main regulatory documents governing the environmental block of engineering surveys was carried out in connection with their updating. The main purpose of the study was to develop proposals for improving some points of the soil passport. A large-scale soil survey in the industrial zone of the enterprises of the KMA was carried out according to the generally accepted method. It has been established that surveys are currently being carried out against the background of a wide spread of anthropogenically transformed soils and technogenic surface formations, the incomplete introduction of a substantive genetic classification of soils and problems of the nomenclature of genetic horizons. Despite the active work on the formation of a new classification, accounting of soil resources in Russia is carried out in accordance with the traditional classification. To ensure a comparison of the survey results with previously obtained materials, it was proposed to characterize the soils according to different classifications: for natural soils - according to the classification of 1977, for transformed soils and soil-like bodies – 2004–2008. The system of indexing genetic horizons of soils for research as part of engineering and environmental surveys is proposed to be supplemented with indices that reflect the characteristics of the transformed soils. The developed list does not contain unique designations. It is based on the principles currently used in the Russian soil register.

**Keywords:** engineering and geological surveys, certification of soils, anthropogenically transformed soils, technogenic surface formations, soil inventory, soil horizons.

**For citation:** Novykh E.A., Voloshenko I.V., Novykh L.L. Features of engineering and geological surveys: soil aspects. *Regional Geosystems*, 45 (2): 246–257 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-246-257

## Введение

В настоящее время в России происходит активное строительство, включающее как модернизацию и сооружение новых промышленных объектов, так и интенсивную гражданскую застройку, что требует активизации инженерно-изыскательской деятельности. Содержательная часть экологического блока инженерных изысканий ранее регулировалась СП 11-102-97 [2001], который носил обязательный характер [Косинова, Бударина, 2009]. Этот свод правил был разработан на основе СНиП 11-02-96 [1997].

Для Белгородской и Курской областей проведение инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) является актуальным, так как здесь сосредоточена горнодобывающая промышленность региона КМА, находятся несколько крупных горнодобывающих районов, а в настоящее время происходит активная модернизация предприятий.

В 2012 г. появилась новая версия СНиП 11-02-96 [1997] – актуализированная редакция СП47.13330.2012. Затем (в 2016 г.) вышло в свет новое издание актуализированной редакции – СП 47.13330.2016 [2021]. Как отмечают эксперты [Кунаков, 2017], российскую нормативную базу в настоящее время характеризует наличие ряда противоречий в регулировании методических подходов к выполнению ИЭИ. Это приводит к отсутствию единых критериев оценки состояния компонентов окружающей среды и неопределенности при принятии проектных решений.

В настоящее время широко распространены труды по разработке и составлению паспорта почвы, которые касаются как сельскохозяйственных угодий [Степанова, Коренькова, 2018], так и заповедных территорий [Самофалова, 2016]. Основная функция паспорта почв – контроль и регламентирование показателей свойств почв. С 1986 г. существует межгосударственный стандарт [ГОСТ 17.4.2.03-86], который распространяется на почвы и устанавливает требования к составлению паспорта почв. Этот документ рекомендуется использовать при проведении государственной экологической экспертизы и при составлении экологического обоснования хозяйственной и иной деятельности, т.е. при осуществлении ИЭИ.

Многие пункты названного паспорта устарели и требуют актуализации. В 2013–2014 гг. нами были начаты работы по разработке предложений в целях совершенствования почвенных исследований в составе ИЭИ [Новых и др., 2013; Новых, 2014]. Эти работы базировались на СП 47.13330.2012. В связи с современной ориентацией таких работ на СП 47.13330.2016 [2021] продолжение исследований является актуальным. Ранее [Новых, Смирнова, 2019] мы отмечали, что авторы-изыскатели ожидают в скором времени выход еще одной актуализированной версии СП 11-02-97, где все составляющие ИЭИ будут описаны и регламентированы, однако после 2016 г. сведений об обновленном своде правил не появилось.

Цель исследования заключается в анализе нормативных документов, научной литературы и результатов изысканий для формулирования предложений по совершенствованию некоторых пунктов паспорта почв, отраженного в ГОСТ 17.4.2.03-86.

## Объекты и методы исследования

Объектами исследования послужили основные нормативные документы за разные годы, регулирующие проведение почвенных исследований в рамках ИЭИ. К ним относятся СНиП 11-02-96 [1997], СП 11-102-97 [2001] и его актуализированные редакции, выпу-





щенные в 2012 и 2016 гг. Подробно рассмотрен ГОСТ 17.4.2.03-86 «Охрана природы. Почвы. Паспорт почв» и его разделы, касающиеся обозначения почв и генетических горизонтов при проведении изысканий.

Крупномасштабное почвенное обследование в промышленной зоне предприятий КМА проводилось в ходе натуральных геоэкологических исследований на основе «Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований» [1973]. Для определения классификационной принадлежности почв была использована не только традиционная классификация почв СССР [Егоров и др., 1977], но и новая классификация почв России [Шишов и др., 2004; Полевой определитель почв, 2008]. Разработанные картографические материалы иллюстрируют почвенный покров в зоне расширения одного из горнодобывающих предприятий на территории Старооскольского района Белгородской области.

Основными методами полевых исследований были профильно-генетический и морфологический, которые являются базисными при полевом обследовании почв и составляют основу их полевой диагностики. На заключительном этапе исследования использовались сравнительный и ретроспективный анализ.

### Результаты и их обсуждение

Положительные стороны и недостатки актуализированной редакции СП 47.13330.2012 были обсуждены В.Т. Трофимовым и М.А. Харькиной [2015]. Следует отметить, что СП 47.13330.2012 опирается на широкую нормативную базу. Отзывы об СП 47.13330.2016 [2021] противоречивы. Некоторые авторы [Цымбал, Трофимов, 2017] отмечают прогрессивный характер нового документа, который внес существенные изменения в методологию инженерно-экологических изысканий: в состав основных работ включены экологически значимые виды исследований, например, изучение опасных природных и природно-антропогенных процессов. По мнению V.V. Belash, S.G. Sheina [2020], данные о степени подверженности опасным инженерно-геологическим процессам позволяют определить степень инвестиционной привлекательности реконструируемого объекта.

Другие авторы отмечают слабую конкретизацию состава исследований элементов и параметров окружающей среды. Проведенный анализ показал, что вместо 63 нормативных ссылок в СП 47.13330.2012 в версии 2016 г. их содержится только 8, при этом нет ни одной ссылки на ГОСТы, регламентирующие исследования почв. Постановление Правительства РФ от 4 июля 2020 г. № 985 [Об утверждении перечня..., 2020] утвердило приоритет СП 47.13330.2016 для соблюдения требований федерального законодательства.

По поводу почвенных исследований в рамках ИЭИ существуют разные точки зрения. Некоторые авторы [Клевцова, Клейменова, 2009] считают изучение свойств почвы важнейшей задачей при проведении ИЭИ. Другие авторы [Lukashov, Ivanchenkova, 2020] считают почву составной частью грунтов и рассматривают в качестве одного из элементов ИЭИ не почву, а почвогрунты обследуемой территории.

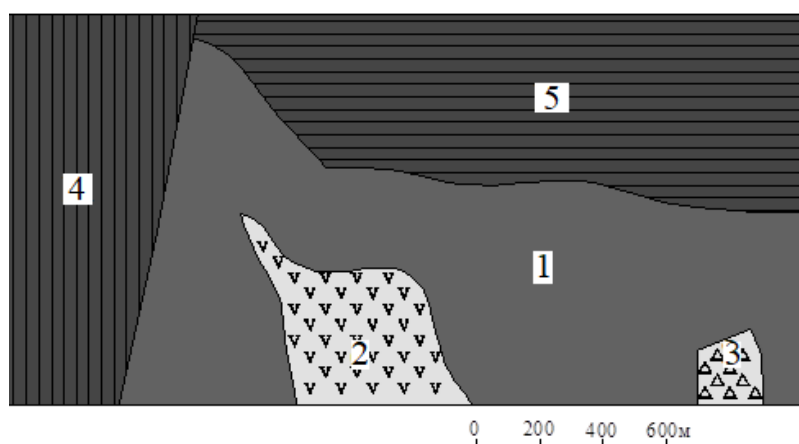
При проведении ИЭИ, составлении проектной документации и производстве работ, связанных с нарушением земель и их рекультивацией, важной проблемой является снятие плодородного слоя почвы. Такое направление актуально для предприятий горнодобывающей промышленности. Как указывают R.G. Darmody et al. [2009], верхний плодородный слой почвы имеет жизненно важное значение для здоровья экосистем, гидрологии ландшафта и восстановления растительного покрова нарушенных земель.

Паспорт почв, согласно ГОСТ 17.4.2.03-86, включает 7 разделов, начиная с географического положения и заканчивая санитарным состоянием почвы. Наша работа посвящена рассмотрению отдельных аспектов пунктов 5 и 6 указанного документа. Разделы 5.1 и 5.2 требуют дать наименование типа и подтипа почвы по национальной классификации.

Однако возникает вопрос: какую классификацию почв следует считать «национальной» и использовать при проведении изысканий?

