



БелГУ  
Белгородский  
государственный  
национальный  
исследовательский  
университет

ISSN 2712-7443 (online)

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

# REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2024. Том 48, № 3

16+

# РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

## 2024. Том 48, № 3

До 2020 г. 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».

Адрес 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, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле (НИУ «БелГУ», Белгород, Россия)

#### Ответственный секретарь

*Зеленская Е.Я.*, кандидат географических наук, инженер 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)

*Луто 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)

ISSN 2712-7443 (online)

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 Ю.В. Мишенина. Корректура, компьютерная верстка и оригинал-макет Н.А. Вус. Редактор англоязычных текстов Е.С. Данилова. E-mail: [goleusov@bsu.edu.ru](mailto:goleusov@bsu.edu.ru).

Гарнитуры Times New Roman, Arial, Impact. Уч.-изд. л. 19,8. Дата выхода 30.09.2024. Оригинал-макет подготовлен центром полиграфического производства НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

## СОДЕРЖАНИЕ

- 293 **Трубицына Э.Д.**  
Реконструкция экологических обстановок центральной части Кавказа (по материалам болота Тарское)
- 302 **Куница М.Н., Ровенская К.В.**  
Культурно-исторические ресурсы литературного туризма в Центральной России
- 318 **Блануца В.И.**  
Экономико-географическое изучение индустрии больших данных в эпоху Интернета всего: перспективные направления
- 332 **Гусейнов Г.О.**  
Анализ трансграничных ареалов этнических групп Южного Дагестана и Губа-Хачмазского района Азербайджана
- 342 **Абдуллаева Н.К.**  
Факторы, влияющие на развитие промышленности строительных материалов Апшерон-Хызинского и Бакинского экономических районов
- 354 **Гдалин А.Д.**  
Тренды исследований мобильности населения – компонент пространственного поведения в городской среде
- 368 **Киселев Вл.В., Корнилов А.Г., Киселев Вик.В., Корнилов А.А.**  
Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий
- 382 **Евдокимов С.И., Штефуряк А.В.**  
Разработка методики определения площади эвтрофикации внутренних водоемов с использованием спутниковых данных
- 405 **Терехин Э.А.**  
Особенности восстановления древесной растительности на постагrogenных землях юга Среднерусской возвышенности
- 416 **Тесленок С.А., Скурихин А.А.**  
Картографические материалы в работах по геоэкологической оценке территории
- 427 **Бударина В.А., Лисецкий Ф.Н., Косинова И.И., Курышев А.А.**  
Особенности геоэкологического функционального зонирования отдельных сельских поселений и территорий
- 441 **Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е.**  
Геоэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели
- 453 **Полетаев А.О., Севрюков И.С.**  
Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнопромышленных предприятий
- 466 **Гайдено Е.М.**  
Эстетическое направление в географии: тематика и динамика исследований последних десятилетий

# REGIONAL GEOSYSTEMS

## 2024. Volume 48, No. 3

*Until 2020, the journal was published with the name "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 (PML).

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

**Publisher:** Belgorod National Research University «BelSU».

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

### EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

#### Chief Editor

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

#### Issuing Editor

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

#### Responsible Secretary

*Evgeniya Ya. Zelenskaya*, Candidate of Geographical Sciences (Belgorod National Research University, Belgorod, Russia)

#### Members of Editorial Board:

*Aleksandr N. Vitshchenko*, 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. Nedelcov*, 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)

ISSN 2712-7443 (online)

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 times per year.

Commissioning Editor Yu.V. Mishenina. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by N.A. Vus. English text editor E.S. Danilova. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Typefaces Times New Roman, Arial, Impact. Publisher's signature 19,8. Date of publishing 30.09.2024. Dummy layout has been prepared by Belgorod National Research University Centre of Polygraphic Production. Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

## CONTENTS

- 293 **Trubitsyna E.D.**  
Ecological Reconstruction of Central Caucasus: Tarskoe Swamp Study
- 302 **Kunitsa M.N., Rovenskaya K.V.**  
Cultural and Historical Resources of Literary Tourism in Central Russia
- 318 **Blanutsa V.I.**  
Economic-Geographical Study of the Big Data Industry in the Internet-of-Everything Era: Promising Directions
- 332 **Guseinov G.O.**  
Analysis of Trans-Border Areas of Ethnic Groups of Southern Dagestan and Guba-Khachmaz Regions
- 342 **Abdullayeva N.K.**  
Factors Influencing the Development of the Building Materials Industry in the Apsheron-Khizi and Baku Economic Regions
- 354 **Gdalin A.D.**  
Trends in Research on Population Mobility as a Component of Spatial Behavior in an Urban Environment
- 368 **Kiselev V.I., Kornilov A.G, Kiselev Vik.V., Kornilov A.A.**  
Assessing the Hydrochemical State of Small Rivers within Rural Areas of Belgorod Region
- 382 **Evdokimov S.I., Shtefuryak A.V.**  
Development of a Methodology for Determining the Eutrophication Area of Inland Reservoirs Using Satellite Data
- 405 **Terekhin E.A.**  
Natural Afforestation of Postagrogenic Lands in the South of the Central Russian Upland
- 416 **Teslenok S.A., Skurikhin A.A.**  
Cartographic Materials in the Works on the Geoecological Assessment of the Territory
- 427 **Budarina V.A., Lisetskii F.N., Kosinova I.I., Kuryshv A.A.**  
Geoecological Functional Zoning Features of Individual Rural Settlements and Territories
- 441 **Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E.**  
Geoecological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators
- 453 **Poletaev A.O., Sevryukov I.S.**  
Spatial Distribution of Heavy Metals and Arsenic in Soils Near Mining Enterprises
- 466 **Gajdenko E.M.**  
Aesthetic Direction in Geography: Themes and Dynamics of Research in Recent Decades



УДК 913.1/913.8

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-293-301

## Реконструкция экологических обстановок центральной части Кавказа (по материалам болота Тарское)

Трубицына Э.Д.

Тюменский научный центр СО РАН,  
Россия, 625008, г. Тюмень, ул. Червишеский тракт 13,  
E-mail: el.yuzh@gmail.com

**Аннотация.** Представлена реконструкция изменений растительности центральной части Северного Кавказа по материалам торфяника Тарское. Был проведен спорово-пыльцевой анализ и анализ микрочастиц древесного угля для отложений возрастом 4600 лет. По полученным данным установлено, что в начале образования болота окружающие ландшафты включали преимущественно лугово-степную растительность, однако 4400 лет назад стали доминировать широколиственные леса, в составе которых господствующее положение занял бук. Усиленная пожарная активность наблюдалась только в период между 4400–3300 и с 2200 лет назад по настоящее время. В эти же интервалы увеличивается доля синантропной растительности, что указывает на усиление антропогенной нагрузки. Пыльца культурных злаков, обнаруженная в отложениях возрастом 4300 лет назад, подтверждает сельскохозяйственную направленность хозяйства в этих предгорных районах центральной части Северного Кавказа. В целом показано, что периоды неоднократного расширения открытых пространств (4500–4300; 4100–3800; 1900–400 лет назад) были детерминированы усилением хозяйственной активности и, в частности, возможным сведением лесов для пастбищ и пашни.

**Ключевые слова:** спорово-пыльцевой анализ, Северный Кавказ, микроуголь, палеоэкология, голоцен

**Благодарности:** работа выполнена Институтом проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FWRZ-2021-0006).

**Для цитирования:** Трубицына Э.Д. 2024. Реконструкция экологических обстановок центральной части Кавказа (по материалам болота Тарское). Региональные геосистемы, 48(3): 293–301. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-293-301

---

## Ecological Reconstruction of Central Caucasus: Tarskoe Swamp Study

Eleonora D. Trubitsyna

Tyumen Scientific Centre SB RAS,  
13 Chervishevsky tract St, Tyumen 625008, Russia  
E-mail: el.yuzh@gmail.com

**Abstract.** The paper presents a reconstruction of vegetation changes in the central part of the North Caucasus based on materials from the Tarskoye swamp. Pollen and microcharcoal analyses were carried out on 4,6 cal ka BP deposits. The data obtained show that at the beginning of the formation of the bog the surrounding landscape was covered mainly covered by meadow-steppe vegetation, but after 4.4 cal ka BP deciduous forests began to dominate, with beech occupying a dominant position. Increased fire activity is only observed in the intervals between 4.4 and 3.3 cal ka BP and from 2.2 cal ka BP to the present. In the same intervals, the proportion of synanthropic vegetation increases, indicating an increase in anthropogenic pollution. Cultivated cereal pollen found in deposits from 4.3 cal ka BP confirms the



agricultural orientation of the economy in this foothill region of the Central Caucasus. In general, it has been shown that the repeated expansion of open areas (4.5–4.3; 4.1–3.8 and 1.9–0.4 cal ka BP) occurred in connection with increased economic activity and probably with the clearing of forests for pastures and fields.

**Keywords:** pollen analysis, North Caucasus, microcharcoal, paleoecology, Holocene

**Acknowledgements:** The research was carried by the Institute of the Problems Development of North of the Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. FWRZ-2021-0006).

**For citation:** Trubitsyna E.D. 2024. Ecological Reconstruction of Central Caucasus: Tarskoe Swamp Study. *Regional Geosystems*, 48(3): 293–301 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-293-301

---

## Введение

Впервые палеорекострукция для низкогорной части Северного Кавказа (Северная Осетия) была проведена в середине XX века М.И. Нейштадтом [1955, 1957] и И.И. Тумаджиновым [1955] по материалам самого крупного из открытых болот – Тарского, однако в то время радиоуглеродные датировки были недоступны, и поэтому сопоставление полученных данных с временной шкалой оказалось проблематичным. Повторное изучение данного торфяника было проведено А.В. Князевым, А.Б. Савинецким, Н.А. Гейем [1992], материалы были датированы, но верхняя пачка отложений разреза болота Тарское, охватывающая примерно 2000 лет, не была отображена исследователями в результате нарушения напластований торфопоразработками.

Исследования болота Тарское дали неоднозначные результаты, не согласующиеся друг с другом [Нейштадт, 1955, 1957; Князев и др., 1992]. Спорово-пыльцевые данные, полученные М.И. Нейштадтом и И.И. Тумаджиновым [1955, 1957], показали преобладание древесной пыльцы в диапазоне от 60 до 86 %, что, по мнению авторов, свидетельствовало о постоянном господстве лесной растительности около Тарской долины. Присутствие пыльцы бука, граба, вяза, дуба указывает на местное произрастание этих пород, так как пыльца этих таксонов не переносится на значительное расстояние. По итогам исследования А.В. Князева, А.Б. Савинецкого, Н.А. Гейя [1992] напротив в пыльцевых спектрах разреза Тарское преобладает пыльца травянистых растений до 80 %, монодоминирующее положение занимает осока. Древостой формируют бук, граб, вяз, дуб, липа, береза, лещина, ольха, сосна. В палинологической структуре преобладает пыльца бука, на втором месте – пыльца сосны.

В связи с неполнотой данных по низкогорной части Центрального Кавказа автором повторно отобран материал из болота Тарское для уточнения реконструкции экологических обстановок прошлого.

## Объекты и методы исследования

Торфяник Тарское (42°57'46"N, 44°43'32"E) расположен между Лесистым и Пастбищным хребтами на высоте около 830 м над у. м. (рис. 1), это одно из наиболее крупных болот в Северной Осетии. Болото расположено в нижнем горном поясе широколиственных лесов, образованных буком, грабом, дубом с примесью ольхи, лещины, вяза и груши. Часть болота была осушена под пастбища и сенокосы в середине XX века.

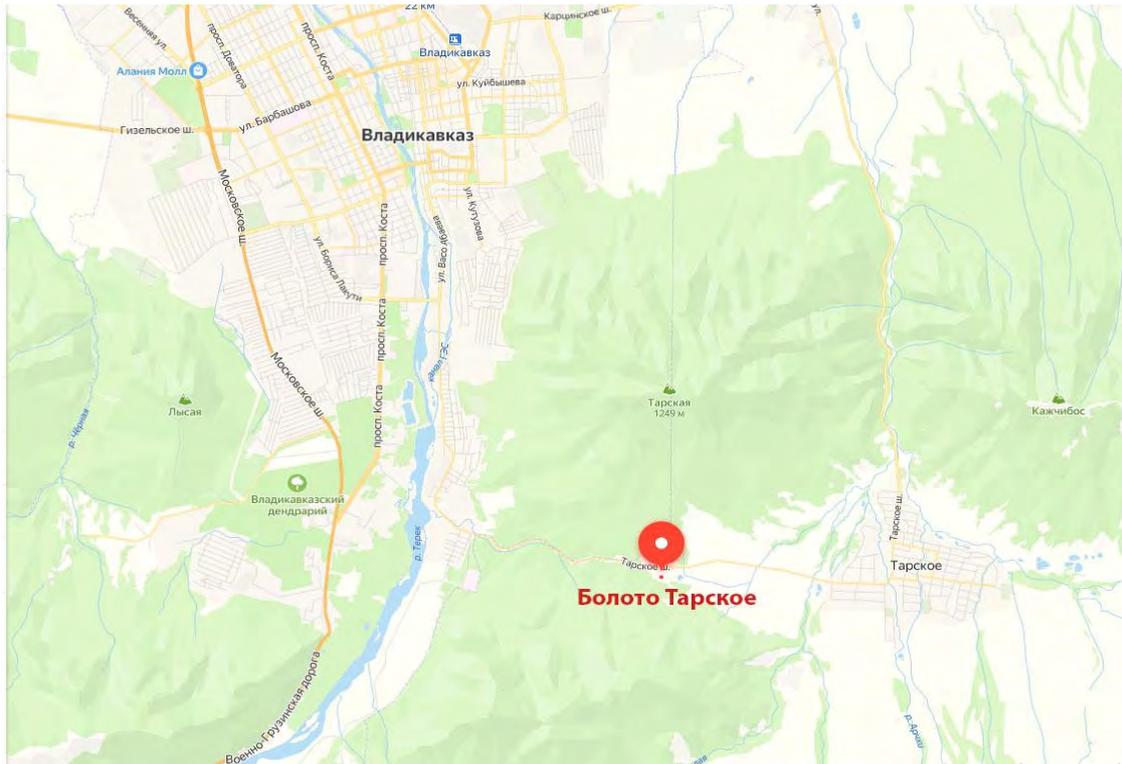


Рис. 1. Месторасположение болота Тарское  
Fig. 1. Location of the Tarskoe swamp

Новое бурение болота Тарское проведено в 2019 году во время совместной экспедиции ТюмНЦ СО РАН и ИФХиБПП РАН. Выбранный для бурения участок содержал полный непрерывный профиль мощностью 3,27 м. Все дальнейшие аналитические исследования выполнены в ТюмНЦ СО РАН. На палинологический анализ [Faegri, Iversen, 1989] отобраны пробы с интервалом 10 см, отложения эпохи бронзы и рубежа эр были изучены с интервалом 1 см. Из этой же колонки было отобрано двенадцать проб на радиоуглеродное датирование.

Для исследования был выполнен отбор образцов объемом 6 см<sup>3</sup> из вертикальной колонки озерно-торфяных отложений. Выделение пыльцы и спор выполнено по сепарационному методу Гричука [1973]. Микроскопирование проведено для 78 образцов при помощи микроскопа «Motic» на увеличении от  $\times 400$  до  $\times 1000$  для таксономической идентификации микрофоссилий и их подсчета. В каждом образце подсчитано не менее 500 пыльцевых зерен группы *terrestrial* (без околводных трав и споровых растений). Нижний образец имел нерепрезентативное количество пыльцы. Статистический анализ данных, построение пыльцевых диаграмм и кластерный анализ выполнены в *Tilia-TiliaGraph* [Grimm, 1987, 1990, 1991].

Также на палинологических слайдах в образцах были подсчитаны частицы древесного угля размером менее 50  $\mu\text{m}$  [Finsinger, Tinner, 2005; Mooney, Tinner, 2011], изменения доли этих частиц в образце подсчитано относительно добавленных маркеров-спор *Lycopodium* [Stockmarr, 1971, 1973] с концентрацией 15853 спор.

На основе полученных дат в пакете *Bchron* [Haslett, Parnell, 2008] в среде  $R^1$  построена возрастная модель профиля, в дальнейшем расчетный медианный возраст отложений между точками датирования использовали для хронологических построений. Все возрастные диапазоны в работе приведены в калиброванных значениях.

<sup>1</sup> The R Project for Statistical Computing. 2024. Electronic resource. URL: <https://www.r-project.org/> (date of access 12.03.2024).

## Результаты и их обсуждение

### Возраст отложений и стратиграфия

Было получено 12 радиоуглеродных дат из основного кернового материала (*bulk*), возраст торфяных отложений болота Тарское – 4600 лет (рис. 2).

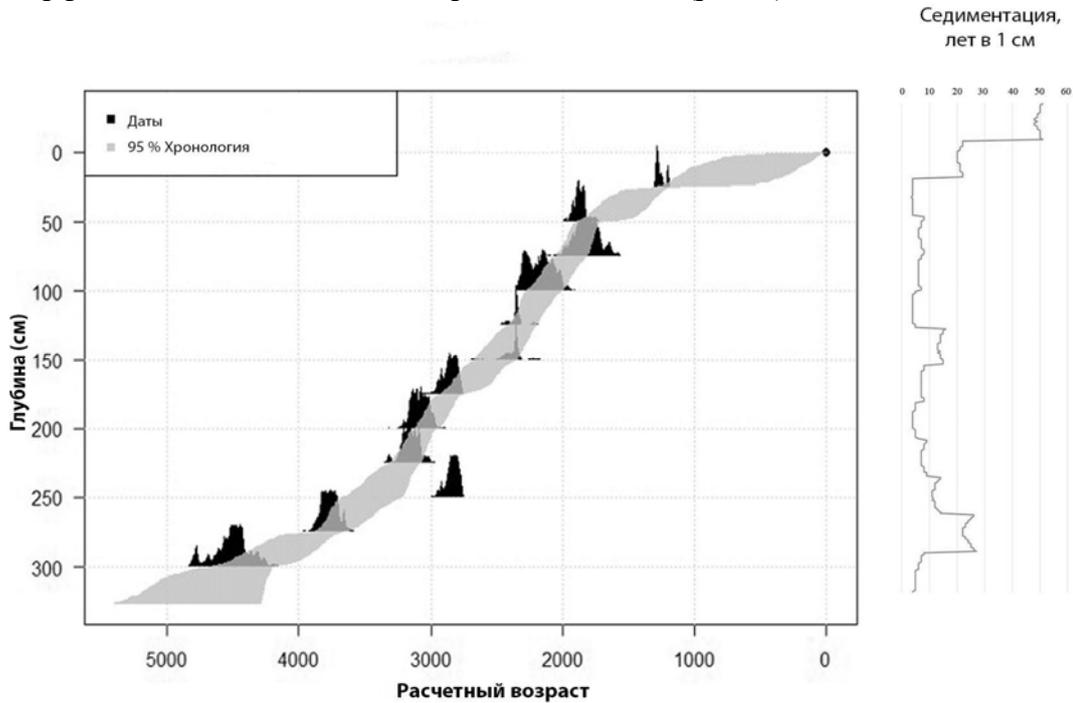


Рис. 2. Возрастная модель, скорость седиментации отложений в болоте Тарское (лет в 1 см)  
 Fig. 2. Age model, sedimentation rate of the Tarskoe swamp (years in 1 centimetre)

В стратиграфии отложений выделяется пять слоев (рис. 3): суглинок (327–315 см), разложившийся осоковый торф (315–300 см), суглинок с травянистым детритом (300–290 см), разложившийся травянистый торф (276–290 см), мохово-разнотравный торф (276–0 см), включающий в себя прослойку сфагнового торфа (153–140 см).

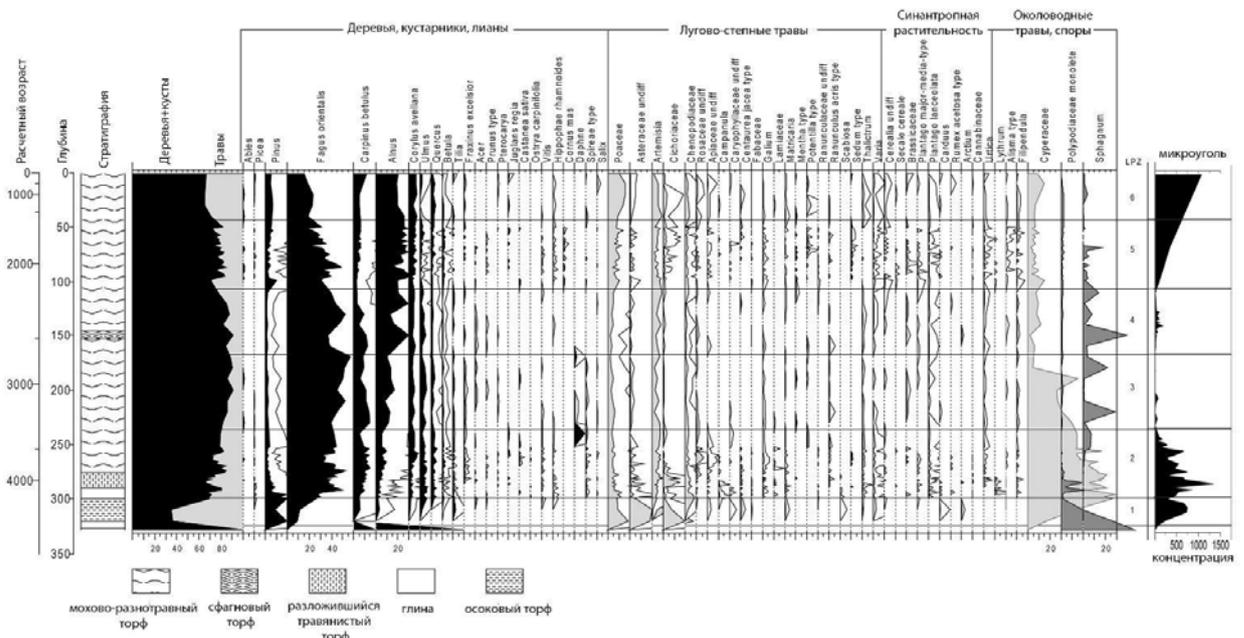


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма озерно-болотных отложений торфяника Тарское  
 Fig. 3. Pollen diagram of of lake-bog deposits of the Tarskoe swamp

Согласно возрастной модели, осадконакопление было непрерывным на протяжении 5 тыс. лет (см. рис. 2), наибольший прирост приходится на 1800–1900, 2300 и 3000–3100 лет назад. График седиментации показывает, что нижняя часть керна – суглинок и разложившийся осоковый торф образуется быстро около 5–7 лет/см; суглинок с травянистым детритом и разложившийся травянистый торф накапливаются медленнее 27–22 лет/см. Темп седиментации увеличивается до 14–11 лет/см на стадии мохово-разнотравного торфа, а в прослойке сфагнового торфа становится еще выше 9–4 лет/см, однако на 176 см седиментация замедляется и до 151 см находится в диапазоне 16–13 лет/см. Наиболее медленное осадконакопление приходится на верхнюю часть керна, где один см осадка формируется лишь за 51 год.

#### **Состав пыльцы, спор и микроуглей**

Во всех образцах преобладает древесная пыльца (60–89 %) за исключением одного нижнего спектра возрастом 4600 лет назад, в котором доля древесных таксонов составляет только 33 % (см. рис. 3). К основным лесообразующим породам относятся бук, граб, ольха, дуб, лещина. В составе пыльцевых спектров присутствует сосна, ее среднее значение составляет 4 %, за исключением двух образцов, где ее процент поднимается до 20, это дает возможность предполагать заносной характер пыльцы сосны. Следов синантропной растительности в пыльцевых данных немного, доля этой пыльцы не превышает 13,6 % на протяжении всего разреза.

LPZ1 (4600–4400 лет назад) отражает начало заболачивания; лиственные леса чередовались с лугами. Преобладание *Pinus* (до 27 %) отражает увеличение открытости и дальний ветровой перенос пыльцы, а не реальное участие сосны в местном лесу. Лес состоял из *Fagus* с *Carpinus*, *Corylus*, *Tilia*, в небольшом количестве присутствовали *Acer*, *Prunus* и *Vitis*. Обширные открытые пространства идентифицируются по обилию *Asteraceae*, *Cichoriaceae*, *Roaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ariaceae*, *Scabiosa*, *Centaurea jacea* L. и *Hippophae rhamnoides* L. и были окаймлены лесом. Слабое антропогенное воздействие предполагается по присутствию *Arctium* и *Carduus*.

В LPZ2 (4400–3200 лет назад) доля *Pinus* уменьшается, а *Fagus* увеличивается (30–52 %), что указывает на начало лесовосстановления. *Tilia* уменьшается, *Carpinus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Betula* и *Fraxinus excelsior* L. увеличиваются; *Prunus*, *Pterocarya* и *Juglans* встречаются эпизодично. Открытый лес и опушки леса идентифицируются по таксонам *Hippophae* и *Spiraea*; также *Daphne* указывает на осветление лесного полога. *Artemisia* увеличивается; *Roaceae*, *Chenopodioideae* постоянно присутствуют; *Cichoriaceae*, *Rosaceae* и *Ariaceae* имеют несколько пиков. На увеличение пастбищного давления указывают максимальные значения *Plantago lanceolata* L., *Rumex acetosa* L., *Urtica* и *Cannabis*; часто фиксируется пыльца *Cerealia*.

Начиная с LPZ3 (3200–2700 лет назад) стадия минеротрофного болота заканчивается и появляются сфагновые мхи. По периферии болота условия становятся более благоприятными для *Alnus*. Лес становится более сомкнутым: *Fagus* достигает 57 %, *Carpinus* – 15 %, *Ulmus*, *Corylus* и *Vitis* увеличиваются, однако *Quercus* уменьшается; встречается *Picea*, *Prunus*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Castanea*. В составе травянистой растительности доминанты те же, что и прежде, но разнообразие уменьшается. В антропогенной группе присутствуют *Plantago lanceolata*, *Urtica*, *Brassicaceae*, эпизодично *Cerealia*.

В LPZ4 (2700–2100 лет назад) преобладает *Fagus* (37–52 %), *Alnus* достигает 30 %, особенно в прослойке с преобладанием *Sphagnum*, *Carpinus* постепенно уменьшается, темнохвойные исчезают, а разнообразие широколиственных деревьев снижается. Состав травянистой пыльцы претерпевает незначительные изменения, увеличиваются только *Artemisia* и *Thalictrum*. Присутствуют *Plantago media-type*, *P. lanceolata-type* и *Urtica*, редко *Cerealia*, *Brassicaceae*, *Arctium* и *Rumex acetosa* – связаны с деятельностью человека.



LPZ5 (2100–1600 лет назад) отражает начальное постепенное увеличение открытых площадей. *Fagus* и *Carpinus* уменьшаются, но увеличиваются доли *Pinus*, *Betula*, темнохвойных, кустарников и лиан. Разнообразие луговых трав увеличивается, появляется кривая *Secale*.

В LPZ6 (1600 лет назад – настоящее время) площадь лесов продолжает сокращаться или становится более изреженной. *Fagus* заметно уменьшается до 15 %, *Alnus* до 18 %, при небольшом увеличении *Carpinus*, *Corylus* и *Quercus*. Кроме того, увеличивается принос пыльцы ветрозаносной растительности (*Pinus*, *Picea* и *Abies*). Увеличиваются открытые площади, о чем свидетельствует максимум *Poaceae*, *Cichoriaceae* и *Asteraceae*. К пастбищным показателям относятся *Plantago lanceolata-type*, *Rumex acetosa* и *Carduus*, а к сельскохозяйственным – *Cerealia* и *Secale*.

Максимальная концентрация микроугля в разрезе отмечена в LPZ2 – она равна 1500, следующее наибольшее значение наблюдается в LPZ6 – чуть больше 1000 единиц. LPZ3 и LPZ4 микроуголь имеет очень низкую концентрацию.

По результатам анализа спорово-пыльцевого состава и микрочастиц древесного угля установлено, что 4600 лет назад в окружающих ландшафтах преобладали луговые открытые ландшафты с обилием группы астровых в сопровождении со злаками, маревыми и полынью. Присутствовали светлые широколиственные леса, сформированные бук, грабом, лещиной, ольхой, дубом и вязом, пропорция которых в соотношении с луговой растительностью менялась.

Довольно большой вклад в структуре лесов наблюдался у сосны, но встречалась и ель, что вероятней всего, говорит о том, что в это время климат был более влажный и холодный, чем в настоящее время. На соотношение доли лесных и открытых участков ландшафта влияет антропогенный фактор [Южанина и др., 2021], в частности, сведение лесов для освоения территории под пастбища, а также, возможно, и под земледелие. По-видимому, еще до 4500–4300 лет назад леса в этом районе были сведены и были реконструированы уже последствия, когда всего 20 % территории оставалось покрыто лесами. Земледельческий сигнал хоть и отмечен, но выражен слабо, археологических материалов, связанных с уборкой урожая и переработкой зерна не обнаружено [Любин, 1966; Rostunov et al., 2009]. Луговые участки в основном использовались под пастбища.

В интервале 4400–3600 лет назад начинается облесение территории за счет расширения доли лесов из широколиственных пород, ведущую роль занимали бук, граб и вяз, присутствует в спектре заносная пыльца сосны, древесная растительность увеличивается до 60 % в спектрах этого времени, а восстановление лесов связано со снижением антропогенного прессинга на ландшафт. В возрасте 4400 лет назад появляются первые культурные злаки, хотя остальная синантропная растительность не имеет ярко выраженного характера (единично присутствуют зонтичные, лопух и подорожник ланцетный). Признаки земледелия в предгорной зоне Центрального Кавказа впервые, по-видимому, связаны с поздним этапом куро-аракской культуры [Гаджиев, 1983].

Около 4000 лет назад вновь происходит расширение доли луговой растительности, ее максимальное значение может достигать 30 % ландшафтного покрытия. Сменяются основные доминанты: теперь это злаки и полынь, а также возрастает доля цикориевых, вероятно, в это время климат становится суше.

Начиная с 3900 лет назад происходит восстановление лесов, доминанты остаются прежними, однако уменьшается участие хвойных пород, что, вероятно, говорит о гумидизации и потеплении климата.

В интервале 4100–3800 лет назад леса вновь сводят для освобождения земель преимущественно под пастбища с соответствующими изменениями в составе луговой растительности. Судя по полученным данным, лишь небольшая доля земель была занята под выращивание культурных злаков.

В период 3600–2200 лет назад максимального развития достигают светлые широколиственные буково-грабовые леса, в которых росли ольха, лещина, вяз, дуб, береза, клен, липа, ясень. Встречаются теплолюбивые виды: лапина и каштан, однако они присутствуют в небольшом количестве. О гумидных климатических условиях, вероятно, свидетельствует присутствие волчегодника в подлеске. В травянистом ярусе наблюдается сочетание преобладающих злаков и полыни, стабильно присутствуют маревые, а также луговые виды: подмаренник, лабазник, василистник, лютик едкий, розовоцветные. Около 2400 лет назад сокращается доля граба и повышается роль полыни, по-видимому, климат становится суше.