В литературе встречаются мнения [Nikiforova, 2019] о том, что классификация почв является нерешенной проблемой почвоведения, и после публикации первой научной версии почвенной классификационной системы, разработанной В.В. Докучаевым, перехода к качественно новому этапу ее развития не произошло, хотя за это время было получено много новых эмпирических данных и стали использоваться новые современные компьютерные технологии. Суть проблемы для России состоит в том, что в конце XX – начале XXI вв. почвенное картографирование проводилось на основе факторно-генетической классификации [Егоров и др., 1977], затем начала разрабатываться новая субстантивно-генетическая классификация почв России [Шишов и др., 2004; Полевой определитель..., 2008]. Проблемы применения новой классификации почв России при проведении ИЭИ были рассмотрены нами ранее [Новых и др., 2013; Новых, 2014].

На рисунке показан пример почвенной картосхемы одного из районов изысканий, построенной на основе новой классификации.



Картосхема размещения почв и почвоподобных тел в районе ИЭИ:

- 1 – агрочернозем миграционно-мицеллярный среднетолстый тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке;
- 2 – комплекс: чернозем глинисто-иллювиальный от мало- до среднетолстого и стратозем темногумусовый водно-аккумулятивный тяжелосуглинистый на делювиальных отложениях;
- 3 – мозаика: урбочернозем глинисто-иллювиальный, культурозем и экранозем;
- 4 – артииндустраты;
- 5 – натурфабрикаты-литостраты

Schematic map of the distribution of soils and soil-like bodies in the IEI area:

- 1 – agrochernozen migration-micellar medium-thick heavy loam on loess-like loam;
- 2 – complex: clay-illuvial chernozen from little to medium-thick and stratozem dark-humus water-accumulative heavy-loamy on deluvial deposits;
- 3 – mosaic: urban chernozen clay-illuvial, kulturozem and ekranozem;
- 4 – artiindustrats;
- 5 – naturfabrikats-lithostrats



На фоне незавершенного внедрения достижений субстантивно генетической классификации появляются предложения по разработке естественной почвенно-ландшафтной классификационной системы, которая может стать универсальной и к тому же эволюционной [Nikiforova et al., 2019]. Мы не анализируем преимущества и недостатки такой системы, так как существующие в настоящее время исследования касаются природных почв, а нас в рамках проведения ИЭИ интересуют территории со значительной долей нарушенного почвенного покрова. Но в перспективе, если на основе почвенно-ландшафтной классификационной системы удастся создать классификационную систему антропогенных ландшафтов, такая классификация будет представлять интерес и для почвенных исследований в системе ИЭИ.

Составленные нами картосхемы оказались трудно сопоставимы с существующими почвенно-картографическими материалами, что осложняет работу по интерпретации полученных данных. Для поиска путей решения проблемы мы обратились к «Единному государственному реестру почвенных ресурсов России» [2019] – ЕГРП. В нем при характеристике почвенного фонда Белгородской области использованы названия почв: серые лесные, черноземы выщелоченные, черноземы типичные и т.д. Очевидно, что применена классификация 1977 г. Таким образом, несмотря на активную работу по формированию новой классификации, учет почвенных ресурсов в России производится в соответствии с традиционной классификацией 1977 г.

Наиболее крупные горнодобывающие предприятия региона КМА были созданы во второй половине XX в. Их строительство осуществлялось на почвах ненарушенных или распаханых, которые близки по своим свойствам к естественным, поэтому для характеристики почвенного покрова в то время достаточно было использовать классификацию природных почв. В настоящее время при расширении предприятий изыскания ведутся на преобразованных территориях, поэтому необходимо привлекать ряд аспектов новой классификации почв.

Рассмотрим картосхему, иллюстрирующую особенности почвенного покрова окрестностей одного из горнодобывающих предприятий (см. рисунок). Ее анализ показывает:

1 – это не почвенная карта в строгом понимании данного понятия, поэтому она называется «Картосхема размещения почв и почвоподобных тел»;

2 – из пяти выделенных ареалов только один (№ 2) представлен природными почвами или грунтами: в этот комплекс входят чернозем выщелоченный и переотложенные грунты, если применять термины классификации 1977 г.;

3 – два ареала (№№ 4–5) соответствуют непочвенным образованиям: это нетоксичные материалы отвалов промышленной переработки или насыпные минеральные грунты отвалов вскрышных пород горнодобывающих предприятий.

Почвенные изыскания имеют прикладной характер, поэтому как бы нам ни хотелось усилить их научную составляющую, следует признать, что в настоящее время необходимо, в первую очередь, ориентироваться на классификацию, используемую в реестре почвенных ресурсов России, т.е. на классификацию 1977 г. В то же время для тех случаев, когда традиционная классификация «не работает» вследствие существенной преобразованности почвенного покрова, следует привлекать достижения новой классификации почв России. Возможно, нашу позицию некоторые ученые назовут половинчатой и регрессивной. Ответ может быть только один: это прикладные исследования, и их результаты должны быть понятны и сопоставимы с предыдущими исследованиями. Как только почвенные исследования агрохимической службы перейдут на новую классификацию, тогда можно ставить вопрос об осуществлении почвенных исследований в системе ИЭИ в соответствии с новой классификацией почв России.

Результаты проведенного анализа позволяют предложить конкретное изменение пункта 5 ГОСТ 17.4.2.03-86 (табл. 1).

Таблица 1  
Table 1

Вариант совершенствования раздела 5 (подразделы 5.1-5.3) ГОСТа 17.4.2.03-86  
Option for improving section 5 (subsections 5.1-5.3) of GOST 17.4.2.03-86

№ ГОСТа и его название	Старая редакция	Предлагаемая редакция
17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв	Раздел 5. Характеристика почв: 5.1. Тип почвы по национальной классификации. 5.2. Подтип почвы по национальной классификации. 5.3. Самый низкий таксон национальной классификации.	Раздел 5. Характеристика почвы: А) для природных почв: 5.1. Тип почвы по классификации 1977 г. 5.2. Подтип почвы по классификации 1977 г. 5.3. Разряд почвы по классификации 1977 г. Б) для преобразованных почв и почвоподобных тел – характеристика в соответствии с классификацией 2004–2008 гг.

Раздел 6 ГОСТ 17.4.2.03-86 начинается с подпункта 6.1 «Обозначение горизонтов по национальной системе». Выполнение данного подпункта также связано с некоторыми проблемами. Детальная характеристика разных систем обозначений генетических горизонтов была дана Б.Г. Розановым [2004].

Документ СП 47.13330.2012 рекомендовал использовать при почвенных обследованиях Общесоюзную инструкцию [1973]. В ней предлагается следующий перечень генетических горизонтов почв: лесная подстилка (степной войлок), гумусовый, верхняя наиболее темноокрашенная часть гумусового слоя, подзолистый (оподзоленный, осолодевший), иллювиальный, переходный, иллювиальный карбонатный, безгумусовая материнская порода, глеевый, подстилающая порода. Указано, что для частей профиля с одинаково ясно выраженными признаками двух смежных горизонтов применяют двойные обозначения, например,  $A_1A_2$ . Если признаки горизонта сочетаются с признаками второстепенного порядка, то горизонт обозначают основным индексом и дополнительной малой буквой, например,  $A_{2g}$ .

Если обратиться к более новому источнику – «ЕГРПР России» [2019], то можно отметить, что подходы к обозначению горизонтов в целом похожи, но есть и отличия: так вместо  $A_0$  используется индекс  $O$ ; детально подразделены глеевые горизонты; выделены солевой  $S$  и корковый  $K$  горизонты. По сути, система индексации в реестре совпадает с системой символов, разработанной в 1972 г. Почвенным институтом им. В.В. Докучаева [Розанов, 2004] поэтому, строго говоря, считать ее более современной системой некорректно. При индексации различных характеристик основных генетических горизонтов в реестре используют малые индексы, которые ставят справа после основного индекса и также обозначают латинскими, но строчными буквами.

Анализ рекомендуемых в реестре малых индексов показывает спорность и несовершенство некоторых из них:

1) так индекс **p** рекомендуется в реестре для обозначения каменистости. В то же время аналогичный индекс широко применяется при современном обозначении пахотных горизонтов – **Ap**. Такое обозначение пахотного горизонта было предложено для международного использования группой экспертов Международного общества почвоведов еще в 1967 г. [Розанов, 2004];



2) горизонты, характеризующиеся существенными изменениями в морфологии, обусловленными деятельностью человека, обозначаются индексом **a**. Это могут быть пахотные, культурно-ирригационные, уплотненные, окультуренные и другие горизонты. В то же время часто пахотные горизонты обозначают индексом **Ap**;

3) горизонты степной войлок и дернина обозначаются одинаковым индексом **Av**, хотя эти горизонты существенно различаются. В иных работах дернину часто обозначают **Ad**, но в данной системе индекс **d** отражает признаки динамических явлений перемещения почвенной массы.

Мы рассмотрели системы обозначения генетических горизонтов почв, использованные в публикациях в журнале «Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки» за последние годы (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Обозначения генетических горизонтов почв, использованные в статьях  
Designations of the genetic horizons of soils used in the articles

Автор, год	Обозначения горизонтов
Поляков Д.Г., 2019	Ад, А, В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , ВС, С
Околелова А.А., Капля В.Н., Лапченков А.Г., 2019	А <sub>1</sub> , В <sub>1</sub> , С
Муравьев Э.Н., Чендев Ю.Г., Голотвин А.Н., 2017	Ад, А <sub>1</sub> , А <sub>1</sub> А <sub>2</sub> В, А <sub>2</sub> ВА <sub>1g</sub> , А <sub>1</sub> В <sub>g</sub> , В <sub>g</sub> , ВС <sub>g</sub>

Очевидно, что используются разные варианты системы обозначений, приближенные к классификации 1977 г. О наличии проблемы единой концепции и номенклатуры генетических горизонтов свидетельствуют следующие приведенные факты:

- 1) разные варианты обозначения дернового горизонта – Ад и А<sub>d</sub>;
- 2) появление среди горизонтов индексов из трех букв – А<sub>1</sub>А<sub>2</sub>В, А<sub>2</sub>ВА<sub>1g</sub>.

В работе, посвященной регенерационным почвам [Агафонов, Голуусов, 2020] также встречаем традиционную систему обозначений горизонтов, соответствующую инструкции 1973 г.: А (гумусово-аккумулятивный); переходные горизонты В, АВ, АС; горизонты материнской породы – С, ВС, D.

Техногенное воздействие приводит к перемешиванию почвенных горизонтов, их срезанию или погребению, и даже к созданию нового профиля, т.е. возникают новые горизонты, аналогов которым нет в природе. В связи с этим предлагаем унифицировать перечень выделяемых в ходе изысканий генетических горизонтов почв (табл. 3).

Предложенный перечень не содержит уникальных обозначений. Он базируется на принципах, используемых в настоящее время в индексации горизонтов, представленной в «ЕГРПР России» [2019]. В то же время он учитывает возможность применения символов для международного использования, т.к. использует символы, рекомендованные группой экспертов Международного общества почвоведов. В него включены и новые обозначения, предлагаемые специалистами-почвоведом при изучении антропогенных почв [Прокофьева и др., 2014]. Эти новые обозначения приведены в соответствии с подходами, использованными в названном реестре: применение латинских букв и использование одной заглавной буквы при обозначении однородного горизонта.

Таблица 3  
Table 3Предлагаемая схема обозначений генетических горизонтов почв при осуществлении ИЭИ  
The proposed designation scheme for genetic soil horizons in the implementation of IEI

Основные горизонты	Малые дополнительные индексы
Органогенный – O	Погребенный горизонт – b
Гумусовый – A	Аккумуляция карбоната кальция – ca
Торфяной – T	Аккумуляция гипса – cs
Элювиальный – E	Иллювиальная аккумуляция железа – f
Иллювиальный или переходный – B	Пятнистость оглеения – g
Почвообразующая порода – C	Сильная цементация или уплотнение – m
Глеевый – G	Насыщенность натрием – na
Солевой – S	Пахотный горизонт – p
Корковый – K	Подпахотный горизонт – pp
Урбик – U	Слой конкреций или гравия – r
Техногенный – Tch	Аккумуляция легкорастворимых солей – sa
Рекультивационный компостно-гумусовый – Rch	Иллювиальная аккумуляция глины – t
Перемещенная почвообразующая порода – Cdr	Горизонты с существенными изменениями в морфологии, обусловленными деятельностью человека – a
Техногенная искусственная порода – Mar	

### Заключение

Внедрение в практику ИЭИ актуализированной редакции СНиП 11-02-96 – СП47.13330.2016, которая характеризуется слабой конкретизацией состава исследований элементов и параметров окружающей среды, в частности, почв, привело к обострению проблемы нормативно-правового обеспечения почвенно-экологических исследований. Существующий ГОСТ 17.4.2.03-86, регламентирующий составление паспорта почв при проведении ИЭИ, устарел по многим позициям.

Осуществленные нами ранее попытки использовать при паспортизации почв в ходе ИЭИ субстантивно-генетическую классификацию показали, что составленные картосхемы не востребованы, так как осложняется работа по сопоставлению и интерпретации полученных данных. До настоящего времени учет почвенных ресурсов в России проводится в соответствии с факторно-генетической классификацией 1977 г., и переход на проведение почвенных исследований в рамках ИЭИ на основе субстантивно-генетического подхода будет плодотворным только при переходе на эту классификацию почвенных исследований агрохимической службы.

В связи с этим предлагаем в современный период характеристику природных и преобразованных почв давать по разным классификациям: для природных почв использовать классификацию 1977 г., а для преобразованных почв и почвоподобных тел – 2004–2008 гг.

В системе обозначений генетических горизонтов почв господствуют представления почти полувековой давности, свидетельствующие о наличии проблемы единой концепции и номенклатуры генетических горизонтов. Существующие индексы не могут в полной мере отобразить особенности преобразованных почв, в связи с чем предложена схема индексации почвенных горизонтов для исследований в составе ИЭИ.



### Список источников

1. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 04.07.2020 № 985. Электронный ресурс. СПС «Гарант». URL: <https://www.garant.ru> (дата обращения: 01.03.2021).
2. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. 2001. М., Госстрой России, 38 с.
3. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). 2013. М., Минрегион России, 111 с.
4. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения (Актуализированная редакция СНиП 11-02-96). Электронный ресурс. СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 19.01.2021).
5. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. 1997. М., ПНИИИС, 97 с.
6. ГОСТ 17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв. 2008. М., Стандартинформ, 4 с.
7. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н., Носин В.А., Фриев Т.А. 1977. Классификация и диагностика почв СССР. М., Колос, 224 с.
8. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. 2019. М. Электронный ресурс. URL: <http://egrpr.esoil.ru> (дата обращения: 08.02.2021).
9. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. 1973. М., Колос, 96 с.
10. Полевой определитель почв. 2008. М., Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 182 с.
11. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, Ойкумена, 342 с.

### Список литературы

1. Агафонов В.А., Голусов П.В. 2020. Свойства новообразованных почв постселитебных геосистем Центрально-Черноземного района. Успехи современного естествознания, 5: 23–28. DOI: 10.17513/use.37387
2. Клевцова И.Н., Клейменова И.Е. 2009. Варианты применения результатов почвенных обследований, полученных при проведении инженерно-экологических изысканий. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 12: 20–21.
3. Косинова И.И., Бударина В.А. 2009. Методические и правовые особенности проведения инженерно-экологических изысканий. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 1: 164–166.
4. Кунаков К.О. 2017. Противоречия в законодательстве и оценка категорий загрязнения почв тяжелыми металлами на стадии инженерно-экологических изысканий. Вестник государственной экспертизы, 3: 96–99.
5. Муравьев Э.Н., Чендев Ю.Г., Голотвин А.Н. 2017. Полигенетичность пойменных почв как элемент палеоэкологической информационной функции водоохранных зон. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 4 (253 (38)): 109–125.
6. Новых Е.А., Смирнова Н.А. 2019. Паспортизация почв при инженерно-экологических изысканиях: проблемы и перспективы. В кн.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. Материалы VIII Международной научной конференции. Белгород, 22–25 октября 2019 года. Белгород, ИД «Белгород»: 365–367.
7. Новых Л.Л. 2014. Современные проблемы почвенных исследований при проведении инженерно-экологических изысканий. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 19 (5): 1446–1449.

8. Новых Л.Л., Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Чуйкова Е.Г. 2013. Применение современной классификации почв при проведении почвенных исследований для инженерно-экологических изысканий. Проблемы региональной экологии, 4: 99–103.
9. Околелова А.А., Капля В.Н., Лапченков А.Г. 2019. Оценка содержания нефтепродуктов в почвах. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43 (1): 76–86. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86.
10. Поляков Д.Г. 2019. Современное состояние темно-каштановых почв Зауралья и их земледельческая трансформация. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43 (4): 438–447. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-438-447.
11. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. 2014. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России. Почвоведение, 10: 1155–1164. DOI: 10.7868/S0032180X14100104.
12. Розанов Б.Г. 2004. Морфология почв. М., Академический Проект, 432 с.
13. Самофалова И.А. 2016. Почвенно-экологическая паспортизация и сертификация почв заповедных территорий. В кн.: Аграрная наука – сельскому хозяйству. Материалы XI международной научно-практической конференции. Барнаул, 4–5 февраля 2016 года. Барнаул, Изд-во Алтайского аграрного государственного университета: 229–231.
14. Степанова Л.П., Коренькова Е.А. 2018. Агроэкологическая роль паспортизации черноземных почв в оценке их деградационных изменений. Вестник аграрной науки, 1 (70): 22–29. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.1.22.
15. Трофимов В.Т., Харькина М.А. 2015. Еще раз о содержании инженерно-экологических изысканий – достижения, упущенные возможности и недостатки в СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания, 7: 16–22.
16. Цымбал М.Н., Трофимов В.Т. 2017. Позиции, требующие совершенствования научно-методического обеспечения инженерно-экологических изысканий. В кн.: Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы докладов XIII Общероссийской конференции изыскательских организаций. Москва, 29 ноября – 1 декабря 2017 года. М., Геомаркетинг: 172–175.
17. Belash V.V., Sheina S.G. 2020. Features of engineering and geological surveys in the conditions of dense city building. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 913 (4): 042021. DOI:10.1088/1757-899X/913/4/042021.
18. Darmody R.G., Daniels W.L., Marlin J.C., Cremeens D.L. 2009. Topsoil: what is it and who cares. 2009. In: Proceedings of a Joint Conference of American Society of Mining and Reclamation. 26th Annual National Conference and 11th Billings Land Reclamation Symposium. United States, Billings, 30 May – 5 June 2009. Montana: 237–269.
19. Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A. 2020. Analysis of the state of soils in urbanized territories as an element of engineering and environmental surveys. Advances in current natural sciences, 5: 56–62.
20. Nikiforova A.A. 2019. Soil classification. Knowledge Organization, 46 (6): 467–488. DOI:10.5771/0943-7444-2019-6-466.
21. Nikiforova A.A., Bastian O., Fleis M.E., Nyrtsov M.V., Khropov A.G. 2019. Theoretical development of a natural soil-landscape classification system. An interdisciplinary approach. Catena, 177: 238–245. DOI: 10.1016/j.catena.2019.02.026.