На этапе 2200–1900 лет назад доля широколиственных лесов начинает снижаться, это связано с развитием земледелия, однако леса все еще занимают более 50 % растительного покрова. В лесах доминируют бук и ольха. Увеличивается количество заносной пыльцы сосны, присутствует в спектрах пыльца ели и пихты, однако, вероятно, это не связано с похолоданием, а может указывать на увеличение влажности, так как зафиксированы теплолюбивые виды: каштан и грецкий орех, которые и дальше продолжают участвовать в растительности. Доля открытых пространств увеличивается, в их составе сохраняются полынно-злаковые сообщества с примесью луговых трав. Стабильно фиксируется наличие пыльцы культурных злаков, в том числе ржи. Увеличение доли синантропной растительности ассоциируется с большей вовлеченностью территории в сельское хозяйство и более плотным заселением, начиная примерно с рубежа эр.

В период 1900–400 лет назад продолжается сокращение доли широколиственных лесов, доля открытых пространств достигает 70 %, изменений в составе травянистой растительности не наблюдается, в группе синантропных видов увеличивается количество цикориевых. Это связано с нарастанием антропогенного давления на ландшафт за счет земледелия и интенсивного выпаса [Коробов, 2019], на что также указывает увеличение микрочастиц угля. В составе древостоя происходит сокращение доли бука, который замещается ольхой в сопровождении граба и лещины. Вероятно, климат становится суше и теплее.

В последние 400 лет наблюдается похолодание, появляется ель и стабильно присутствует сосна, роль хвойных пород увеличивается, однако леса остаются светлыми с доминированием в составе граба и ольхи. Также, вероятно, климат стал суше и доля аридных таксонов, представленных полынью и маревыми, увеличилась. Облик растительности формируют светлые широколиственные леса со значительной долей березы и участием хвойных пород, с присутствием незначительной доли открытых пространств, покрытых луговой растительностью

### Заключение

Ландшафты низкогорной части Центрального Кавказа на протяжении 4600 лет преимущественно были покрыты широколиственными лесами, однако пропорция лесов и лугов значительно менялась в связи с усилением хозяйственной деятельности. Выявленные изменения показывают значительное расширение открытых пространств около 4500–4300; 4100–3800 и 1900–400 лет назад, которые заменили буково-грабово-ольховые леса. Сведение лесов происходило на фоне усиления пастбищной и земледельческой нагрузки и особенно ярко проявилось после 2200 лет назад. Восстановление доминирующей роли широколиственных лесов приходилось на периоды 4400–4100 и 3600–2200 лет назад и в последние 500 лет, и, вероятно, происходило естественным образом при снижении антропогенной нагрузки, так как эта территория имеет благоприятные условия для их развития.

*Автор благодарит к. г.-м. н. Рябогину Н.Е. за помощь в подготовке статьи и к.б.н. Борисова А.В. за предоставление материала для исследования.*



## Список литературы

- Гаджиев М.Г. 1983. Поселения горного Дагестана эпохи ранней бронзы. В кн.: Древние и средневековые поселения Дагестана. Махачкала, Дагестанский филиал АН СССР: 6–42.
- Гричук В.П. 1973. Новый метод обработки осадочных пород для целей пыльцевого анализа. Труды советской секции Международной ассоциации по изучению четвертичного периода, 3: 47–53.
- Князев А.В., Савинецкий А.Б., Гей Н.А. 1992. История растительного покрова Северной Осетии в голоцене. В кн.: Историческая экология диких и домашних копытных: История пастбищных экосистем. Москва, Наука: 84–108.
- Коробов Д.С. 2019. Аланы Северного Кавказа: этнос, археология, палеогенетика. СПб., Нестор-История, 156 с.
- Любин В.П. 1966. Неолитическая стоянка на р. Овечке (Карачаево-Черкесия). В кн.: Труды Карачаево-Черкесского НИИ истории, языка и литературы. Вып. V (серия историческая): 261–264.
- Нейштадт М.И. 1955. К истории лесов северного склона Большого Кавказа в голоцене. Доклады Академии Наук СССР, 102(3): 617–619.
- Нейштадт М.И. 1957. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М., Изд. АН СССР, 404 с.
- Тумаджинов И.И. 1955. Постплиоценовая история растительности Северного Кавказа. Труды Тбилисского ботанического института, 17: 161–219.
- Южанина Э.Д., Трошина А.А., Рябогина Н.Е., Борисов А.В. 2021. Пыльцевые земледельческие маркеры в палеоэкологических архивах Северного Кавказа. В кн.: Новые материалы и методы археологического исследования. Материалы VI конференции молодых ученых, Москва, 16–19 марта 2021. Москва, Институт археологии РАН: 170–172.
- Faegri K., Iversen J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. London, Alden Press, 328 p.
- Finsinger W., Tinner W. 2005. Minimum Count Sums for Charcoal Concentration Estimates in Pollen Slides: Accuracy and Potential Errors. Holocene, 15(2): 293–297. <https://doi.org/10.1191/0959683605hl808rr>.
- Grimm E. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Methods of Incremental Sum of Squares. Computers & Geoscience, 13(1): 13–35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E.C. 1990. TILIA and TILIA GRAPH. PC Spreadsheet and Graphics Software for Pollen Data. INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter, 4: 5–7.
- Grimm E. 1991. TILIA and TILIAGRAPH. Springfield, Illinois State Museum, 56 p.
- Haslett J., Parnell A.A. 2008. Simple Monotone Process with Application to Radiocarbon-Dated Depth Chronologies. Journal of the Royal Statistical Society. Series C: Applied Statistics, 57(4): 399–418. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2008.00623.x>
- Mooney S., Tinner W. 2011. The Analysis of Charcoal in Peat and Organic Sediments. Mires and Peat, 7: 1–18.
- Rostunov V.L., Ljachov S., Reinhold S. 2009. Cmi – Eine Freilandfundstelle des Spätmesolithikums und Frühneolithikums in Nordossetien (Nordkaukasus). Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan, 41: 47–74.
- Stockmarr J. 1971. Tablets with Spores Used in Absolute Pollen Analysis. Pollen et Spores, 13: 615–621.
- Stockmarr J. 1973. Determination of Spore Concentration with an Electronic Particle Counter. Danmarks Geologiske Undersogelse Arbog, 87–89.

## References

- Gadzhiyev M.G. 1983. Poseleniya gornogo Dagestana epokhi ranney bronzy [Settlements of Mountainous Dagestan of the Early Bronze Age]. In: Drevniye i srednevekovyye poseleniya Dagestana [Ancient and medieval settlements of Dagestan]. Makhachkala, Publ. Dagestanskiy filial AN SSSR: 6–42.
- Grichuk V.P. 1973. Novyy metod obrabotki osadochnykh porod dlya tseley pyl'tsevogo analiza [New Method for Processing Sedimentary Rocks for Pollen Analysis]. Trudy sovetsoy sktsii Mezhdunarodnoy assotsiatsii po izucheniyu chetvertichnogo perioda, 3: 47–53.
- Knyazev A.V., Savinetskiy A.B., Gey N.A. 1992. Istoriya rastitel'nogo pokrova Severnoy Osetii v golotsene [History of Vegetation Cover of North Ossetia in the Holocene]. In: Istoricheskaya



- ekologiya dikikh i domashnikh kopytnykh: Istoriya pastbishchnykh ekosistem [Historical Ecology of Wild and Domestic Ungulates: History of Pasture Ecosystems]. Moscow, Publ. Nauka: 84–108.
- Korobov D.S. 2019. Alans of the North Caucasus: Ethnos, Archeology, Paleogenetics. Saint Petersburg, Publ. Nestor-Istoriya, 156 p. (in Russian).
- Lyubin V.P. 1966. Neoliticheskaya stoyanka na r. Ovechke (Karachayevo-Cherkesiya) [Neolithic Site on the Ovechka River (Karachay-Cherkessia)]. In: Trudy Karachayevo-Cherkesskogo NII istorii, yazyka i literatury [Proceedings of the Karachay-Cherkess Research Institute of History, Language and Literature]. Vol. V (seriya istoricheskaya): 261–264.
- Neyshtadt M.I. 1955. K istorii lesov severnogo sklona Bol'shogo Kavkaza v golotsene [On the History of Forests of the Northern Slope of the Greater Caucasus in the Holocene]. Doklady Akademii Nauk SSSR, 102 (3): 617–619.
- Neyshtadt M.I. 1957. Istoriya lesov i paleogeografiya SSSR v golotsene [History of Forests and Paleogeography of the USSR in the Holocene]. Moscow, Publ. AN SSSR, 404 p.
- Tumadzhinov I.I. 1955. Postpliotsenovaya istoriya rastitel'nosti Severnogo Kavkaza [Post-Pliocene Vegetation History of the North Caucasus]. Trudy Tbilisskogo botanicheskogo instituta, 17:161–219.
- Yuzhanina E.D., Troshina A.A., Ryabogina N.E., Borisov A.V. 2021. Pyl'tsevyeye zemledel'cheskiye markery v paleoekologicheskikh arkhivakh Severnogo Kavkaza [Pollen Agricultural Markers in Paleoecological Archives of the North Caucasus]. In: Novyye materialy i metody arkheologicheskogo issledovaniya [New Materials and Methods of Archaeological Research]. Proceedings of the VI Conference of Young Scientists, Moscow, 16–19 March 2021. Moscow, Publ. Institute of Archaeology, Russian Academy of Sciences: 170–172.
- Faegri K., Iversen J. 1989. Textbook of Pollen Analysis. London, Alden Press, 328 p.
- Finsinger W., Tinner W. 2005. Minimum Count Sums for Charcoal Concentration Estimates in Pollen Slides: Accuracy and Potential Errors. Holocene, 15(2): 293–297. <https://doi.org/10.1191/0959683605hl808rr>.
- Grimm E. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 Program for Stratigraphically Constrained Cluster Analysis by the Methods of Incremental Sum of Squares. Computers & Geoscience, 13(1): 13–35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Grimm E.C. 1990. TILIA and TILIA GRAPH. PC Spreadsheet and Graphics Software for Pollen Data. INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter, 4: 5–7.
- Grimm E. 1991. TILIA and TILIAGRAPH. Springfield, Illinois State Museum, 56 p.
- Haslett J., Parnell A.A. 2008. Simple Monotone Process with Application to Radiocarbon-Dated Depth Chronologies. Journal of the Royal Statistical Society. Series C: Applied Statistics, 57(4): 399–418. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9876.2008.00623.x>
- Mooney S., Tinner W. 2011. The Analysis of Charcoal in Peat and Organic Sediments. Mires and Peat, 7: 1–18.
- Rostunov V.L., Ljachov S., Reinhold S. 2009. Cmi – Eine Freilandfundstelle des Spätmesolithikums und Frühneolithikums in Nordossetien (Nordkaukasus). Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan, 41: 47–74.
- Stockmarr J. 1971. Tablets with Spores Used in Absolute Pollen Analysis. Pollen et Spores, 13: 615–621.
- Stockmarr J. 1973. Determination of Spore Concentration with an Electronic Particle Counter. Danmarks Geologiske Undersogelse Arbog, 87–89.

*Поступила в редакцию 10.07.2024;  
поступила после рецензирования 15.08.2024;  
принята к публикации 25.08.2024*

*Received July 10, 2024;  
Revised August 15, 2024;  
Accepted August 25, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Трубицына Элеонора Дмитриевна**, младший научный сотрудник, Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Eleonora D. Trubitsyna**, Junior Researcher, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia



УДК 911.3:379.85 (470.3)  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-302-317

## Культурно-исторические ресурсы литературного туризма в Центральной России

**Куница М.Н., Ровенская К.В.**

Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского,  
Россия, 241036, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14  
E-mail: geodem12@yandex.ru

**Аннотация.** В современный период в процессе всестороннего развития человека усиливается роль культурно-познавательного туризма. Значимо стимулирование его особого вида – литературного. Его изучение активизируется, однако пространственный аспект пока недостаточно представлен. Цель данной работы – анализ особенностей культурно-исторических ресурсов как базового типа потенциала литературного туризма в Центральной России. Применены системный, территориальный, типологический научные подходы исследования. Рассмотрены главные особенности литературного туризма как понятия. Выделены его ведущие направления в модельном регионе. Проведена функционально-статусная типология основных объектов, отражающая разнообразие культурно-исторических ресурсов литературного туризма на этой территории. Проанализирована привлекательность, обоснованы ранги знаковых мест показа и проведения мероприятий (ядра, фокусы, локусы), охарактеризованы особенности наиболее востребованных из них. Выявлены различия степени территориальной концентрации объектов в регионах. Обозначены ведущие направления активизации использования культурно-исторического потенциала Центральной России в литературном туризме.

**Ключевые слова:** литературный туризм, туристские ресурсы, культурно-исторический потенциал, культурно-исторические ресурсы, объект показа, типология, регион

**Для цитирования:** Куница М.Н., Ровенская К.В. 2024. Культурно-исторические ресурсы литературного туризма в Центральной России. Региональные геосистемы, 48(3): 302–317. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-302-317

---

## Cultural and Historical Resources of Literary Tourism in Central Russia

**Marina N. Kunitsa, Kristina V. Rovenskaya**

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University,  
14 Bezhitskaya St, Bryansk 241036, Russia  
E-mail: geodem12@yandex.ru

**Abstract.** The role of cultural and educational tourism in the process of comprehensive human development is increasing in the modern period. It is important to stimulate its special type – literary tourism. Its study is being intensified, but the spatial aspect is still underrepresented. The purpose of this work is to analyze the peculiarities of cultural and historical resources as a basic type of literary tourism potential in Central Russia. Systemic, territorial, and typological scientific research approaches are applied. The main features of literary tourism as a concept are considered. Its leading directions in the model region are highlighted. The functional-status typology of the basic objects is carried out in the paper. It reflects the diversity of cultural and historical resources of literary tourism in this territory. The attractiveness is analyzed, the ranks of iconic places of display and events (cores, foci, loci) are substantiated. Features of the most popular ones are characterized. The differences in the degree of

territorial concentration of objects in the regions are revealed. The leading directions of intensifying the use of cultural and historical potential of Central Russia in literary tourism are marked.

**Keywords:** literary tourism, tourism resources, cultural and historical potential, cultural and historical resources, objects of display, typology, region

**For citation:** Kunitsa M.N., Rovenskaya K.V. 2024. Cultural and Historical Resources of Literary Tourism in Central Russia. *Regional Geosystems*, 48(3): 302–317 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-302-317

## Введение

Повышение уровня востребованности культурных ценностей как необходимой составляющей всестороннего развития человека – одно из важных направлений социальной политики России. Значимую роль в данном процессе играет культурно-познавательный туризм, стимулирование его особого вида – литературного.

Ведущие позиции в его распространении в стране занимает Центральная Россия. Комплекс факторов определил ее доминирование не только в литературном «поле» государства, но и в вовлеченности в тематическую туристскую деятельность. Регион отличается высокой концентрацией действующих и потенциальных объектов показа, сложность функциональной структуры, территориальная дифференциация литературного туризма на фоне пока суженной активности его продвижения на туристском рынке.

Важна роль изучения основы развития туризма – его ресурсного потенциала. Данная проблематика актуальна в научном плане и прикладном аспекте менеджмента туризма, однако ее исследованию пока уделено недостаточное внимание. В немногих трудах по литературному туризму в модельном регионе потенциал рассматривается с разных теоретических и методических точек зрения. В ряде статей [Лапочкина, 2015; Мартыанова, Чеснова, 2017; Фахрутдинова, Хабибуллина, 2019; и др.] он анализируется в качестве фона туристско-экскурсионной деятельности. В некоторых публикациях [Морозова, Калущков, 2019; Куница, 2022; и др.] отражены, причем и в имажинальном аспекте, его функциональные и пространственные особенности в субъектах. Еще один тип работ посвящен изучению конкретных объектов показа. В данной статье отражены результаты комплексного анализа культурно-исторического потенциала Центральной России как ведущего фактора развития, структуризации и дифференциации литературного туризма на ее территории.

## Объекты и методы исследования

Комплексность анализа была реализована на двух уровнях: «внутренней» географической и «внешней» интеграции рекреационной географии с другими системами наук. Объектом исследования являлись культурно-исторические ресурсы литературного туризма в Центральной России (в границах Центрального экономического района – ЦЭР). Виды информационных источников – данные поисковых систем Интернет (*Yandex, Google*), литературные, фондовые открытого доступа (сайты музеев и др.), статистические, картографические. Ведущие научные подходы – системный, территориальный, типологический. В качестве основных применены методы анализа и синтеза, сравнительно-географический, типологии, картографирования.

Исследование проводилось в несколько этапов. Первый – формирование и анализ банка тематической информации о культурно-историческом потенциале 13 субъектов Центральной России как факторе развития литературного туризма.

Второй этап – выделение основных объектов показа региона. Рассматривались действующие и временно находящиеся на реставрации: головные, их филиалы и отделы с



обособленными зданиями и/или самостоятельными экспозициями (108 единиц как материальное наследие). Объекты классифицированы по видам (музеи-заповедники, музеи-усадьбы, мемориальные музеи, дома и квартиры, культурно-просветительские центры и др.). Тематические музеи и комнаты в библиотеках, образовательных или иных учреждениях, памятники не рассматривались вследствие их дополняющей роли.

Третий этап – разработка функционально-статусной типологии основных объектов. Учитывались два блока показателей. Первый отражает направление деятельности объектов. Анализировались: базовый потенциал (материальные фонды), осуществляемые на его «фундаменте» ведущие виды работы и функций (музееведческой, выставочной, экскурсионной, развлекательной, научной, образовательной). На основе доминант выделены главные направления деятельности объектов – литературно-биографическое, литературно-историческое, литературно-художественное. Остальные виды занятий отнесены к дополняющим. Среди них особо важны событийные. Второй блок характеризует статус объектов показа и, следовательно, их официальную роль в геокультурном пространстве страны. Они ранжированы. Согласно информационным источникам [Всероссийский реестр ..., 2024; Государственный свод..., 2024; Культура.РФ, 2024; Сведения из Единого государственного ..., 2024] представлены следующие категории статуса: – по принадлежности (государственные: федеральные и субъектов – региональные; муниципальные, общественные, частные, ведомственные и др.); – по историко-культурной значимости (особо ценные объекты культурного наследия народов Российской Федерации, объекты культурного наследия народов Российской Федерации федерального, регионального и местного – муниципального значения) и объекты с не выявленной (неуказанной) значимостью. Туристский статус объектов (паспортизированные и не паспортизированные) учитывался дополнительно вследствие дефицита данных. Была проведена группировка объектов согласно структуре каждого блока. Итоговый результат – разработка функционально-статусной типологии объектов показа Центральной России как процесса «интеграции» всех группировок. Выделены 7 основных типов.

Четвертый этап – выявление востребованности объектов в литературном туризме. Один из ее ведущих показателей – объем ежегодного туристского потока. Анализировались данные за период 2019–2023 годов на разных Интернет-ресурсах: общих [Музеи России, 2024], тематических, конкретных объектов.

Пятый этап – ранжирование основных знаковых мест по значению в культурно-историческом потенциале и уровню их современного вовлечения в литературный туризм территории. Согласно статусу и аттрактивности выделены ядра, фокусы и локусы.

Шестой этап – определение особенностей размещения культурно-исторических ресурсов литературного туризма региона в контексте типологической структуры и востребованности их основных объектов, главных направлений активизации их использования в литературном туризме Центральной России.

## Результаты и их обсуждение

### *Особенности литературного туризма и его ресурсного потенциала*

Представлены разные подходы к трактовке понятия литературного туризма. В зарубежных трудах он рассматривается главным образом как: составляющая культурного туризма, реализуемая в разных контекстах (M. Robinson, H.C. Andersen, L. Brown, R. Gentile, S. Quinteiro, R. Baleiro, A. Ferreira, E. Alén, P. Liberato, D. Liberato и др.); звено туризма, направленного на изучение объектов культурного и природного наследия (D. Herbert, S.J. Squire и др.); вид деятельности, сочетающий элементы двух вышеназванных интерпретаций данного туризма (L. Brown, A. Hoppen, A. Fyall, S. Çevik и др.); часть креативного и медийного туризма (G. Busby, J. Klug и др.) [Лебедева, 2023]. В статьях

российских авторов отражены представления о литературном туризме как направлении культурного (Е.Г. Мартынова, Е.Н. Чеснова и др.), культурно-познавательного (Ю.А. Киреева, Т.А. Силаева, А.С. Снегирев, Л.Л. Шерстянкина, А.В. Хижная, С.В. Булганина, Г.Р. Фахрутдинова, Л.Ф. Хабибуллина и др.), тематического (В.В. Лапочкина и др.) или образовательного (Ю.В. Коренева, К.С. Хосровян, О.В. Кобелева, М.В. Смородинова и др.). На фоне туристской доминанты данный вопрос анализируется и с других позиций, в частности – с географической (С.А. Гуров, Н.В. Страчкова, М.А. Алексеенко; М.М. Морозова, В.П. Калуцков; А.В. Любичанковский, А.О. Поздеев; Т.Е. Фошина и др.), культурологической (К.В. Асламова, И.Е. Карасев; А.Ш. Галустян; Н.В. Доронина и др.), организационной (А.И. Зарытовская и др.). В качестве основания их интеграции может выступать ведущая установка – путешествие по местам жизни и творчества автора, его произведений и деятельности героев.

В данной работе литературный туризм рассматривается как вид культурно-познавательного туризма, представляющий собой временные поездки граждан и лиц без гражданства с целью посещения объектов литературного туристского интереса, участия в досуговых и просветительских мероприятиях литературной направленности на территории государства постоянного проживания или других стран без занятия оплачиваемой деятельностью в месте временного пребывания.

Типология литературного туризма находится в стадии разработки. Иностранные ученые в качестве ее основных признаков учитывают специфику литературного объекта и/или главные установки. Выделяют следующие основные виды: 1) согласно дестинации (места, связанные с жизнью писателя; значимые места в художественном произведении; дестинации, сформировавшие мировоззрение литераторов; дестинации, ставшие самостоятельным туристическим направлением благодаря автору) [Butler, 1986]; 2) согласно цели (путевые заметки [Busby, Klug, 2001]; литературные фестивали; туризм по книжным магазинам [Brown, Gentile, 2015]).

Отечественные авторские схемы структуры литературного туризма сочетают элементы сходства и различия. Так, Т.Е. Фошина [2009] выделяет следующие направления, представляющие его экскурсионную форму, – литературно-биографические, историко-литературные и литературно-художественные туры. Более детальна классификация С.А. Гурова, Н.В. Страчковой и М.А. Алексеенко [2018]. Они выделяют три формы: экскурсионную (с подразделением на литературно-биографический, историко-литературный и литературно-художественный туризм), развлекательную и образовательную. Данная схема, по нашему мнению, достаточно комплексно отражает сущность литературного туризма и применена как базовая в работе. Наибольшую роль играет экскурсионная форма с 3 видами, реализуемая в процессе посещения музеев разных категорий, усадебных комплексов и памятных мест. Проведение фестивалей, театральных представлений и других мероприятий, участие в них туристов отражает сущность развлекательной. Образовательная форма обычно выступает не как самостоятельная, а как значимая, дополняющая первые две.

Развитие литературного туризма обусловлено комплексом факторов. Особо важны следующие группы. Первая – экономико-географическое положение и ресурсный потенциал территории. Он рассматривается в разных контекстах: как рекреационный (совокупность природных, культурно-исторических и социально-экономических предпосылок для организации рекреационной деятельности на определенной территории [Николаенко, 2003]), туристско-рекреационный и туристский. Ведущую роль в организации деятельности играют туристские ресурсы – «природные, исторические, социально-культурные объекты, включающие объекты туристского показа, а также иные объекты, способные удовлетворить духовные и иные потребности туристов, содействовать поддержанию их жизнедеятельности, восстановлению и развитию их физических сил» [Об основах туристской ..., 2024]. Ряд авторов, конкретизируя, определяют данный потенциал как совокупность литературных туристских ре-



сурсов, создающих возможность развития в данный отрезок времени на определенной территории литературного туризма [Гуров и др., 2018]. Вторая группа – сложившийся туристский образ региона и его объектов, третья – уровень информационного обеспечения деятельности, четвертая – системы менеджмента и маркетинга, продвигающие туризм, пятая – менталитет социума и особенности восприятия территории разными сегментами потребителей. Влияние этих гетерогенных факторов обуславливает специфику функционирования туризма.

Первая группа факторов является фундаментальной. Интерпретации структуры ресурсов литературного туризма различны. Некоторые авторы выделяют: 1) литературные места: адреса проживания и маршруты путешествий писателя, адреса и маршруты литературных героев, ландшафт или объект, отраженные в литературном произведении [Фирсова, 2012]; 2) категории объектов: связанные с жизнью авторов литературных произведений (усадьбы с их музейными экспозициями) и отражающие творчество писателя/поэта (поселения, регионы как места событий) [Лапочкина, 2015]; 3) группы ресурсов: по происхождению – природные (геоморфологические, гидрологические, ботанические) и антропогенные (литературные музеи разных видов, памятники и бюсты); по субъекту – объекты показа, связанные с произведениями поэта или писателя и связанные с жизнью автора произведений [Гуров и др., 2018]. Есть и другие точки зрения.

Важная особенность потенциала литературного туризма – доминирование культурно-исторических ресурсов, определяющих его специфику. Их основа – памятники градостроительства и архитектуры, искусства, документальные. Преобладают объекты мемориального типа. Они классифицированы по видам. К ведущим относятся: музеи-заповедники, музеи-усадьбы, литературные музеи, мемориальные музеи, дома, квартиры, комнаты, культурно-просветительские центры. Особо значимо нематериальное – духовное наследие. Природные ресурсы рассматриваются как ассоциативные элементы литературного места. Их основные виды: компоненты природных комплексов (геологические, орографические, климатические, гидрологические, биотические, акцентированные в работах); природные комплексы, отраженные в произведениях; культурные ландшафты (усадебно-парковые, садово-парковые и др.). Первые два обычно выполняют сопутствующую роль в туре. Наиболее привлекателен для организации путешествий последний вид с памятниками ландшафтной архитектуры, относящийся к культурному наследию.

Ресурсы литературного туризма проанализированы в аспекте современного представления основного уровня туристского продукта региона (культурно-исторические объекты реального туристского показа), второй уровень (туристская инфраструктура) является дополнительным.

### ***Культурно-исторический потенциал как фактор развития литературного туризма в Центральной России***

Это – староосвоенное ядро страны с живописными ландшафтами Русской равнины, контрастными культурно-историческим и социально-экономическим потенциалами, влияющими на его туристские ресурсы и имидж.

В современный период возрастает актуальность диверсификации туристского образа территории, важным элементом которой может стать повышение аттрактивности ее богатейшего литературного наследия. С Центральной Россией связаны жизненные и творческие пути многих выдающихся писателей и поэтов – А.С. Пушкина, Л.Н. Толстого, А.К. Толстого, Ф.И. Тютчева, И.С. Тургенева, Д.Л. Андреева, И.А. Бунина, С.А. Есенина, Н.С. Лескова, К.Г. Паустовского, А.А. Перовского, М.М. Пришвина, П.Л. Проскурина, А.А. Фета, А.П. Чехова и других знаменитых литераторов. Здесь гостили в усадьбах многие талантливые личности. В XX веке одним из центров русской литературы стало Переделкино – поселок писателей, в котором жили и куда приезжали, в частности Б.Л. Пастернак, И.А. Ильф, Е.П. Петров, Л.М. Леонов, Л.А. Кассиль, В.П. Катаев, А.С. Серафимович, К.М. Симонов, К.А. Федин, К.И. Чуковский, И.Г. Эренбург, шестидесятники Б.А. Ахмадулина, А.А. Вознесенский, Е.А. Евтушенко,

Р.И. Рождественский, Б.Ш. Окуджава. Современные авторы создали интересные художественные образы региона.

Влияние культурно-исторического потенциала на развитие литературного туризма многогранно. Алгоритм данного процесса: потенциал → его культурно-исторические ресурсы (комплексы и объекты) → включенные в тематическую туристскую деятельность комплексы и объекты → знаковые места как объекты показа и проведения мероприятий.

Потенциал литературных мест Центральной России очень высок, что, в частности, отражено в научно-справочных изданиях [Литературная география России..., 2022; Литературные музеи России..., 2022]. Его образуют 3 группы современных объектов: 1) реального туристского показа (непосредственно посещаемые), 2) виртуального туристского показа (удаленно посещаемые), 3) потенциальные, востребованные эпизодически или вообще не введенные в туры.

Виртуальная составляющая обычно дополняет реальную. Третья группа – наиболее многочисленная. В ее составе: ряд ассоциативных очагов жизни и творчества, маршруты путешествий литераторов, отраженные в произведениях местности, центры писательских организаций и их филиалов как концентраторы социально-культурной деятельности этих сообществ в регионах, библиотеки с программами популяризации авторов и их работ, краеведческие музеи с тематическими экспозициями, памятники, некрополи и некоторые другие. Этот резерв с разными возможностями включения в туризм в данной статье не рассматривался. Состав объектов динамичен, что связано с их реставрацией и открытием после нее, закрытием, появлением новых.

Культурно-исторический потенциал (его первые две группы как ресурсы) регионов Центральной России активно влияет на развитие тематического туризма. Объекты показа имеют разный ранг и направленность, что привлекает различные сегменты посетителей.

Доминирует литературно-биографическое направление туризма, центры которого есть во всех областях. Наиболее аттрактивные – федерального статуса-ранга (23 музея). Важно и их историко-культурное значение. Выделяется категория «особо ценные объекты культурного наследия народов Российской Федерации» (ФГБУК «Государственный музей Л.Н. Толстого», ФГБУК «Государственный мемориальный и природный заповедник «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна», ФГБУК «Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново»). Остальные имеют категорию культурного наследия народов Российской Федерации федерального (абсолютно доминирующую) и только несколько – других значений. Преобладают объекты регионального статуса, имеющие федеральное и региональное культурное значение (46 музеев). К местным (муниципальным) относятся 17 знаковых мест разного культурного значения. Усиливается востребованность литературно-исторического направления. Музеев такой тематики пока немного – всего 14 федерального, регионального и местного статусов и различного культурного значения. В них ведутся исследования истории русской литературы, пополняются фонды, создаются новые композиции. Недостаточно представлено литературно-художественное направление (8 объектов регионального и местного статусов и разного культурного значения), что влияет на ориентацию туризма. Немногие общественные и частные музеи рассмотрены совместно с местными.

Активизируется событийное направление, которое развивается во всех регионах. Наиболее аттрактивны международные (театральные фестивали «Голстой» в Ясной Поляне, «Мелиховская весна» и др.) и всероссийские мероприятия (праздник «Родник поэзии твоей» в Овстуге, Есенинский праздник поэзии «Родина русской души» и др.).

В Центральной России литературные места, связанные с жизнью и творчеством писателей и поэтов, многочисленны. Однако в туристские маршруты включены главным образом статусные объекты, имеющие категорию музеев разных рангов и существенно реже – мемориальных домов и квартир, культурно-просветительных центров. Виртуальный туризм сейчас развивается в большинстве музейных комплексов, чему способствовало его



стимулирование в период пандемии. Роль потенциальных объектов локальна. Только часть их при целенаправленной работе может стать востребованной.