## References

1. Agafonov V.A., Goleusov P.V. 2020. Properties of Newly Formed Soils of Post-Settlement Geosystems of the Central Chernozem Region. Advances in current natural sciences, 5: 23–28. DOI: 10.17513/use.37387 (in Russian).
2. Klevtsova I.N., Kleymenova I.E. 2009. Variants of Application of Soil Inspection Results Received Under Engineering-Ecological Survey. Environmental protection in oil and gas complex, 12: 20–21 (in Russian).





3. Kosinova I.I., Budarina V.A. 2009. Methodical and Legal Features of Carrying Out of Engineering-Ecological Researches. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 1: 164–166 (in Russian).
4. Kunakov K.O. 2017. Protivorechiya v zakonodatelstve i otsenka kategoriy zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami na stadii inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy [Contradictions in legislation and assessment of categories of soil pollution with heavy metals at the stage of engineering and environmental surveys]. Vestnik gosudarstvennoy ekspertizy, 3: 96–99.
5. Muravyev E.N., Chendev Yu.G., Golotvin A.N. 2017. Polygenesis of floodplain soils as element of paleoecological informational function of water protection zones. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 4 (253 (38)): 109–125 (in Russian).
6. Novykh E.A., Smirnova N.A. 2019. Paspportizaciya pochv pri inzhenerno-jekologicheskikh izyskaniyah: problemy i perspektivy [Certification of soils during engineering and environmental surveys: problems and prospects]. In: Problemy prirodopol'zovaniya i jekologicheskaja situaciya v Evropejskoj Rossii i na sopredel'nyh territorijah [Problems of nature management and the ecological situation in European Russia and adjacent territories]. Materials of the VIII International Scientific Conference. Belgorod, 22–25 October 2019. Belgorod, Publ. "Belgorod": 365–367.
7. Novykh L.L. 2014. Modern Problems of Soil Research at Carrying Out of Engineering-Ecological Survey. Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences, 19 (5): 1446–1449 (in Russian).
8. Novykh L.L., Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Chuykova E.G. 2013. The Application of Modern Soil Classification at Carrying Out of Soil Researches for Engineering and Environmental Studies. Regional Environmental Issues, 4: 99–103 (in Russian).
9. Okolelova A.A., Kaplya V.N., Lapchenkov A.G. 2019. Evaluation of Oil Content in Soils. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 43 (1): 76–86. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-76-86 (in Russian).
10. Polyakov D.G. 2019. The Current State of Haplic Kastanozems of the Trans-Ural Region and Their Agricultural Transformation. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 43 (4): 438–447. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-438-447 (in Russian).
11. Prokofieva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Bakhmatova K.A., Golieva A.A., Gorbov S.N., Zharikova E.A., Matinyan N.N., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. 2014. Inclusion of Soils and Soil-Like Bodies of Urban Territories Into the Russian Soil Classification System. Eurasian Soil Science, 47 (10): 959–967. DOI: 10.7868/S0032180X14100104 (in Russian).
12. Rozanov B.G. 2004. Morfologija pochv [Soil morphology]. Moscow, Akademicheskij Proekt, 432 p.
13. Samofalova I.A. 2016. Pochvenno-jekologicheskaja pasportizaciya i sertifikaciya pochv zapovednyh territorij [Soil-ecological certification and certification of soils of protected areas]. In: Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu [Agricultural Science – Agriculture]. Materials of the XI International Scientific and Practical Conference. Barnaul, 4–5 February 2016. Barnaul, Publ. Altajskogo agrarnogo gosudarstvennogo universiteta: 229–231.
14. Stepanova L.P., Korenkova E.A. 2018. Agroecological Role of the Chernozemic Land Classification by the Assessment of Their Degradation Changings. Bulletin of agrarian science, 1 (70): 22–29. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.1.22 (in Russian).
15. Trofimov V.T., Kharkina M.A. 2015. Once More about the Content of Engineering-Ecological Surveys – Achievements, Missed Opportunities and Shortcomings of the Sp 47.13330.2012. Engineering surveys, 7: 16–22 (in Russian).
16. Cymbal M.N., Trofimov V.T. 2017. Pozicii, trebujushhie sovershenstvovanija nauchno-metodicheskogo obespechenija inzhenerno-jekologicheskikh izyskaniy [Positions requiring the improvement of scientific and methodological support of engineering and environmental surveys]. In: Perspektivy razvitija inzhenernyh izyskaniy v stroitel'stve v Rossijskoj Federacii [Prospects for the development of engineering surveys in construction in the Russian Federation]. Materials of reports of the XIII All-Russian conference of survey organizations. Moscow, 29 November – 1 December 2017. Moscow, Publ. Geomarketing: 172–175.
17. Belash V.V., Sheina S.G. 2020. Features of engineering and geological surveys in the conditions of dense city building. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 913 (4): 042021. DOI:10.1088/1757-899X/913/4/042021.

18. Darmody R.G., Daniels W.L., Marlin J.C., Cremeens D.L. 2009. Topsoil: what is it and who cares. 2009. In: Proceedings of a Joint Conference of American Society of Mining and Reclamation. 26th Annual National Conference and 11th Billings Land Reclamation Symposium. United States, Billings, 30 May –5 June 2009. Montana: 237–269.

19. Lukashov S.V., Ivanchenkova O.A. 2020. Analysis of the state of soils in urbanized territories as an element of engineering and environmental surveys. *Advances in current natural sciences*, 5: 56–62.

20. Nikiforova A.A. 2019. Soil classification. *Knowledge Organization*, 46 (6): 467–488. DOI:10.5771/0943-7444-2019-6-466.

21. Nikiforova A.A., Bastian O., Fleis M.E., Nyrtsov M.V., Khropov A.G. 2019. Theoretical development of a natural soil-landscape classification system. An interdisciplinary approach. *Catena*, 177: 238–245. DOI: 10.1016/j.catena.2019.02.026.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Новых Евгения Александровна**, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Волошенко Ирина Викторовна**, старший преподаватель кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Новых Лариса Леонидовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Evgenia A. Novykh**, Post-graduate student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Irina V. Voloshenko**, Senior Lecturer of Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Larisa L. Novykh**, Candidate of Sciences in Biology, Associate Professor of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 634.84

DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268

## Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова

**Зеленская Е.Я., Маринина О.А.**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: zelenskaya@bsu.edu.ru

**Аннотация.** На Крымском полуострове одной из главных отраслей сельского хозяйства является виноградарство. Правительством РФ были поддержаны законопроекты, которые направлены на увеличение объемов производства, а также повышение качества виноградной продукции. Влияние на качество вин свойств почвы и ее плодородия определяет важную роль ампелоэкологии, которая опирается на результаты комплексного почвенно-генетического и биогеохимического изучения виноградных почв. На сегодняшний день наименее исследованы почвенные условия Крыма с учетом требований ампелоэкологии, отсутствуют четкие разграничения территории по степени пригодности почв под виноградники. Поэтому целью данного исследования является установление биогеохимических особенностей виноградных почв отдельных регионов, которые отличаются по ампелоэкологическим критериям. В результате были выявлены территории виноградников, которые по концентрации тяжелых металлов в почве превышали предельно-допустимые нормы по следующим химическим элементам: As, Pb, Ni, Cu, V, Cr. При этом на всех исследуемых почвах наблюдается дефицит (более чем на 30 %) питательных элементов (CaO и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), необходимых для роста, цветения и созревания плодов, в верхнем почвенном горизонте (A) по отношению к горизонту B. Это может негативно сказываться на вкусовых качествах винограда. Полученные результаты вносят определённый вклад в обоснование дальнейшего развития винодельческой отрасли на Крымском полуострове. При оптимизации питания виноградного растения на основе специализированного набора показателей в системе почвенно-экологического мониторинга можно добиться повышения и улучшения винодельческой продукции.