Выдающееся материальное и духовное литературное наследие региона – фактор становления одного из его туристских образов как литературного края. Среди методов его изучения важна типология – группировка изучаемых объектов по совокупностям (типам), устойчиво различающимся между собой по качественным признакам [Алаев, 1983].

Разработка комплексной функционально-статусной типологии объектов показа литературного туризма Центральной России нацелена на раскрытие их культурно-исторического потенциала, статуса и специализации. В результате проведенного анализа были выделены 7 основных типов.

Первый тип. Объекты показа федерального ранга, категории «особо ценные объекты культурного наследия народов Российской Федерации», с развитием литературно-биографического направления туризма.

Второй тип. Объекты показа федерального ранга, категорий культурного наследия федерального и регионального значения, с развитием литературно-биографического направления туризма.

Третий тип. Объекты показа регионального ранга, категорий культурного наследия федерального и регионального значения, с развитием литературно-биографического направления туризма.

Четвертый тип. Объекты показа местного ранга, разных категорий культурного наследия, с развитием литературно-биографического направления туризма.

Пятый тип. Объекты показа федерального ранга, категории культурного наследия федерального значения, с развитием литературно-исторического направления туризма.

Шестой тип. Объекты показа регионального и местного рангов, категорий культурного наследия регионального и местного значения, не выявленной значимости, с развитием литературно-исторического направления туризма.

Седьмой тип. Объекты показа регионального и местного рангов, категорий культурного наследия регионального и местного значения, не выявленной значимости, с развитием литературно-художественного направления туризма.

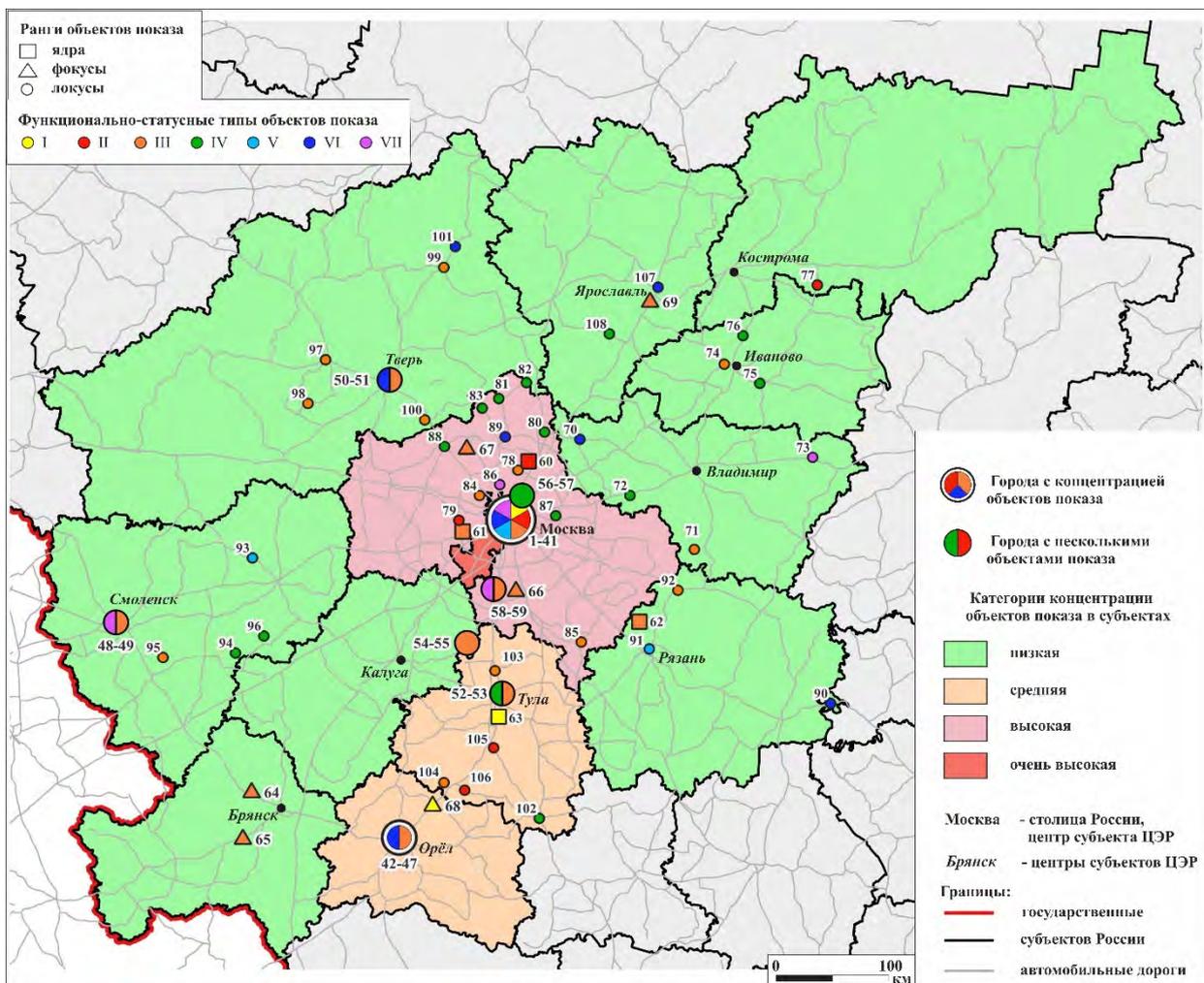
Важный показатель использования культурно-исторического потенциала – уровень включенности его объектов в туристскую деятельность. Они разделены на 2 группы. Первая – с выявленным туристским потоком, во многом отражающим их реальную привлекательность. С учетом российского и регионального диапазонов показателей выделены его 5 категорий: очень низкий (по 50 тыс. чел.), низкий (51–100 тыс. чел.), средний (101–200 тыс. чел.), высокий (201–300 тыс. чел.), очень высокий (более 300 тыс. чел.). Отсутствие данных по части объектов обычно местного ранга определило обособление второй группы с категорией «не выявленный» (не зафиксированный) поток туристов.

Проанализирована ситуация посещаемости по 65 % знаковых мест Центральной России с наличием информации. Среди них доминируют объекты федерального и регионального рангов с очень низким потоком, что является индикатором недостаточного интереса к литературному туризму в современный период. Остальные категории востребованности (с низким, средним, высоким и очень высоким потоком) представлены существенно меньше – до 10 единиц в каждой.

Выполнено ранжирование объектов показа и проведения мероприятий по их роли в культурно-историческом потенциале и уровню их современного вовлечения в литературный туризм региона. Согласно их статусу и посещаемости выделены следующие иерархические ранги. Ядрами (знаковыми местами первого порядка – максимально привлекательными, репрезентативными и информативными) являются комплексы федерального и регионального рангов, разных категорий культурного наследия («особо ценные объекты», федерального и регионального значения), с очень высоким и высоким туристским потоком. Из них наиболее важны паспортизированные. К знаковым местам второго порядка (фоку-

сам – концентраторам потенциала и информации) отнесены объекты федерального и регионального рангов, разных категорий культурного наследия («особо ценные объекты», федерального и регионального значения), со средним и низким туристским потоком, третьего порядка (локусам) – регионального и местного рангов и категорий культурного наследия с очень низким и не выявленным туристским потоком.

В территориальной структуре литературного туризма региона можно выделить города с различным уровнем концентрации объектов. Характерно сосредоточение особых знаковых мест – мемориализированных дворянских усадеб с культурными ландшафтами, привлекающих посетителей. Значима роль и литературных гнезд. Их главные признаки: непрерывная деятельность писателей и поэтов в определенном месте, взаимосвязь с национальной литературой и культурой, память места, литературные традиции, литературный ландшафт [Андреев, 2007]. Наиболее статусные и аттрактивные в туризме – ядра, а самые распространенные – локусы. Выражены региональные особенности размещения основных культурно-исторических ресурсов литературного туризма – объектов показа в Центральной России (см. рисунок).



Территориальная структура основных объектов показа  
литературного туризма в Центральной России  
The territorial structure of the main display objects of literary tourism  
in Central Russia



- Города с концентрацией объектов показа.** Москва: 1 – ФГБУК «Государственный музей истории российской литературы имени В.И. Даля», его отделы: 2 – Дом-музей А.И. Герцена, 3 – Дом-музей М.Ю. Лермонтова, 4 – Дом-музей А.П. Чехова, 5 – Музей Серебряного века, 6 – Музейный центр «Московский дом Достоевского», 7 – Дом-музей Б.Л. Пастернака, 8 – Музей-квартира А.Н. Толстого, 9 – Дом-музей К.И. Чуковского, 10 – Дом И.С. Остроухова в Трубниках; 11 – АНО «Музей и культурно-просветительский центр им. В.И. Даля»; 12 – ГБУК ГМ «Государственный музей А.С. Пушкина», его отделы: 13 – Мемориальная квартира А.С. Пушкина на Арбате, 14 – Дом-музей В.Л. Пушкина, 15 – Дом-музей И.С. Тургенева, 16 – Мемориальная квартира Андрея Белого; 17 – ФГБУК «Государственный музей Л.Н. Толстого», его филиалы: 18 – Музей-усадьба Л.Н. Толстого в Хамовниках, 19 – Толстовский Центр на Пятницкой; 20 – Музей А.М. Горького ИМЛИ им. А.М. Горького РАН, его отдел: 21 – Музей-квартира А.М. Горького; 22 – ГБУК ГМ «Государственный музей – культурный центр «Интеграция» имени Н.А. Островского»: музей Николая Островского; 23 – Дом-музей А.Н. Островского/Театральная галерея на Малой Ордынке; 24 – ГБУК ГМ «Дом Н.В. Гоголя - мемориальный музей и научная библиотека; 25 – ГБУК ГМ «Музей М.А. Булгакова»: легендарная квартира, другие отделы: 26 – Мемориальная квартира М.А. Булгакова, 27 – НП центр Музея М.А. Булгакова; 28 – НП «Культурно-просветительский центр «Булгаковский Дом»; 29 – ГБУК ГМ «Государственный музей В.В. Маяковского»; 30 – ГБУК ГМ «Московский государственный музей С.А. Есенина»; 31 – ГБУК ГМ «Музей К.Г. Паустовского»; 32 – ГБУК ГМ «Дом-музей Марины Цветаевой»; 33 – ГБУК ГМ «Дом русского зарубежья имени Александра Солженицына», его филиал: 34 – Мемориальная музей-квартира А.И. Солженицына; 35 – ГБУК ГМ «Государственный музей Владимира Высоцкого»; 36 – Музей-галерея Е. Евтушенко; 37 – ФГБУК «Государственный мемориальный музей Б.Ш. Окуджавы»; 38 – АНО «Дом Творчества Писателей в Переделкино»; 39 – НЧУКДМ «Дом сказок «Жили-были», его филиал: 40 – Музей «Буратино-Пиноккио»; 41 – ФГБУК «Государственный музей-заповедник «Остафьево»-«Русский Парнас».
- Орел: филиалы БУК ОО «Орловский объединенный государственный литературный музей И.С. Тургенева»: 42 – Музей И.С. Тургенева, 43 – Музей И.А. Бунина, 44 – Музей писателей-орловцев, 45 – Дом-музей Н.С. Лескова, 46 – Дом Леонида Андреева, 47 – Дом Т.Н. Грановского.
- Города с несколькими объектами показа:** Смоленск: 48 – Музей-квартира «А.Т. Твардовский в Смоленске», 49 – Музей «В мире сказки». Тверь: 50 – Музей М.Е. Салтыкова-Щедрина, 51 – ГАУК ТО «Дом поэзии Андрея Дементьева». Тула: 52 – Дом-музей В.В. Вересаева, 53 – Музей-усадьба А.С. Хомякова «Богучарово». Таруса: 54 – Мемориальный дом-музей К.Г. Паустовского, 55 – Тарусский музей семьи Цветаевых. Королев: 56 – МБУК ГОКМО «Мемориальный дом-музей Марины Цветаевой в Болшеве», 57 – МБУК ГОКМО «Мемориальный Дом-музей С.Н. Дурылина». Чехов: 58 – Музей «Усадьба «Лопасня-Зачатьевское», 59 – Музей писем А.П. Чехова.
- Ядра.** Московская область: 60 – ФГБУК «Государственный историко-художественный и литературный музей-заповедник «Абрамцево», 61 – ГАУК МО «Государственный историко-литературный музей-заповедник А.С. Пушкина»; Рязанская область: 62 – ГАУК «Государственный музей-заповедник С.А. Есенина»; Тульская область: 63 – ФГБУК «Государственный мемориальный и природный заповедник «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна». **Фокусы.** Брянская область: 64 – ГАУК «Государственный мемориальный историко-литературный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг», 65 – Литературно-мемориальный музей А.К. Толстого в с. Красный Рог; Московская область: 66 – ГАУК МО «Государственный литературно-мемориальный музей-заповедник А.П. Чехова «Мелихово», 67 – ГБУК МО «Государственный мемориальный музей-заповедник Д.И. Менделеева и А.А. Блока»; Орловская область: 68 – ФГБУК «Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново»; Ярославская область: 69 – ГАУК ЯО «Государственный литературно-мемориальный музей-заповедник Н.А. Некрасова «Карабиха». **Локусы.** Владимирская область: 70 – МБУК МОГА «Литературно-художественный музей Марины и Анастасии Цветаевых», 71 – Литературно-краеведческий музей «Жизнь и творчество А.И. Солженицына», 72 – Музей Венедикта Ерофеева, 73 – МБУК ВР ВО «Музей песни XX века»; Ивановская область: 74 – ГБУК ИО «Музей семьи Цветаевых», 75 – МУК «Литературно-краеведческий музей Константина Бальмонта», 76 – Мемориальный музей Д.А. Фурманова; Костромская область: 77 – ФГБУК «Государственный мемориальный и природный музей-заповедник А.Н. Островского «Щельково»; Московская область: 78 – ГАУК МО «Объединенный мемориально-художественный музей-заповедник «Усадьба «Мураново» имени Ф.И. Тютчева и народных художественных промыслов «Усадьба Лукутиных», 79 – Дом-музей М.М. Пришвина, 80 – МБУК «Дом-музей поэта В.Ф. Бокова», 81 – МБУ «Талдомский историко-литературный музей», его филиалы:

82 – Музей М.Е. Салтыкова-Щедрина, 83 – Дом-музей С.А. Клычкова; 84 – ООО «Национальный Лермонтовский центр в Средниково», 85 – Музей-усадьба Ф.М. Достоевского «Даровое», 86 – Дача-музей В.В. Маяковского, 87 – Дом-музей Андрея Белого, 88 – Дом-музей А.П. Гайдара, 89 – ООО «Клуб-музей «Строка, оборванная пулей...»; Рязанская область: 90 – Литературно-мемориальный дом-музей писателя А.С. Новикова-Прибоя, 91 – Музейный центр имени А.И. Солженицына, 92 – отдел ГАУК «Государственный музей-заповедник С.А. Есенина» в г. Спас-Клепики; Смоленская область: 93 – ФГБУК «Государственный историко-культурный и природный музей-заповедник А.С. Грибоедова «Хмелита», 94 – Мемориальный музей М.В. Исаковского, 95 – Музей-усадьба А.Т. Твардовского; 96 – Дом-музей И.С. Соколова-Микитова; Тверская область: 97 – Музей А.С. Пушкина в г. Торжке, 98 – Музей А.С. Пушкина (с. Берново), 99 – Бежецкий мемориально-литературный и краеведческий музей, 100 – Дом-музей С.Д. Дрожжина; 101 – Музейно-литературный центр «Дом поэтов»; Тульская область: 102 – МБУК «Ефремовский Дом-музей И.А. Бунина», 103 – «Музей-усадьба А.Т. Болотова «Дворяниново», 104 – «Историко-культурный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Бежин луг»; филиалы ФГБУК «Государственный мемориальный и природный заповедник «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна»: 105 – Усадьба «Малое Пирогово», 106 – Музей-усадьба Л.Н. Толстого в с. Никольское-Вяземское; Ярославская область: 107 – Центр белорусской культуры. Музей Максима Богдановича, 108 – Музей-квартира поэта Константина Васильева  
*(наименования филиалов головных музеев приведены в сокращенном варианте)*

Доминирующее макроядро литературного туризма – Москва. В ней сосредоточены ядра, фокусы, локусы, составляющие несколько менее 40 % востребованных литературных мест Центральной России. Наиболее важную роль играют ведущие ядра.