**Ключевые слова:** виноградные почвы, геохимия, терриор, материнские породы, Крым.

**Благодарности:** исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90081.

**Для цитирования:** Зеленская Е.Я., Маринина О.А. 2021. Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова. Региональные геосистемы, 45 (2): 258–268. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268

---

## Geoecological assessment of soils in the main areas of viticulture of the Crimean Peninsula

**Evgeniya Ya. Zelenskaya, Olga A. Marinina**

Belgorod National Research University,  
85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia  
E-mail: zelenskaya@bsu.edu.ru

**Abstract.** Viticulture is one of the main branches of agriculture on the Crimean Peninsula. The Government of the Russian Federation supported bills aimed at increasing production volumes, as well as improving the quality of grape products. The influence of soil properties and its fertility on the quality of wines determines the important role of ampeloecology, which is based on the results of a comprehensive

soil-genetic and biogeochemical study of grape soils. To date, the least studied soil conditions of the Crimea, taking into account the requirements of ampelocology, there are no clear delimitations of the territory according to the degree of suitability of soils for vineyards. Therefore, the purpose of this study is to establish the biogeochemical characteristics of grape soils in individual regions, which differ in ampelocological criteria. As a result, the territories of vineyards were identified, which, in terms of the concentration of heavy metals in the soil, exceeded the maximum permissible norms for the following chemical elements: As, Pb, Ni, Cu, V, Cr. At the same time, on all studied soils, there is a deficiency (by more than 30 %) of nutrients (CaO and Na<sub>2</sub>O) necessary for the growth, flowering and ripening of fruits in the upper soil horizon (A) in relation to horizon B. This can be negatively affect the taste of grapes. The results obtained make a certain contribution to the substantiation of the further development of the wine industry on the Crimean peninsula. By optimizing the nutrition of a grape plant on the basis of a specialized set of indicators in the soil-ecological monitoring system, it is possible to achieve an increase and improvement in wine production.

**Keywords:** grape soils, geochemistry, terrior, parent rocks, Crimea.

**Acknowledgements:** The reported study was funded by RFBR, project number 19-35-90081.

**For citation:** Zelenskaya E.Ya., Marinina O.A. 2021. Geoecological assessment of soils in the main areas of viticulture of the Crimean Peninsula. *Regional Geosystems*, 45 (2): 258–268 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268

## Введение

Виноградарство на Крымском полуострове является одним из главных направлений экономики, которому способствует благоприятное сочетание почвенно-климатических факторов [Негруль Крылатов, 1964; Опанасенко и др., 2015; Лисецкий, Смекалова, 2017]. Развитию виноградной отрасли уделяется особое внимание [Авидзба и др., 2015]. Правительство РФ разрабатывает законопроекты, которые направлены на увеличение объемов производства, а также повышение качества виноградной продукции. Новая концепция развития виноградарства на Крымском полуострове обоснована Федеральным законом № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» [2019], определяющим необходимость применения Российской национальной системы защиты вина по географическому указанию и наименованию места происхождения. Этот комплекс мер направлен на обеспечение охраны и защиты винодельческой продукции, произведенной в рамках правового режима охраны российского защищенного географического указания и защищенного наименования места происхождения, а также контроля за соблюдением такого режима. Государственная политика направлена на повышение качества и конкурентоспособности продукции виноградарства, полезного использования земельного фонда Российской Федерации для возделывания виноградных насаждений. Влияние почвенно-климатических факторов на качество винодельческой продукции, являются важными атрибутами концепции терриора [Schmidtke et al., 2020].

Терриор – это широко распространенный французский термин, который относится к климатическим, физическим, химическим и человеческим факторам, в совокупности придающим вину из любого винодельческого региона уникальный характер и определенное качество [Van Leeuwen, Seguin, 2006; Riccioli et al., 2013]. Главным компонентом данной концепции является почва и её материнские породы, которые оказывают влияние на периоды развития виноградной культуры, биогеохимический состав винограда, а также отвечают за поступление воды к виноградной лозе. Зарубежные и российские ученые убеждены, что виноградное растение одинакового сорта на одном и том же типе почв, но в разных экосистемах может содержать совершенно разный набор микроэлементов [Jones et al., 2004; Ash et al., 2012; Vařon et al., 2013; Иванченко и др., 2014; Опанасенко и др., 2015; Мацкул, Короткова, 2019; и др.].

Целью данного исследования является установление биогеохимических особенностей виноградных почв отдельных регионов, которые отличаются по ампелозоологическим критериям. Они позволят сделать обоснованный выбор из дифференцированного перечня показателей в системе почвенно-экологического мониторинга для разработки рекомендаций по формированию адаптированных к эдафотопу многолетних насаждений.

### Объекты исследования

На Крымском полуострове в отдельных субрегионах можно выделить районы со своим уникальным терриором, который обусловлен специфическими природно-климатическими условиями. Для комплексного изучения особенностей произрастания виноградников на определенных географических территориях необходимо учитывать следующие факторы: благоприятный климат, разнообразный рельеф, биогеохимический потенциал почв (во всем корнеобитаемом слое) [Иванченко и др., 2014; Лисецкий и др., 2017]. С учетом тепло- и влагообеспеченности Крымский полуостров подразделяют на три благоприятные агроклиматические зоны: Южнобережная, Степная и Предгорная [Рыбалко, Баранова, 2018а, б], на которых в 2020 г. были отобраны почвенные образцы. Исследования проводили на землях крупных винодельческих предприятий Крымского полуострова (рис. 1, табл. 1).



Рис. 1. Картограмма расположения точек отбора почвенных проб на виноградниках Крымского полуострова

Fig. 1. Schematic map of the location of the points of sampling of soil samples in the vineyards of the Crimean Peninsula

Почвенные образцы отбирали в междурядье виноградника на глубинах 0–24 (34) см – горизонт А, и в горизонте В (> 70 см). Валовый анализ в порошковых пробах почв и пород по методике измерений массовой доли химических элементов и оксидов проводили на вакуумном волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «Спектроскан Макс-GV».

Таблица 1  
Table 1Районы исследования и их основные почвенно-климатические особенности  
Study areas and their main soil and climatic features

№	Винодельческое хозяйство	Агроклиматический район	$\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}^*$	Кр**	Почва
1	ООО «Инкерманский завод марочных вин»	Западный предгорный	3545	0,58	Коричневые горные карбонатные почвы на элювии и делювии коренных пород
2	Винодельческое предприятие «Золотая балка»				
3	ООО «Крымские виноградники»	Западный степной, причерноморский	3400	0,48	Чернозем южный слабогумусированный мицелярно-высококарбонатный на лессовидных глинах и суглинках
4	Заброшенный виноградник Совхоза-завода «Предгорье»	Восточный предгорный	3110	0,58	Дерновые карбонатные почвы на элювии плотных карбонатных пород
5	АО «Феодосийский завод коньяков и вин»	Юго-восточный приморский	3500	0,35	Чернозем солонцеватый на плотных глинах
6	ФГУП «ПАО Мас-сандра»	Западный южнобережный субтропический	3940	0,58	Коричневые горные карбонатные почвы на элювии и делювии коренных пород
7	ФГУП «ПАО Мас-сандра», филиал «Алушта»	Центральный южнобережный	3655	0,45	Коричневые горные некарбонатные почвы на элювии и делювии коренных пород
8	АО «Солнечная Долина»	Юго-восточный приморский	3500	0,35	Коричневые горные некарбонатные почвы на элювии и делювии коренных пород

\* Значения представлены по данным [Климатический атлас Крыма ..., 2000].

\*\* Кр – коэффициент увлажнения Иванова-Высоцкого, который представляет собой отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости [Иванов, 1954].

### Результаты и их обсуждение

Почва является одним из главных компонентов, который обеспечивает сбалансированный рост винограду растению, предоставляя ему все необходимые питательные вещества [Драган, 2016]. Первые несколько лет растение питается за счет верхних горизонтов почвы, тем самым забирая полезные для себя элементы [Мартынова, 2011; Воробьева, 2018]. Корневая система растения с годами уходит далеко вглубь, переходя из горизонта АВ в более нижние слои [Zelenskaya, 2020].

Помимо изучения особенностей произрастания виноградников на определенных географических территориях, необходимо также уделить особое внимание геохимическому потенциалу почвенного покрова. Почва под виноградниками используется длительное время (не одно десятилетие), в связи с чем возникает риск деградации – утраты полезных свойств почвы, неспособность почвы к самовосстановлению [Lisetskii et al., 2018; Мацкул,



Короткова, 2019]. Все это приводит не только к слабому урожаю, но и к снижению его качества [Лисецкий и др., 2017]. Чтобы предотвратить эти последствия, необходимо изучить геохимический состав почв, характерный для каждого региона.

Для оценки геохимических особенностей почв каждого винодельческого предприятия были определены концентрации, макро- и микроэлементов (табл. 2).

Анализ результатов почвенных образцов показал, что во всех районах исследования в верхних горизонтах почвы наблюдается дефицит  $\text{CaO}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  по отношению к горизонту В более чем на 30 %. Недостаток  $\text{MgO}$  отмечается только на 7-м объекте. Все эти элементы жизненно необходимы для формирования и развития виноградного растения, поэтому предприятиям необходимо своевременно позаботиться о внесении удобрений для получения лучшего урожая.

Процесс аккумуляции наблюдается в 1-м, 2-м, 4-м, 5-м, 7-м объектах по следующим компонентам –  $\text{TiO}_2$ , V, Cr, Co, Ni, Cu, As и Pb. Эти элементы относятся к тяжелым металлам и металлоидам. Если оценивать концентрацию тяжелых металлов по принятым ПДК [Кирилюк, 2006], то самым загрязненным объектом является № 7 – из 8 определяемых элементов, превышение ПДК наблюдается по 6 элементам (As, Pb, Ni, Cu, V, Cr). Это связано с территориальной расположенностью виноградника. Источниками загрязнения, из-за которых накапливаются As и Pb в почве, выступают транспортные средства, т.к. сам виноградник расположен вдоль главной магистрали Крымского полуострова, через которую (особенно в летний сезон) проходит большое количество автотранспорта. Повышенное содержание Ni, V, Cr связано с применением гербицидов, которые используются при обработке сорной травы. На всех исследуемых виноградниках наблюдается большая концентрация Cu в горизонте А. Это связано с применением медного купороса, который за большой период времени его использования аккумулировался в почве путем оседания на поверхности, а также при разложении опада или распашке почвы [Зеленская, 2021]. Менее загрязненными являются объекты № 2 и 3, в которых наблюдается незначительное превышение Ni и Cu.