ФГБУК «Государственный музей-заповедник «Остафьево»-«Русский Парнас» привлекает посетителей разнообразием тематики, активной экскурсионной, выставочной, событийной деятельностью. Проводятся обзорная и тематические экскурсии, квесты. Фестивали, концерты и особенно традиционный Пушкинский праздник поэзии усиливают его привлекательность. ГБУК ГМ «Государственный музей А.С. Пушкина» – один из крупнейших литературных центров России. Обширный фонд, научная, образовательная, просветительская и маркетинговая работа, разные виды экскурсий, выставки, спектакли, виртуальный музей, фестивали – факторы его туристской востребованности. Популярен ГБУК ГМ «Музей М.А. Булгакова» – единственный государственный мемориальный музей этого автора в стране, включающий три отдела с экспозициями, выставками, просветительскими программами, мультимедийными проектами: собственно музей (квартиру № 50 как «фон» знаменитого романа писателя), Мемориальную квартиру М.А. Булгакова и Научно-просветительский центр на Арбате. Моден НП «Культурно-просветительский центр «Булгаковский Дом» – частный музей-театр. Он выделяется многоцелевой направленностью (экскурсии разных видов, спектакли, творческие встречи, лекторий, концерты и др.), фестивалем имени М.А. Булгакова. Многих посетителей привлекает ГБУК ГО «Дом Н.В. Гоголя – мемориальный музей и научная библиотека» с обширным книжным фондом, музеем, исследовательским центром. Возможность использования библиотечных ресурсов, экскурсии, традиционные Гоголевские чтения, научные и образовательные мероприятия, концерты способствуют реализации различных потребностей гостей.

Среди знаковых фокусов – ФГБУК «Государственный музей Л.Н. Толстого». Категория особо ценного объекта культурного наследия народов Российской Федерации, уникальный тематический литературный фонд, интересные экскурсионные программы, выставки и события, просветительские и научные мероприятия стимулируют его посещение. ФГБУК «Государственный музей истории российской литературы имени В.И. Даля» отличается полицентрической структурой. Огромный фонд, разнообразие направлений деятельности (музееведческой, литературной, экскурсионной, выставочной, событийной) обуславливают привлекательность музея в целом, хотя востребованность его отделов различна.



Деятельность многочисленных локусов нацелена на удовлетворение запросов разных сегментов туристов.

Знаменитое литературное гнездо сложилось в Переделкино – поселке писателей, где жили и создавали произведения выдающиеся литераторы XX века, а сейчас работает «Дом Творчества Писателей в Переделкино». В «Историко-культурном заповеднике «Переделкино» [Межрегиональный туристский проект..., 2024] проводятся историко-литературные экскурсии (обзорные, по музеям Б.Л. Пастернака, К.И. Чуковского, Б.Ш. Окуджавы, Е.И. Евтушенко), выставки, презентации изданий, спектакли, фестивали, что создает креативную атмосферу места.

Разнообразные события в столице стимулируют литературный туризм. Особо значимы традиционный Книжный фестиваль «Красная площадь» – главное литературное событие страны, Международная ярмарка интеллектуальной литературы, Московская международная книжная выставка-ярмарка [ГодЛитературы.РФ, 2024]

К мезоядру можно отнести Орел с 6 объектами (музеи И.С. Тургенева, И.А. Бунина, Л.Н. Андреева, Т.Н. Грановского, Н.С. Лескова и писателей-орловцев в составе БУК ОО «Орловский объединенный государственный литературный музей И.С. Тургенева»). Они – современный туристский бренд областного центра как одной из трех литературных столиц страны. Представлена категория городов с несколькими объектами. В Смоленске, Твери, Туле, Королеве они пока не стали визитными карточками, в Чехове сложился «писательский» имидж, а Таруса имеет почетное звание «Литературный город России».

В субъектах региона функционирует несколько аттрактивных ядер, которые способствуют формированию образа литературного края и значительному туристскому потоку. Три из них в последние годы входят в топ-50 музеев страны по посещаемости.

В Московской области представлены два объекта. ФГБУК «Государственный историко-художественный и литературный музей-заповедник «Абрамцево» с тематическим разнообразием и большим объемом фондов, активной экскурсионной, выставочной и научно-образовательной деятельностью, живописностью культурного ландшафта выделяется очень высокой туристской востребованностью. ГАУК МО «Государственный историко-литературный музей-заповедник А.С. Пушкина» включает территории двух усадеб с дворцово-парковыми ансамблями (Захарово и Вяземы) – мест становления личности великого поэта. Разные виды экскурсий, концерты, научные и образовательные, выставочные и другие мероприятия (Пушкинский фестиваль «Арт-пикник», Литературно-музыкальный фестиваль «Традиция» и др.) привлекают туристов. Очень популярен ГАУК «Государственный музей-заповедник С.А. Есенина» в с. Константиново Рязанской области. Это обусловлено большим фондом, интересными экскурсиями, выставками, постановками, научными и просветительскими, статусными событиями (Всероссийским Есенинским праздником поэзии, Межрегиональным фольклорным фестивалем традиционной народной культуры и др.). Важна роль особо ценного объекта культурного наследия народов Российской Федерации – ФГБУК «Государственный мемориальный и природный заповедник «Музей-усадьба Л.Н. Толстого «Ясная Поляна» в Тульской области. Своеобразие культурного ландшафта усадьбы, обширные фонды и многотемные экспозиции, научно-образовательная работа, система экскурсий, выставки, мероприятия, прежде всего Международный театральный фестиваль «Толстой», определяют востребованность музея.

Значима в литературном туризме и роль фокусов. Вне столицы они представлены музеями на базе усадебных комплексов (воссозданных и/или реконструированных), вписанных в среднерусские ландшафты. Два из них расположены в Брянской области и паспортизированы. В ГАУК «Государственный мемориальный историко-литературный музей-заповедник Ф.И. Тютчева «Овстуг» воспроизведен образ дворянской усадьбы, в пределах которой осуществляется активная экскурсионная, просветительская, выставочная, событийная (Всероссийский праздник «Родник поэзии твоей...»), литературные конкурсы,

театрализованные представления и др.) деятельность. В единственном в стране Литературно-мемориальном музее А.К. Толстого в с. Красный Рог в антураже усадебно-паркового комплекса проводят обзорную и тематические экскурсии, знаковый Всероссийский праздник поэзии «Серебряная лира». Востребованы туристами объекты Подмосковья. В ГАУК МО «Государственный литературно-мемориальный музей-заповедник А.П. Чехова «Мелихово» экскурсионные, выставочные, научно-образовательные, разнообразные мероприятия (спектакли театра «Чеховская студия», музейно-театральные проекты, Международный театральный фестиваль «Мелиховская весна», Международный конкурс чтецов имени А.П. Чехова и др.) формируют эффективную систему презентации его специфики для посетителей. В его филиале – Музее-усадьбе «Лопасня-Зачатьевское» в Чехове организуют интересные экскурсии, выставки, творческие вечера, различные события (Пушкинский праздник, День памяти А.С. Пушкина, Натальин день, конкурсы и др.), которые поддерживают его имидж «Пушкинского гнезда». ГБУК МО «Государственный мемориальный музей – заповедник Д.И. Менделеева и А.А. Блока» объединяет три памятных места (усадьбы Шахматово, Боблово, Тараканово). Туристов привлекают своеобразие культурных ландшафтов, экскурсии, экспозиции, программы разной тематики, праздники (Блоковский праздник поэзии, фольклорные и др.). ФГБУК «Государственный мемориальный и природный музей-заповедник И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново» в Орловской области имеет статус «особо ценного объекта культурного наследия народов Российской Федерации». Комплекс экскурсионных, образовательных, выставочных и иных типов мероприятий (Всероссийские Тургеневские чтения, День Грамотея, фестивали и др.) определяют его востребованность. ГАУК ЯО «Государственный литературно-мемориальный музей-заповедник Н.А. Некрасова «Карабиха» с двумя филиалами расположен в Ярославской области. Он является центром некрасоведения, в нем проводят научную и просветительскую, экскурсионную, выставочную работу и знаковые события (Всероссийский Некрасовский праздник поэзии, Некрасовские дни в Карабихе и др.) для разных категорий туристов.

Привлекательность довольно многочисленных локусов существенно меньше. В части из них туристский поток очень низок, в других он официально не зафиксирован.

Большое число функционирующих объектов показа Центральной России отражает особенности жизни и творчества классиков отечественной литературы. Количеством и статусом особо выделяются музеи А.С. Пушкина и Л.Н. Толстого. Несколько музеев раскрывают черты личности и произведений Ф.И. Тютчева, Н.А. Островского, М.Е. Салтыкова-Щедрина, И.С. Тургенева, А.П. Чехова, М.А. Булгакова, И.А. Бунина, С.А. Есенина, В.В. Маяковского, М.И. Цветаевой и некоторых других литераторов. Есть и единственные в регионе музеи (А.С. Грибоедова, А.К. Толстого, Н.А. Некрасова, М.М. Пришвина, В.В. Вересаева, ряда советских писателей).

Выражены региональные особенности территориальной концентрации (плотности) объектов показа. Осуществлено ранжирование субъектов Центральной России по данному показателю с их последующей группировкой в 4 категории (см. рисунок). Очень высока концентрация в столице, высока – в Московской, средняя – в Орловской и Тульской областях. Остальные 9 областей имеют низкие показатели, однако и на их территории функционируют аттрактивные музеи.

Активизация посещения знаковых литературных мест Центральной России будет способствовать стимулированию двух процессов – повышению уровня литературной и географической культуры населения страны.

### Заключение

Развитие литературного туризма как особого вида культурно-познавательного базируется на ресурсном потенциале территории. Центральная



Россия выделяется уникальным и разнообразным литературным наследием, материальная часть которого сосредоточена в музейных комплексах, памятных местах, документах и культурных ландшафтах, духовная – в «атмосфере» произведений и событийных мероприятий.

Все субъекты региона обладают культурно-историческим потенциалом, однако в разной степени представленным и вовлеченным в литературный туризм в качестве объектов показа. Выражены особенности их отраслевой, функциональной, иерархической и территориальной структур. Среди отраслевых направлений преобладает литературно-биографическое, на базе немногих музеев развивается литературно-историческое, пока сужена роль литературно-художественного. Позитивна активизация событийного направления, интегрирующего прошлое и современность.

Разнообразие и доминирующее направление использования культурно-исторических ресурсов литературного туризма отражает функционально-статусная типология объектов показа. Выделены 7 основных типов. Первый – объекты показа федерального ранга, категории «особо ценный объект культурного наследия народов Российской Федерации» с развитием литературно-биографического направления туризма. Он включает всего три аттрактивных комплекса. Выделяется как приоритетный и второй тип – объекты показа федерального ранга, категорий культурного наследия федерального и регионального значения, с развитием литературно-биографического направления туризма. Преобладающим является третий – объекты показа регионального ранга, категорий культурного наследия федерального и регионального значения, с развитием литературно-биографического направления туризма. Среди остальных типов более распространен четвертый, другие – немногочисленны, однако все интересны для посещения.

Выражены различия объектов по роли в культурно-историческом потенциале и уровню их современного вовлечения в литературный туризм территории. Наиболее значимыми являются немногие ядра, среди которых выделяются паспортизированные. Привлекательны фокусы, менее востребованы доминирующие локусы. В пространственной структуре знаковых мест выделяются макроядро (Москва), мезоядро (Орел), города с несколькими объектами (Смоленск, Тверь, Тула, Королев, Чехов, Таруса). Важны музеи-заповедники и музеи-усадьбы, литературные гнезда. По степени территориальной концентрации объектов лидирует столица, высоки показатели в Московской, средние – в Орловской и Тульской, низкие – в остальных областях.

Для интенсификации использования культурно-исторического потенциала в развитии литературного туризма в Центральной России необходимо решение ряда проблем. Среди ведущих направлений выделяются реставрация литературных усадеб и мемориальных музеев, восстановление культурных ландшафтов, улучшение транспортной доступности и обновление туристской инфраструктуры объектов, увеличение объема и повышение качества фондов, цифровизация, диверсификация туристского продукта, стимулирование статусных событий, реализации социокультурных проектов и программ, активизация маркетинга, продвижения традиционных и разработки перспективных маршрутов. Важна роль региональной туристской политики, в частности расширения литературной тематики на интернет-ресурсах, проектирования новых знаковых мест, паспортизации объектов.

#### **Список источников**

- Алаев Э.Б. 1983. Социально-экономическая география. М., Мысль, 293 с.  
Всероссийский реестр музеев. Электронный ресурс. URL: <https://vrm.museum.ru> (дата обращения: 01.02.2024).  
ГодЛитературы.РФ. Электронный ресурс. URL: <https://godliterature.ru> (дата обращения: 17.04.2024)

- Государственный свод особо ценных объектов культурного наследия народов Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <https://culture.gov.ru/documents/perechen-osobotsennyykh-obektov/> (дата обращения: 15.03.2024).
- Культура.РФ. Электронный ресурс. URL: <https://www.culture.ru> (дата обращения: 08.04.2024).
- Литературная география России: атлас-справочник. 2022. Науч. ред. Ю.А. Веденин, В.Н. Калуцков. М., Издательство Московского университета, 295 с.
- Литературные музеи России. 2022. Т. 1. Гл. ред. Д.П. Бак; ред. Е.А. Воронцова, Э.Д. Орлов. М., ГМИРЛИ им. В.И. Даля, 638 с.
- Межрегиональный туристский проект «Западный фасад России». Электронный ресурс. URL: <https://westfacad.ru/> (дата обращения: 15.03.2024).
- Музеи России. Электронный ресурс. URL: <https://museum.ru> (дата обращения: 22.04.2024).
- Сведения из Единого государственного реестра объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: <https://opendata.mkrf.ru/opendata/7705851331-egrkn/> (дата обращения 06.02.2024).
- «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации»: Федеральный закон № 132-ФЗ от 24.11.1996 года (в посл. ред. от 23.03.2024 года № 639-ФЗ). Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9032907?ysclid=lwc5o1m758691479443> (дата обращения 08.04.2024).