Отличительной особенностью объекта № 1 и 5 является концентрация  $\text{CaO}$ , которая превышает показатели остальных районов в 2–3 раза. Ягоды винограда, которые имеют Ca в неограниченном доступе, становятся качественнее, способствуют накоплению ароматических веществ, тем самым улучшая качество вин. На объектах № 3, 7 и 8 концентрация  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  выше, чем на объекте № 2 почти в 2 раза. Почвы, которые богаты этим элементом, улучшают окраску вин. Кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) придает винам легкость, тонкость, а также способствует развитию букета. Повышенное содержание этого элемента можно наблюдать на 3-м, 7-м и 8-м объектах. Концентрация этих элементов доказывает специфику географической принадлежности районов виноградарства, где невозможно получить такую же винодельческую продукцию в любой другой зоне.

Для определения классификационного сходства объектов по геохимическому составу почв была построена дендрограмма (метод Уорда, Евклидова дистанция) с использованием нормированных значений на основании макро- и микроэлементов (рис. 2).

Анализ рис. 2 показал, что каждый район исследования представлен своеобразной геохимией почв. Условно дендрограмму можно разделить на две группы. К 1 группе относятся 6-й, 7-й и 8-й объекты, которые имеют не только близкое географическое расположение и относятся к одной агроклиматической зоне (Южнобережная), но и имеют родственную геохимию почв. На этих объектах наблюдается повышенное содержание  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , V, Cr, Ni, Zn, Rb, Pb по сравнению с группой 2. Концентрация  $\text{K}_2\text{O}$  и Co увеличены в 2–3 раза, а содержание  $\text{CaO}$ , наоборот, является самым низким из всего массива данных. Несмотря на то что объект № 3 относится к Степной зоне, он также коррелирует с объектами из Южнобережной зоны. Почва объекта № 3 имеет сходство по концентрации  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , V, Co, Rb, Sr.

Таблица 2  
Table 2

Содержание химических элементов и оксидов в почвах на современных виноградниках  
Крыма в горизонтах А и В  
The content of chemical elements and oxides in soils in modern Crimean vineyards  
in the A and B horizons

№ объектов	1	2	3	4	5	6	7	8
Горизонты, см	A (0–29) B(>110)	A (0–32) B(>83)	A (0–34) B (>75)	A (0–26) B (>75)	A (0–27) B (>75)	A (0–24) B (>70)	A (0–25) B (>100)	A (0–28) B (>80)
Na <sub>2</sub> O	<u>0,97</u>	<u>0,92</u>	<u>0,69</u>	<u>0,81</u>	<u>1,09</u>	<u>1,30</u>	<u>1,01</u>	<u>1,00</u>
	1,34	0,82	0,97	1,11	0,72	1,42	2,14	0,67
MgO	<u>1,46</u>	<u>1,11</u>	<u>1,75</u>	<u>1,24</u>	<u>1,27</u>	<u>1,45</u>	<u>1,22</u>	<u>1,44</u>
	1,30	1,22	1,77	1,07	1,27	1,34	1,93	1,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<u>11,55</u>	<u>10,08</u>	<u>12,09</u>	<u>11,77</u>	<u>10,82</u>	<u>16,08</u>	<u>21,10</u>	<u>17,07</u>
	10,16	8,52	11,45	9,20	10,39	18,38	18,39	17,56
SiO <sub>2</sub>	<u>50,94</u>	<u>54,31</u>	<u>55,44</u>	<u>50,38</u>	<u>50,04</u>	<u>41,19</u>	<u>56,93</u>	<u>58,00</u>
	44,22	42,80	51,59	41,58	49,62	43,30	47,29	58,35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,17</u>	<u>0,13</u>	<u>0,13</u>	<u>0,23</u>	<u>0,24</u>	<u>0,14</u>	<u>0,17</u>	<u>0,16</u>
	0,28	0,37	0,13	0,28	0,18	0,10	0,22	0,18
K <sub>2</sub> O	<u>1,84</u>	<u>1,72</u>	<u>1,90</u>	<u>1,97</u>	<u>1,67</u>	<u>2,19</u>	<u>2,74</u>	<u>2,36</u>
	1,82	1,74	1,73	1,53	1,53	2,48	2,95	2,47
CaO	<u>8,86</u>	<u>5,39</u>	<u>4,56</u>	<u>5,54</u>	<u>10,82</u>	<u>1,41</u>	<u>0,84</u>	<u>2,35</u>
	14,03	13,05	7,95	14,31	11,47	2,26	6,49	2,29
TiO <sub>2</sub>	<u>0,75</u>	<u>0,53</u>	<u>0,82</u>	<u>0,70</u>	<u>0,64</u>	<u>0,90</u>	<u>0,97</u>	<u>0,85</u>
	0,62	0,48	0,78	0,52	0,62	1,10	0,47	0,82
MnO	<u>0,12</u>	<u>0,07</u>	<u>0,13</u>	<u>0,09</u>	<u>0,11</u>	<u>0,10</u>	<u>0,11</u>	<u>0,07</u>
	0,12	0,07	0,12	0,06	0,10	0,16	0,13	0,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<u>4,78</u>	<u>3,32</u>	<u>5,40</u>	<u>4,92</u>	<u>4,12</u>	<u>4,22</u>	<u>6,34</u>	<u>5,70</u>
	3,98	3,70	5,04	3,78	4,19	4,40	5,26	5,55
V	<u>88,47</u>	<u>75,18</u>	<u>102,37</u>	<u>99,60</u>	<u>81,40</u>	<u>130,63</u>	<u>146,88</u>	<u>119,39</u>
	80,34	74,22	100,88	66,42	81,87	143,24	96,57	124,96
Cr	<u>89,07</u>	<u>49,85</u>	<u>97,72</u>	<u>82,44</u>	<u>81,62</u>	<u>106,65</u>	<u>133,11</u>	<u>106,74</u>
	91,68	62,80	93,14	67,71	77,16	108,39	109,76	103,62
Co	<u>4,11</u>	<u>0,63</u>	<u>10,92</u>	<u>5,77</u>	<u>5,76</u>	<u>20,62</u>	<u>16,60</u>	<u>14,65</u>
	1,82	0,51	9,05	0,68	2,51	21,87	13,51	14,91
Ni	<u>51,78</u>	<u>22,12</u>	<u>57,34</u>	<u>49,02</u>	<u>42,36</u>	<u>65,76</u>	<u>78,53</u>	<u>64,10</u>
	42,52	29,73	53,33	34,54	41,76	65,72	77,56	65,69
Cu	<u>71,44</u>	<u>55,74</u>	<u>36,65</u>	<u>82,62</u>	<u>49,53</u>	<u>61,71</u>	<u>67,51</u>	<u>35,77</u>
	52,14	33,88	27,73	56,20	29,05	52,80	45,58	28,33
Zn	<u>88,47</u>	<u>60,52</u>	<u>87,72</u>	<u>91,79</u>	<u>77,08</u>	<u>111,37</u>	<u>122,67</u>	<u>101,51</u>
	87,09	114,76	81,24	103,49	74,08	110,46	120,96	104,46
As	<u>11,43</u>	<u>5,10</u>	<u>12,42</u>	<u>13,09</u>	<u>10,24</u>	<u>11,40</u>	<u>20,43</u>	<u>16,36</u>
	10,97	3,53	9,09	9,11	9,65	9,85	12,28	17,35
Rb	<u>80,37</u>	<u>73,10</u>	<u>97,76</u>	<u>83,10</u>	<u>67,01</u>	<u>113,83</u>	<u>145,12</u>	<u>111,78</u>
	64,83	46,82	88,28	57,38	62,26	130,51	140,48	117,50
Sr	<u>103,85</u>	<u>103,83</u>	<u>143,22</u>	<u>116,69</u>	<u>95,17</u>	<u>90,37</u>	<u>120,43</u>	<u>133,80</u>
	179,22	145,27	182,75	157,16	94,12	79,36	136,57	137,97
Zr	<u>227,92</u>	<u>130,76</u>	<u>298,13</u>	<u>178,41</u>	<u>192,18</u>	<u>201,18</u>	<u>203,06</u>	<u>216,93</u>
	199,59	91,19	276,44	151,24	193,67	203,77	209,37	216,83
Ba	<u>467,86</u>	<u>406,86</u>	<u>555,80</u>	<u>411,75</u>	<u>385,68</u>	<u>453,88</u>	<u>452,88</u>	<u>350,06</u>
	393,33	326,70	543,09	332,12	388,56	508,06	432,41	341,25
Pb	<u>25,25</u>	<u>18,27</u>	<u>24,24</u>	<u>19,06</u>	<u>20,43</u>	<u>27,67</u>	<u>33,25</u>	<u>22,42</u>
	17,03	17,29	21,82	17,02	16,20	25,84	25,10	19,79