### Список литературы

- Андреев В.Е. 2007. Понятия «литературного гнезда» и «литературного ландшафта» в изучении тамбовского литературного наследия. Вестник Тамбовского университета. Гуманитарные науки, 7(51): 130–134.
- Гуров С.А., Страчкова Н.В., Алексеенко М.А. 2018. Литературный туризм: систематика и географические тенденции развития. Ученые записки Крымского федерального университета В.И. Вернадского. География. Геоэкология, 4(70(3)): 3–16.
- Куница М.Н. 2022. Рекреационный потенциал как фактор формирования туристского образа территории: особенности Брянской области. Региональные геосистемы, 46(4): 488–501. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-4-488-501>.
- Лапочкина В.В. 2015. Ключевые аспекты становления и перспективы развития тематического литературного туризма: отечественный и зарубежный опыт. Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса, 9(2): 66–76. <https://doi.org/10.12737/11299>
- Лебедева С.А. 2023. Развитие литературного туризма в России и в мире: обзор научных источников. Креативная экономика, 17(8): 2909–2936. <https://doi.org/10.18334/ce.17.8.118579>.
- Мартыанова Е.Г., Чеснова Е.Н. 2017. Особенности исследования и развития литературного туризма как разновидности культурного туризма в России и Тульской области. Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 1(21): 69–79.
- Морозова М.М., Калуцков В.П. 2019. Литературно-географический регион и процессы мемориализации пространства (на примере Орловской области). Наследие и современность, 2(1): 79–93.
- Николаенко Д.В. 2003. Рекреационная география. М., ВЛАДОС, 279 с.
- Фахрутдинова Г.Р., Хабибуллина Л.Ф. 2019. Современные литературные экскурсии Москвы и Санкт-Петербурга в развитии туристской индустрии России. Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств, 1: 100–107.
- Фирсова А.В. 2012. Литературный туризм как продукт культурного картирования. Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле, 2: 142–148.
- Фошина Т.Е. 2009. Современное состояние и перспективы развития литературного туризма в России. В кн.: Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования. Труды IV Международной научно-практической конференции, Москва, 28–29 апреля 2009. Москва, Диалог культур: 680–684.
- Brown L., Gentile R. 2015. A Life as a Work of Art: Literary Tourists' Motivations and Experiences at Il Vittoriale Degli Italiani. European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation, 6(2): 25–47.
- Busby G., Klug J. 2001. Movie-Induced Tourism: The Challenge of Measurement and Other Issues. Journal of Vacation Marketing, 7(4): 316–332. <https://doi.org/10.1177/13567667010070>.



Butler R. 1986. Literature as an Influence in Shaping the Image of Tourist Destinations: A Review and Case Study. In: Canadian studies of parks, recreation and foreign lands. Ed. by J. Marsh. Peterborough, Department of Geography, Trent University, 11: 111–132.

### References

- Andreev V.E. 2007. The Concepts of "Literary Nest" and "Literary Landscape" in the Literary Heritage of Tambov Region. Tambov University Review. Series: Humanities, 7(51): 130–134 (in Russian).
- Gurov S.A., Strachkova N.V., Alekseenko M.A. 2018. The Literary Tourism: Systematics and Geographic Trends in the Development. Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology, 4(70(3)): 3–16 (in Russian).
- Kunitsa M.N. 2022. Recreational Potential as a Factor of Formation Tourist Image of the Territory: Features of Bryansk Region. Regional Geosystems, 46(4): 488–501 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-4-488-501>.
- Lapochkina V.V. 2015. Key Aspects of the Formation and Development Prospects of Literary Thematic Tourism: National and International Experience. Vestnik assotsiatsii vuzov turizma i servisa, 9(2): 66–76 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/11299>
- Lebedeva S.A. 2023. The Development of Literary Tourism in Russia and in the World: Scientific Literature Review. Journal of Creative Economy, 17(8): 2909–2936 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/ce.17.8.118579>.
- Mart'yanova E.G., Chesnova E.N. 2017. Features of Literary Studies and Development of Tourism as a Variety of Cultural Tourism in Russia and the Tula Region. Gumanitarnye vedomosti TGPU im. L.N. Tolstogo, 1(21): 69–79 (in Russian).
- Morozova M.M., Kalutskov V.P. 2019. Geoliterary Region and Memorization Processes (Case Study of the Oryol Region). Heritage and Modern Times, 2(1): 79–93 (in Russian).
- Nikolaenko D.V. 2003. Rekreacionnaya geografiya [Recreational Geography]. Moscow, Publ. VLADOS, 279 p.
- Fakhrutdinova G.R., Khabibullina L.F. 2019. The Modern Literary Tours of Moscow and St. Petersburg in the Development of the Tourism Industry in the Russia. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv, 1: 100–107 (in Russian).
- Firsova A.V. 2012. Literary Tourism as a Product of Cultural Map Making. Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences, 2: 142–148 (in Russian).
- Foshina T.E. 2009. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya literaturnogo turizma v Rossii [Current State and Prospects for the Development of Literary Tourism in Russia]. In: Turizm i rekreatsiya: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya [Tourism and Recreation: Fundamental and Applied Research]. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Moscow, 28–29 April 2009. Moscow, Publ. Dialog kul'tur: 680–684.
- Brown L., Gentile R. 2015. A Life as a Work of Art: Literary Tourists' Motivations and Experiences at Il Vittoriale Degli Italiani. European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation, 6(2): 25–47.
- Busby G., Klug J. 2001. Movie-Induced Tourism: The Challenge of Measurement and Other Issues. Journal of Vacation Marketing, 7(4): 316–332. <https://doi.org/10.1177/13567667010070>.
- Butler R. 1986. Literature as an Influence in Shaping the Image of Tourist Destinations: A Review and Case Study. In: Canadian studies of parks, recreation and foreign lands. Ed. by J. Marsh. Peterborough, Department of Geography, Trent University, 11: 111–132.

*Поступила в редакцию 13.06.2024;  
поступила после рецензирования 05.07.2024;  
принята к публикации 14.07.2024*

*Received June 13, 2024;  
Revised July 05, 2024;  
Accepted July 14, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.



#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Куница Марина Николаевна**, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

**Ровенская Кристина Владимировна**, магистрант кафедры географии, экологии и землеустройства, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, г. Брянск, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Marina N. Kunitsa**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia

**Kristina V. Rovenskaya**, Master student of the Department of Geography, Ecology and Land Management, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, Russia



УДК 911.3  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-318-331

## Экономико-географическое изучение индустрии больших данных в эпоху Интернета всего: перспективные направления

**Блануца В.И.**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН  
Россия, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1  
E-mail: blanutsa@list.ru

**Аннотация.** В настоящее время зарождается индустрия больших данных на платформе Интернета вещей, еще неосмысленная с позиции экономической географии. В следующем десятилетии ожидается развертывание Интернета всего. Поэтому целью нашего исследования стало определение будущих направлений экономико-географического изучения индустрии больших данных на основе сравнения ключевых параметров Интернета всего, определяющих специфику генерации данных, с эвристическим потенциалом экономической географии. Для отбора публикаций по рассматриваемой проблематике использовался авторский алгоритм семантического поиска в международных библиографических базах данных. Перспективные направления выделялись с помощью сравнительного анализа. Приведена краткая характеристика больших данных, Интернета всего и индустрии больших данных. Установлено, что в экономической географии имеются концепции и алгоритмы, позволяющие начать изучать рассматриваемую индустрию в рамках пяти направлений, которые с некоторой предварительной условностью названы «агломерационным», «информационно-освоенческим», «пространственно-диффузионным», «туманно-распределительным» и «производственно-размещенческим». Сделано предположение о дальнейшем объединении этих направлений в единое – районное – метанаправление.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, Интернет вещей, агломерация, информационное освоение, пространственная диффузия, распределенное вычисление, размещение производства

**Благодарности:** Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ регистрации темы АААА-А21-121012190018-2).

**Для цитирования:** Блануца В.И. 2024. Экономико-географическое изучение индустрии больших данных в эпоху Интернета всего: перспективные направления. Региональные геосистемы, 48(3): 318–331. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-318-331

---

## Economic-Geographical Study of the Big Data Industry in the Internet-of-Everything Era: Promising Directions

**Viktor I. Blanutsa**

Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
1 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk 664033, Russia  
E-mail: blanutsa@list.ru

**Abstract.** Currently, the big data industry is emerging on the Internet of Things platform, which has not yet been comprehended from the standpoint of economic geography. The Internet of Everything is expected to be deployed in the next decade. Therefore, the purpose of our study was to determine the future directions of the economic-geographical study of the big data industry based on a comparison of the key parameters for the Internet of Everything that determine the specifics of data generation with the heuristic potential of economic geography. The author's semantic search algorithm in international

bibliographic databases was used to select publications on the subject under consideration. Promising areas were identified with the help of comparative analysis. A brief description of big data, the Internet of Everything, and the big data industry is given. It is established that in economic geography there are concepts and algorithms that make it possible to begin studying the big data industry within the framework of five directions, which with some preliminary conditionality are called “agglomeration”, “information-development”, “spatial-diffusion”, “foggy-distribution” and “production-placement”. An assumption is made about further unification of these directions into a single – “district-level” – meta-direction.

**Keywords:** digital economy, the Internet of things, agglomeration, information development, spatial diffusion, distributed computing, production placement

**Acknowledgment:** The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Sochava Institute of Geography SB RAS (registration number of the topic AAAA-A21-121012190018-2)

**For citation:** Blanutsa V.I. 2024. Economic-Geographical Study of the Big Data Industry in the Internet-of-Everything Era: Promising Directions. *Regional geosystems*, 48(3): 318–331 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-318-331

## Введение

Революция в информационно-коммуникационных технологиях [Kitchin, 2014] привела к тому, что примерно с 2010 года [Cheng et al., 2018] предприниматели и ученые стали активно обсуждать феномен больших данных и создание компаний, специализирующихся на производстве соответствующих товаров и услуг. Одни исследователи выделяли специализированную отрасль, которую называли индустрией больших данных [García-Muñiz, Vicente, 2017; Lu, Cao, 2019; He et al., 2021; Коптева, 2023], индустрией данных [Tang, 2016], индустрией, основанной на данных [Ikegwu et al., 2022], экономикой данных [Дмитриевский, Еремин, 2023; Olaleye et al., 2023] или экономикой, основанной на данных [Cavanillas et al., 2016]. Другие исследователи предлагали рассматривать новую отрасль в неразрывной связи с более общей структурой – Индустрией 4.0 [Greco et al., 2019] и цифровой экономикой [Tan et al., 2017]. Появление больших данных привлекло внимание и географов, но это выразилось преимущественно в расширении информационной базы географических исследований. Что касается экономико-географического изучения индустрии больших данных, то здесь происходит только первичное накопление эмпирических сведений без каких-либо теоретических обобщений. При этом исследовалось развитие отрасли на основе Интернета людей (2010-е гг.) и начавшегося перехода к Интернету вещей (2020-е гг.). Прогнозируемое объединение обеих сетевых структур в Интернет всего (2030-е гг.) с позиции экономико-географического изучения индустрии больших данных в мировой науке еще не рассматривалось.

Поскольку одной из функций науки как социального института является прогнозирование возможных последствий внедрения прорывных технологий, то весьма актуально наметить сначала контуры перспективных направлений изучения индустрии больших данных, а затем начать разработку методологических основ исследования новой отрасли. Поэтому целью нашего исследования стало определение будущих направлений экономико-географического изучения индустрии больших данных на основе сравнения ключевых параметров Интернета всего, определяющих специфику генерации данных, с эвристическим потенциалом экономической географии. Разработка методологических основ каждого направления выведена за рамки данной статьи и станет предметом следующих публикаций. Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

- а) уяснить сущность больших данных;
- б) определить ключевые параметры Интернета всего;



- в) сформулировать общее представление об индустрии больших данных и ее экономико-географическом изучении;
- г) наметить контуры будущих исследовательских направлений.

### Объекты и методы исследования

Для решения первых трех задач проводился отбор необходимых публикаций из международных библиографических баз данных с помощью авторского алгоритма семантического поиска, построенного на идеях машинного обучения и экспертных систем искусственного интеллекта [Блануца, 2022]. В выявленном массиве публикаций с помощью сравнительного метода определялись преобладающие точки зрения на большие данные, индустрию больших данных, Интернет вещей, Интернет всего и экономико-географическую изученность рассматриваемой индустрии. Четвертая задача решалась путем сопоставления ключевых параметров Интернета всего, определяющих специфику генерации больших данных, с существующей методологией географического изучения информационно-коммуникационных сетей [Kellerman, 1993; Tranos, 2013; Блануца, 2016]. К ограничениям используемых материалов и методов можно отнести следующие ситуации: отбор научных публикаций только на кириллице и латинице (вне обобщения оказались работы на китайском, арабском и других языках); отсутствие экономико-географических публикаций по индустрии больших данных на платформе Интернета всего; невозможность выявления трендов изменения научных приоритетов из-за небольшого количества публикаций и короткого периода времени (5–10 лет) изучения рассматриваемой проблематики (примеры обнаружения преобладающих тенденций в смежных областях приведены в [Блануца, 2022]); использование только сравнительного анализа (для применения количественных методов необходимы структурированные данные); ограниченный набор экономико-географических методов обработки больших данных (только алгоритмы районирования [Блануца, 2018]).

### Результаты и их обсуждение

#### **Большие данные**

Деление всех данных на «малые» и «большие» довольно условно и может изменяться через некоторое время. В наиболее упрощенной трактовке «большими» будут только те данные, которые не помещаются в электронную таблицу *Microsoft Excel*, количество ячеек которой выросло в 1022 раза в версии 2019 года (17,18 млрд ячеек) по сравнению с версией 2003 года (16,8 млн). Развернутые определения больших данных строились по атрибутам, технологическим потребностям, порогам и социальному воздействию [Yaseen, Obaid, 2020]. Наиболее популярны атрибутивные определения (перечисление свойств) через количество «V» – 3Vs (*Volume, Velocity, Variety* – объем, скорость, разнообразие) [Laney, 2001], 6Vs (добавлены *Veracity, Variability, Value* – достоверность, изменчивость, ценность), 10Vs (добавлены *Validity, Vulnerability, Volatility, Visualisation* – допустимость, уязвимость, волатильность, визуализация) [Kumari et al., 2019] и другие варианты. Из всех дефиниций можно остановиться (по рекомендации [Yaseen, Obaid, 2020]) на следующей формулировке: «Большие данные – это информационный актив, характеризующийся таким большим объемом, скоростью и разнообразием, что для его преобразования в ценность требуются специальные технологии и аналитические методы» [De Mauro et al., 2016, p. 127].

Большие данные представляют поток структурированных (табличная форма), частично структурированных (иерархическая систематизация) и неструктурированных (отсутствие формата и порядка) данных в режиме реального времени. Эти данные могут быть числами, символами, текстами, изображениями, аудио- и видеозаписями. Они генерируются, например, датчиками, видеокамерами, социальными сетями, цифровыми платформами, электронными сообщениями и транзакциями. Для обработки таких данных исполь-

зуются различные алгоритмы, объединенные в аналитику больших данных [Rawat, Sood, 2021]. Поскольку значительная часть больших данных – до 80 % [Hahmann, Burghard, 2013] – относится к определенным местоположениям, то они являются геопространственными [Lee, Kang, 2015] и для их обработки может применяться аналитика геопространственных больших данных [Lee, Kang, 2015] и интеллектуальный анализ данных [Pei et al., 2019; Блануца, 2022]. Последний нацелен на идентификацию пространства потоков, выявление пространственной структуры (пространственных отношений), учет паттернов разных масштабов и обнаружение географических закономерностей [Pei et al., 2019]. Для этого производится очистка (удаление шума), интеграция, отбор и преобразование (обобщение, агрегирование) данных, извлечение ценности (собственно интеллектуальный анализ), оценка полученных результатов и их представление (визуализация) [Yaseen, Obaid, 2020].