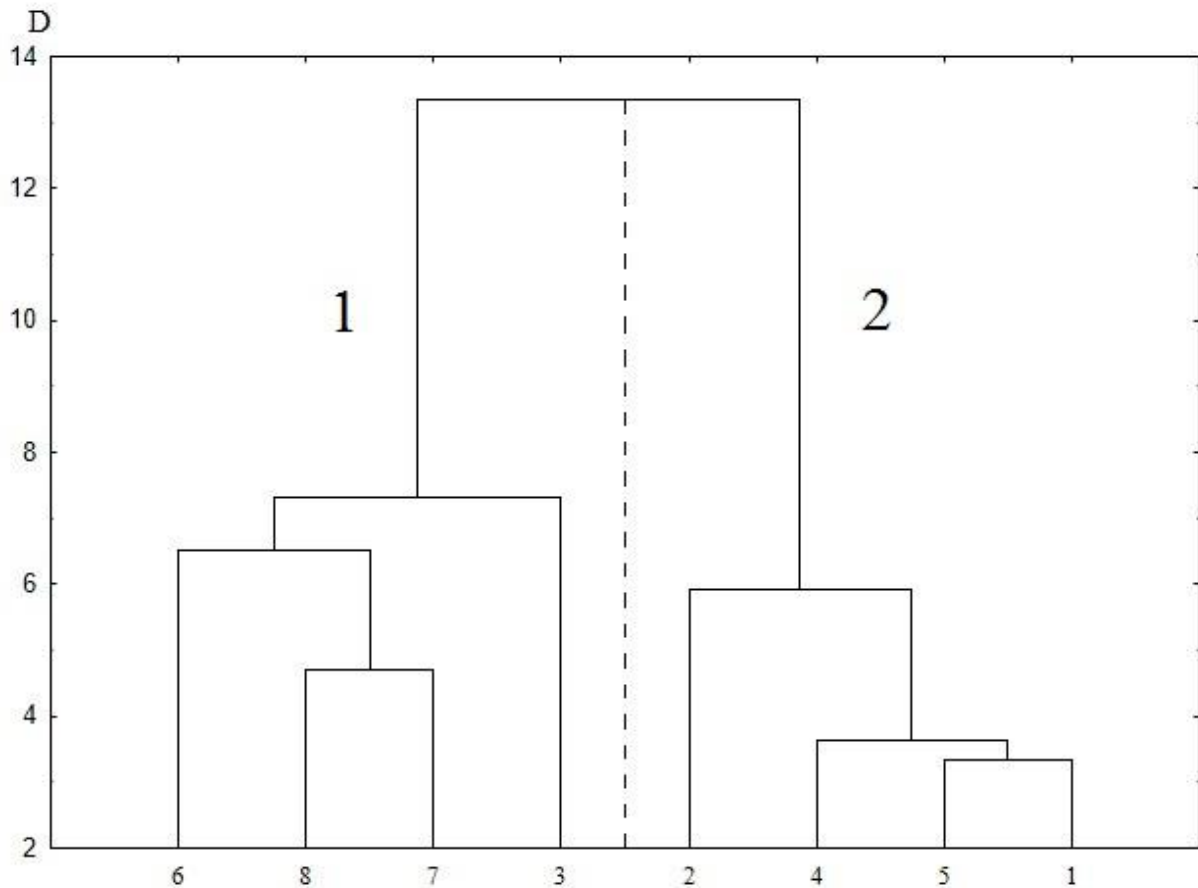


Рис. 2. Дендрограмма классификации почв по совокупности 22 химических компонентов  
Fig. 2. Dendrogram of soil classification by a set of 22 chemical components

Группа 2 включает в себя объекты из Предгорной зоны – № 1, 2, 4, а также один объект из Южнобережной зоны – № 5. Сравнительный анализ концентраций химических элементов и оксидов в почвах показал, что отличительной особенностью данной группы является меньшее содержание тяжелых металлов в почве и повышенное содержание CaO (в 3 раза) по отношению к 1 группе. Виноградники на территориях ООО «Инкерманский завод марочных вин» (№ 1) и АО «Феодосийский завод коньяков и вин» (№ 5) очень схожи между собой по содержанию 13 компонентов (Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, V, Cr, Co, Zn, As, Rb) из 22, определяемых прибором.

### Заключение

Одним из главных условий для полноценного развития виноградного растения является почва. При оптимизации питания виноградного растения в системе почвенно-экологического мониторинга можно добиться повышения и улучшения винодельческой продукции. Для этого необходимо выявить биогеохимические особенности почв с целью идентификации по ампелоэкологическим критериям.

Проведенная оценка почвенных условий Крымского полуострова показала, что в верхних горизонтах почвы наблюдается дефицит CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по отношению к горизонту В на всех территориях исследования. Поэтому винодельческим предприятиям необходимо своевременно позаботиться о внесении удобрений для повышения показателей урожайности, а также для улучшения качества винодельческой продукции.

Полученные данные показывают, что содержание в почве тяжелых металлов и металлоидов уже на данном этапе начинают превышать допустимые нормы концен-

траций. Самой загрязненной территорией является ФГУП «ПАО Массандра», виноградники которой расположены в г. Алушта. Повышенное содержание As, Pb, Ni, Cu, V, Cr связано с применением гербицидов (при обработке сорной травы), расположением виноградников вдоль автотрассы, а также с применением медного купороса, ионы меди которого за большой период времени его использования аккумуляровались в почве.

При проведении биогеохимической оценки почв были выявлены территории, которые обладают отличительными особенностями. Так, на предприятиях ООО «Инкерманский завод марочных вин» и АО «Феодосийский завод коньяков и вин» увеличена концентрация СаО в 2–3 раза по сравнению с другими предприятиями, что может способствовать накоплению ароматических веществ, тем самым улучшая качество вин. На предприятиях ООО «Крымские виноградники», ФГУП «ПАО Массандра» (филиал «Алушта»), АО «Солнечная Долина» выявлено повышенное содержание  $Fe_2O_3$  и  $SiO_2$ , которые придают винам легкость, тонкость, а также улучшают окраску. Выявление таких индикаторов доказывает специфику географической принадлежности районов виноградарства.

При проведении кластерного анализа было определено, что каждый район исследования представлен своеобразной геохимией почв. В некоторых случаях агроклиматические районы совпадают с геохимическими особенностями почв, объединяясь в схожие группы. Но встречаются и исключения, где территории с разными климатическими условиями имеют близкий геохимический состав почвы (территории предприятий ООО «Инкерманский завод марочных вин» и АО «Феодосийский завод коньяков и вин»). Это доказывает, что важную роль в эффективности отрасли виноградарства имеет взаимосвязь микроклиматических и почвенно-экологических особенностей местности.

#### Список источников

1. Климатический атлас Крыма. 2000. Симферополь, Таврия-Плюс, 120 с.
2. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: Федеральный закон от 27.12.2019 № 468-ФЗ. Электронный ресурс. СПС «КонсультантПлюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_341772/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341772/) (дата обращения: 11.04.2021).

#### Список литературы

1. Авидзба, А.М., Дрягин В.Б., Матчина И.Г., Кушнир Л.П., Антонюк И.И. 2015. Состояние виноградарства Крыма в 2014 году. Магарач. Виноградарство и виноделие, 4: 3–5.
2. Воробьева Т.Н. 2018. Обогащение почвы виноградников биоматериалом, повышающим супрессивность почвы и биотрансформацию токсичных включений. Научные труды СКФНЦСВВ, 18: 20–23. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-18-20-23.
3. Драган Н.А. 2016. Особенности почвообразования в ландшафтах Крыма в связи с рельефом. В кн.: Теория и методы современной геоморфологии. Материалы XXXV Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Симферополь, 03–08 октября 2016 г. Симферополь, Эльиньо, Т. 1: 215–220.
4. Зеленская Е.Я. 2021. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в античных и современных районах виноградарства Крыма. В кн.: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. XVI Международная научно-практическая конференция Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева. Курск, 28–29 апреля 2021 г. Курск, ФГБНУ «Курский ФАНЦ»: 154–157.
5. Иванов Н.Н. 1954. Об определении величин испаряемости. Известия Всесоюзного географического общества, 86 (2): 189–196.
6. Иванченко В.И., Рыбалко Е.А., Баранова Н.В., Ткаченко О.В., Твардовская Л.Б. 2014. Оценка виноградарских зон Крыма по почвенным характеристикам для эффективного размещения сортов винограда. Магарач. Виноградарство и виноделие, 1: 16–18.
7. Кирилук В.П. 2006. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. Кишинев, Pontos, 156 с.



8. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. 2017. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 432 с.
9. Лисецкий Ф.Н., Смекалова Т.Н. 2017. Амелопедологические и экологические особенности виноградарства в сельской округе Калос Лимена. В кн.: Археология Северо-Западного Крыма. Материалы III Международной научно-практической конференции. Калос Лимен, 29–31 мая 2017. Симферополь, Наследие тысячелетий: 110–117.
10. Мартынова Н.А. 2011. Химия почв: органическое вещество почв. Иркутск, Изд-во ИГУ, 255 с.
11. Мацкул А.В., Короткова Т.Г. 2019. Экологическая безопасность винодельческой продукции в системе «Почва-Виноград-Вино». Научные труды Кубанского государственного технологического университета, 3: 853–863.
12. Негруль А.М., Крылатов А.К. 1964. Подбор земель и сортов для виноградников. М., Колос, 219 с.
13. Опанасенко Н.Е., Костенко И.В., Евтушенко А.П. 2015. Агроэкологические ресурсы и районирование Степного и Предгорного Крыма под плодовые культуры. Симферополь, ООО Издательство «Научный мир», 216 с.
14. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. 2018а. Агроэкологическое районирование крымского полуострова для выращивания винограда. Системы контроля окружающей среды, 11: 90–94.
15. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. 2018б. Исследование тенденций изменения климатических условий в Республике Крым для планирования размещения виноградных насаждений. Системы контроля окружающей среды, 14: 116–121.
16. Ash C., Vacek O., Jakšik O., Tejnecký V., Drábek O. 2012. Elevated soil copper content in a Bohemian vineyard as a result of fungicide application. Soil and Water Research, 7 (4): 151–158.
17. Bažon I., Bakić H., Romić M. 2013. Soil geochemistry as a component of terroir of the wine-growing station Jazbina, Zagreb. Agriculturae Conspectus Scientificus, 78 (2): 95–106.
18. Jones G.V., Snead N., Nelson P. 2004. Geology and wine 8. Modeling viticultural landscapes: A GIS analysis of the terroir potential in the Umpqua Valley of Oregon. Geoscience Canada, 31 (4): 167–178.
19. Lisetskii F., Zelenskaya E., Rodionova M. 2018. Geochemical features of fallow land in ancient plots in the chora of Chersonesos. Geosciences (Switzerland), 8 (11): 410. <https://doi.org/10.3390/geosciences8110410>.
20. Riccioli F., El Asmar T., El Asmar J.P., Fratini R. 2013. Use of cellular automata in the study of variables involved in land use changes: An application in the wine production sector. Environmental Monitoring and Assessment, 185 (7): 5361–5374. DOI: 10.1007/s10661-012-2951-z.
21. Schmidtke L., Antalick G., Suklje K., Blackman J., Boccard J., Deloire A. 2020. Cultivar, site or harvest date: the gordian knot of wine terrior. Metabolomics, 16 (5): 1–17. DOI: 10.1007/s11306-020-01673-3.
22. Van Leeuwen C., Seguin G. 2006. The concept of terroir in viticulture. Journal of wine research, 17 (1): 1–10. DOI: 10.1080/09571260600633135.
23. Zelenskaya E. 2020. Biogeochemical characteristics of grape growing soils and their soil-forming materials on post-ancient and modern vineyards of the Crimean Peninsula. In: Ecology, economics, education and legislation. 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Bulgaria, 18–24 August 2020. Bulgaria, Albena, 20 (5.1): 107–113. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.014.

## References

1. Avidzba A.M., Driaghin V.B., Matchina I.G., Kushnir L.P., Antoniuk I.I. 2015. Status of the Crimea Grape-Growing in 2014. Magarach. Viticulture and Winemaking, 4: 3–5 (in Russian).
2. Vorobiova T.N. 2018. Enrichment of Vineyards Soil with Biomaterial Increasing in Soil Suppressivity and Biotransformation of Toxic Inclusions. Scientific Works of NCFSCHVW, 18: 20–23. DOI: 10.30679/2587-9847-2018-18-20-23 (in Russian).
3. Dragan N.A. 2016. Osobennosti pochvoobrazovaniya v landshaftakh Kryma v svyazi s relyefom [Peculiarities of soil formation in the Crimean landscapes in connection with the relief]. In: Teoriya i metody sovremennoy geomorfologii [Theory and methods of modern geomorphology].

Materials of the XXXV Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences. Simferopol, 03–08 October 2016. Simferopol, Publ. Elino, V. 1: 215–220.

4. Zelenskaya E.Ya. 2021. Otsenka zagryazneniya pochv tyazhelymi metalami v antichnykh i sovremennykh rayonakh vinogradarstva Kryma [Assessment of soil pollution by heavy metals in ancient and modern regions of the Crimean viticulture]. In: Agroekologicheskiye problemy pochvovedeniya i zemledeliya [Agroecological problems of soil science and agriculture]. XVI International Scientific and Practical Conference of the Kursk Branch of the Moscow Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev. Kursk, 28–29 April 2021. Kursk, Publ. FGBNU «Kurskiy FANTs»: 154–157.

5. Ivanov N.N. 1954. Ob opredelenii velichin isparayemosti [Determination of the values of volatility]. *Izvestiya Vsesoyuznogo geograficheskogo obshchestva*, 86 (2): 189–196.

6. Ivanchenko V.I., Rybalko E.A., Baranova N.V., Tkachenko O.V., Tvardovskaya L.B. 2014. The Crimean Viticulture Area Rating According to Soil Properties for Effective Placement of Grape Varieties. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 1: 16–18 (in Russian).

7. Kirilyuk V.P. 2006. Mikroelementy v komponentakh biosfery Moldovy [Trace elements in the components of the biosphere of Moldova]. *Kishinev, Publ. Pontos*, 156 p.

8. Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Zh.A. 2017. A geoarchaeological survey of the historical landscapes of Crimea. *Voronezh, VSU Publishing House*, 432 p. (in Russian)

9. Lisetskii F.N., Smekalova T.N. 2017. Ampelopedologicheskiye i ekologicheskiye osobennosti vinogradarstva v selskoy okruge Kalos Limena [Ampelopedological and Ecological Characteristics of Viticulture in the Kalos Limena Rural District]. In: *Arkheologiya Severo-Zapadnogo Kryma [Archeology of the North-Western Crimea]. Materials of the III International Scientific and Practical Conference. Kalos Limen, 29–31 May 2017. Simferopol, Publ. Naslediye tysyacheletiy: 110–117.*

10. Martynova N.A. 2011. Khimiya pochv: organicheskoye veshchestvo pochv [Soil chemistry: soil organic matter]. *Irkutsk, Publ. IGU*, 255 p.

11. Matskul A.V., Korotkova T.G. 2019. Environmental safety of wine products in the system «Soil-Grape-Wine». *Scientific works of the Kuban State Technological University*, 3: 853–863 (in Russian).

12. Negrul A.M., Krylatov A.K. 1964. Podbor zemel i sortov dlya vinogradnikov [Selection of lands and varieties for vineyards]. *Moscow, Publ. Kolos*, 219 p.

13. Opanasenko N.E., Kostenko I.V., Evtushenko A.P. 2015. Agroecological Resources and Districting of Steppe and Pre-Mountain Crimea for Fruit Cultures. *Simferopol, Publ. Nauchnyy mir*, 216 p. (in Russian)

14. Rybalko E.A., Baranova N.V. 2018a. Agroecological Regionalization of the Crimean Peninsula for Grapes Cultivation. *Environmental control systems*, 11: 90–94 (in Russian).

15. Rybalko E.A., Baranova N.V. 2018b. Trends Analysis of Changes in the Climatic Conditions of the Republic of Crimea for Advanced Mapping of Locations Suitable for Vineyards Establishment. *Environmental control systems*, 14: 116–121 (in Russian).

16. Ash C., Vacek O., Jakšík O., Tejnecký V., Drábek O. 2012. Elevated soil copper content in a Bohemian vineyard as a result of fungicide application. *Soil and Water Research*, 7 (4): 151–158.

17. Bažon I., Bakić H., Romić M. 2013. Soil geochemistry as a component of terroir of the wine-growing station Jazbina, Zagreb. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78 (2): 95–106.

18. Jones G.V., Snead N., Nelson P. 2004. Geology and wine 8. Modeling viticultural landscapes: A GIS analysis of the terroir potential in the Umpqua Valley of Oregon. *Geoscience Canada*, 31 (4): 167–178.

19. Lisetskii F., Zelenskaya E., Rodionova M. 2018. Geochemical features of fallow land in ancient plots in the chora of Chersonesos. *Geosciences (Switzerland)*, 8 (11): 410. <https://doi.org/10.3390/geosciences8110410>

20. Riccioli F., El Asmar T., El Asmar J.P., Fratini R. 2013. Use of cellular automata in the study of variables involved in land use changes: An application in the wine production sector. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (7): 5361–5374. DOI: 10.1007/s10661-012-2951-z.

21. Schmidtke L., Antalick G., Suklje K., Blackman J., Bocard J., Deloire A. 2020. Cultivar, site or harvest date: the gordian knot of wine terroir. *Metabolomics*, 16 (5): 1–17. DOI: 10.1007/s11306-020-01673-3.

22. Van Leeuwen C., Seguin G. 2006. The concept of terroir in viticulture. *Journal of wine research*, 17 (1): 1–10. DOI: 10.1080/09571260600633135.



23. Zelenskaya E. 2020. Biogeochemical characteristics of grape growing soils and their soil-forming materials on post-ancient and modern vineyards of the Crimean Peninsula. In: Ecology, economics, education and legislation. 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Bulgaria, 18–24 August 2020. Bulgaria, Albena, 20 (5.1): 107–113. DOI: 10.5593/sgem2020/5.1/s20.014.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Зеленская Евгения Яковлевна**, аспирант кафедры природопользования и земельного кадастра Института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Россия

**Маринина Ольга Андреевна**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Evgeniya Ya. Zelenskaya**, post-graduate student of the Department of nature management and land cadastre of the Institute of Earth Sciences Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

**Olga A. Marinina**, candidate of Geography Sciences, senior researcher at the federal-regional center of aerospace and land monitoring of objects and natural resources, Belgorod, Russia