### ***Интернет всего***

Эволюцию глобальной сети передачи данных можно представить в виде перехода от Интернета (можно назвать Интернетом людей) к Интернету вещей и далее к Интернету всего. Принято считать, что термин «Интернет вещей» предложен К. Эштоном в 1999 году [Want et al., 2015] для обозначения сети объектов (вещей) с радиочастотной идентификацией, а термин «Интернет всего» – компанией Cisco в 2012 году [Evans, 2012] для объединения всех видов Интернета. В наиболее общем виде под Интернетом вещей понимается сеть преимущественно беспроводной связи между измеряющими, контролирующими, управляющими и реагирующими устройствами со стационарным или мобильным местоположением, а также с подключением к сервисам и приложениям. Интернет вещей состоит из четырех уровней – устройств, сети, поддержки услуг и приложений, собственно приложений – со сквозными системами управления и системами обеспечения безопасности<sup>2</sup>. Для Интернета вещей имеет особое значение сетевой уровень, обеспечивающий организацию линейно-узловой структуры и транспортировку данных. Если учитывать, что развертывание сети беспроводной связи происходит в соответствии с «правилом десятилетнего цикла» [Lu, Zheng, 2020], то можно выделить три этапа развития – на основе сетей 4G (четвертое поколение; 2010-е гг.), 5G (2020-е гг.) и 6G (2030-е гг.).

Условия для интеграции всех сетей будут созданы только на третьем этапе, что позволит развернуть Интернет всего как линейно-узловую структуру соединений между вещами, процессами, данными и людьми в режиме реального времени с дополнительными сервисами и приложениями [Di Martino, 2018; Dey et al., 2019]. Для него будут характерны следующие свойства: повсеместность (охват всей территории и акватории), трехмерность (интеграция наземных устройств с воздушными, космическими, надводными и подводными устройствами), распределенность (географическое рассредоточение вычисления и хранения данных), сверхплотность (поддержка более  $10^7$  устройства в проекции на 1 кв. км), мобильность (соединение с устройствами, двигающимися на скорости более 1000 км/ч), интеллектуальность (искусственный интеллект будет встроен в сеть), тактильность (дистанционная передача ощущений между людьми и машинами) и самоорганизуемость (конфигурация сети будет определяться решаемой задачей).

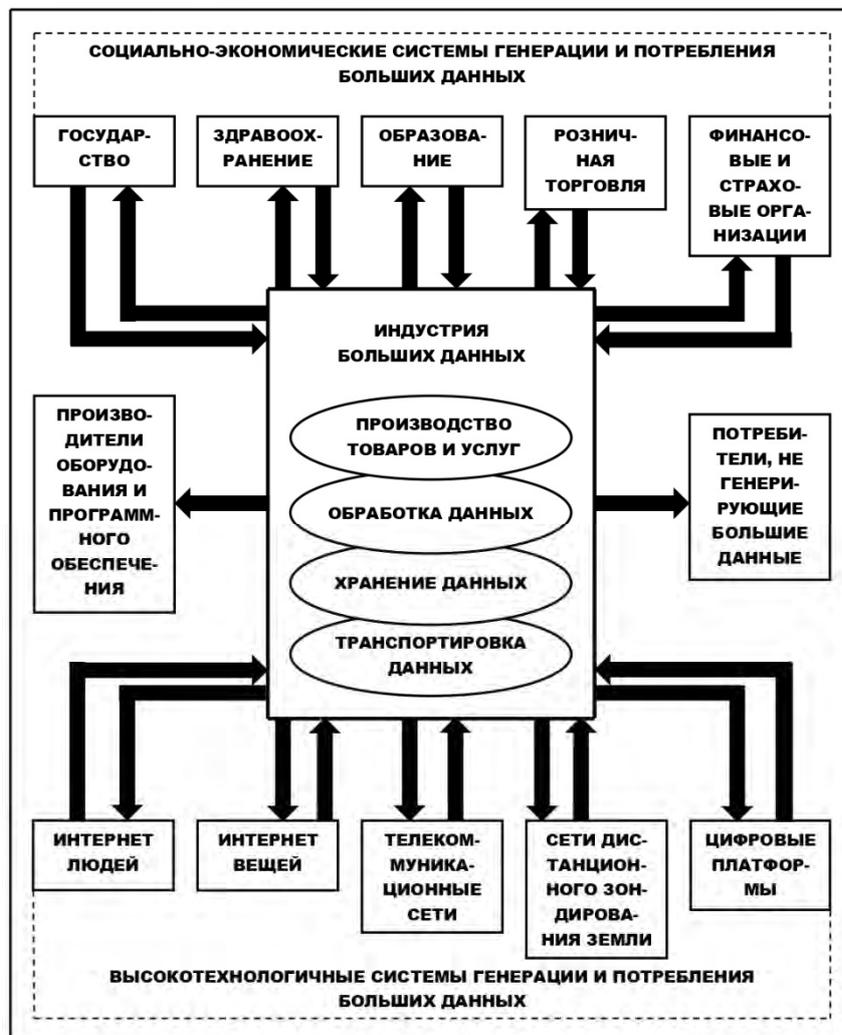
### ***Индустрия больших данных***

Базы данных о клиентах крупных компаний по тем или иным нелегальным каналам попадали на рынок в разные времена. Однако только в 2010-е гг. крупнейшие компании-операторы цифровых платформ стали продавать большие объемы данных о «цифровом следе» своих клиентов [Блануца, 2022]. К этому добавились данные операторов мобильной связи, социальных сетей, датчиков Интернета вещей и других источников. Поступление этих разнообразных данных на рынок и спрос на них привели к тому, что большие данные стали товаром. С экономико-географических позиций этот феномен изучил Л.Ф. Алварез Леон

<sup>2</sup> Recommendation ITU-T T.181203: An Architecture for IoT Interoperability. 2018. Geneva, ITU-T, 25 p.

[Alvarez León, 2018], предложивший считать цифровую географическую информацию новым видом товара для расширяющейся цифровой экономики. Между производителями и потребителями данных появились посредники, включая автоматизированные системы (например, «ГеоБрокер» [Hasenburg, Vermbach, 2020]). Стали создаваться компании, превращающие неструктурированные большие данные в товар (структурированные данные), разрабатывающие специальные приложения для работы с потоками данных и предлагающие соответствующие информационные услуги [García-Muñiz, Vicente, 2017; Cheng et al., 2018; Lu, Cao, 2019; He et al., 2021; Ikegwu et al., 2022; Olaleye et al., 2023]. Так начала формироваться новая отрасль, точная структура которой еще не совсем понятна.

В настоящее время целесообразно говорить не об устоявшейся индустрии, а о становлении нечеткой (из-за отсутствия представления о полном списке производимых товаров и услуг, участвующих экономических агентах и возможных транзакциях) экосистемы с основными элементами и потоками (см. рисунок). В качестве ядра экосистемы выступает рассматриваемая индустрия, элементы которой некоторое время (до институционализации отрасли) находятся в других системах. Например, транспортировка данных сейчас осуществляется через операторов связи, а обработка данных может проводиться в Интернете вещей. Однако при переходе к Интернету всего различные сети объединятся в единую линейно-узловую структуру, задающую порядок взаимодействия экономических агентов в индустрии больших данных.



Основные элементы и потоки данных (стрелки)  
 в экосистеме индустрии больших данных

Main elements and data flows (arrows) in the big data industry ecosystem

Существующий опыт географического изучения рассматриваемой индустрии довольно фрагментарен, что можно объяснить стадией становления отрасли и первыми попытками ее экономико-географического анализа. Большинство экономико-географических публикаций связано с анализом Индустрии 4.0 [Greco et al., 2019], Интернета вещей [Russo et al., 2022] и «умных городов» [Блануца, 2022], в которых индустрия больших данных рассматривалась наряду с другими отраслями. К настоящему времени наиболее полный анализ связан с выявлением промышленных агломераций китайских городов на основе пространственной автокорреляции предприятий индустрии больших данных [Lu, Cao, 2019]. Если отсутствие публикаций по транспортировке данных можно объяснить отнесением этой деятельности к телекоммуникационному сектору без специального выделения больших данных, то недостаток экономико-географических исследований размещения и функционирования компаний по хранению и обработке данных указывает на очень слабую изученность отрасли. Вместе с тем существует потребность в решении проблем развертывания туманных вычислений с учетом географических условий [Lima, Miranda, 2022], региональных вычислений [Badshah et al., 2022] и оптимального размещения центров хранения и обработки данных [Kheybari et al., 2020].

### ***Перспективные направления исследований***

В связи со слабой экономико-географической изученностью индустрии больших данных в настоящее время не представляется возможным выделить формирующиеся направления. Поэтому можно только констатировать зарождение агломерационного направления [Lu, Cao, 2019] на первом этапе и отсутствие каких-либо представлений о возможных направлениях на втором (2020-е гг.) и третьем (2030-е гг.) этапах перехода к Интернету всего. Чтобы наметить контуры будущих направлений была предпринята попытка сравнить ключевые параметры Интернета всего с существующим методологическим потенциалом экономической географии в области изучения информационно-коммуникационных сетей. Такое сопоставление позволило идентифицировать пять направлений, которые с некоторой предварительной условностью названы «агломерационным», «информационно-освоенческим», «пространственно-диффузионным», «туманно-распределительным» и «производственно-размещенческим». Первые три направления можно считать фиксирующими (констатация сложившейся ситуации), а два последних – оптимизационными (поиск эффективного решения по локализации предприятий рассматриваемой индустрии). Возможно, в следующем десятилетии, когда начнется развертывание Интернета всего, появятся эмпирические данные, позволяющие по-новому проанализировать становление индустрии и сформировать другие направления.

*Агломерационное направление.* Повышенная концентрация экономических агентов на ограниченной территории приводит к образованию агломераций. В классической (не цифровой) хозяйственной деятельности данный процесс был доминирующим и детально изучался в рамках агломерационной экономики [Porter, 1996; Puga, 2009]. Развитие цифровой экономики несколько ослабило действие агломерационного эффекта (получение преимуществ при размещении в агломерации), но при цифровых взаимодействиях экономические агенты во многих случаях располагаются в городских агломерациях [Li et al., 2022; Jiang et al., 2023], даже если они свободны в выборе местоположения как фрилансеры [He et al., 2023]. При переходе к Интернету вещей и особой значимости сверхмалых задержек в передаче данных (2020-е гг.) появятся цифровые городские агломерации [Блануца, 2019]. На третьем этапе основные методологические проблемы возникнут при идентификации трехмерных агломераций, когда будет недостаточно опыта изучения экономики «вертикального города» [Liu et al., 2018] и потребуются анализ взаимодействия наземных сетей с беспилотными летательными аппаратами, низкоорбитальными спутниками и подводными дронами, генерирующими большие данные. Экономико-географическое изучение агломерационного процесса (силы концентрации, сжатия) в эпо-



ху Интернета всего должно сопровождаться анализом дисперсионного процесса (силы рассеивания, равномерного распределения предприятий рассматриваемой индустрии), так как нельзя исключать альтернативу агломерационной экономики в виде «рассредоточенной экономики» [Akamatsu et al., 2017].

*Информационно-освоенческое направление.* Опираясь на экономико-географическую концепцию хозяйственного освоения территории [Космачев, 1974] и методы инфокоммуникационно-сетевой освоенности [Блануца, 2016], можно проводить оценку информационной освоенности пространства, под которой понимается насыщенность трехмерного пространства большими данными, хранящимися на конечных запоминающих устройствах Интернета всего, туманных и облачных серверах. Это направление весьма важно для понимания концентрации мест хранения данных, чтобы планировать размещение компаний, специализирующихся на обработке неструктурированных данных с относительно ограниченным ареалом востребованности. Для снижения затрат энергии на транспортировку данных и загруженности магистральных линий связи, повышения конфиденциальности и безопасности данных целесообразно передавать в удаленные дата-центры только сведения, не требующие анализа на месте в режиме реального времени или не пользующиеся спросом в конкретной географической местности при соблюдении этого режима [Lima, Miranda, 2022]. Единицей измерения информационной освоенности может стать плотность данных (Гбайт/км<sup>2</sup>), сохраняемых в некоторый период времени. Для 3D-визуализации и картографирования информационной освоенности потребуются разработать специальные алгоритмы [Silva, Holanda, 2022]. Возможно, при экономико-географическом исследовании на микроуровне (например, в пределах города) необходимо будет создать интерактивную анимационную карту с функцией агрегирования данных по времени для постоянного информационного потока от Интернета всего.

*Пространственно-диффузионное направление.* Опубликованные исследования по диффузии больших данных [Micheni, 2015; Khurshid et al., 2019] не связаны с пространственно-временными особенностями создания новых компаний в соответствующей индустрии. Поэтому предстоит на основе экономико-географической концепции пространственной диффузии инноваций [Hagerstrand, 1967] и диффузионных моделей – контактиозной, иерархической, сетевой [Блануца, 2019] и, возможно, других, непосредственно связанных с распространением компаний хранения и обработки больших объемов данных – сформировать новое направление. Оно должно быть нацелено не только на выявление географических закономерностей распространения таких компаний, но и на многофакторный причинно-следственный анализ диффузионного процесса. Последнее особенно важно для понимания того, почему в одних местах создается много компаний, а в других – ни одной. При этом предстоит проанализировать не только весь спектр социально-экономических факторов, но и специфические организационные (шире – институциональные) факторы. Например, правительство Китая назначило ряд территорий быть «национальной пилотной зоной больших данных» [Xu et al., 2023], для чего региональные органы управления создают дополнительные условия для привлечения компаний индустрии больших данных (к примеру, в Автономном районе Внутренняя Монголия, где формируется высокотехнологичная зона по обслуживанию экономического коридора «Китай – Монголия – Россия» [Lv, Liu, 2022]).

*Туманно-распределительное направление.* Вне географических наук формируется новое направление – географически-распределенные туманные и облачные вычисления для аналитики больших данных [Yu et al., 2018; Lima, Miranda, 2022]. Здесь основная проблема – оптимальное распределение решаемой задачи по узлам системы «облако – туман – устройства Интернета всего». Наибольшие сложности возникают со слоем туманных серверов, количество которых многократно превышает число облачных дата-центров. Устранить проблему можно с помощью алгоритмов перераспределения частей решаемой задачи на ближайшие узлы [Karagiannis, Schulte, 2021]. Однако при переходе от аналитики

к цепочкам создания ценности и построения индустрии по одновременной обработке огромного множества разнообразных массивов больших данных для пространственно-распределенных пользователей [Cavanillas et al., 2016] возникает экономико-географическая проблема выбора оптимальной линейно-узловой структуры [Блануца, 2016] туманных серверов. К сожалению, в публикациях по «облачной географии» вместо оптимизационных моделей акцент сделан на геополитических вопросах размещения дата-центров [Amoore, 2018; Atkins, 2021]. Поэтому целью данного направления является разработка новых оптимизационных экономико-географических моделей, позволяющих перейти от географически-распределенных вычислений к географически-обоснованному распределению вычислений в пределах определенного района. Возможно, для этого потребуется трансформировать алгоритмы социально-экономического районирования на основе больших данных [Блануца, 2018].

*Производственно-размещенческое направление.* Анализ факторов размещения производства и выбор на этой основе оптимального местоположения для создания нового предприятия (компании) – классическая задача экономической географии. Для индустрии больших данных на платформе Интернета всего предстоит проанализировать традиционные факторы (сырьевой, транспортный, потребительский и др.) и новые обстоятельства, связанные с цифровой экономикой. При анализе новых факторов, наверное, потребуется учитывать наилучший доступ (близость) к талантам, знаниям и клиентам [Florida, Adler, 2022], «региональную инновационную атмосферу» [Corradini et al., 2022], наличие специалистов по обработке данных и огромных программных возможностей для обмена и обработки больших объемов данных [Baslé, 2021]. Результатом развития данного направления должна стать многокритериальная оптимизационная экономико-географическая модель выбора местоположения для нового предприятия или релокации (смены местоположения) существующего предприятия индустрии больших данных. Не исключено, что для обобщения действия всех факторов и получения некоторой интегральной оценки каждого города необходимо будет разработать специальный вид экономико-географического положения, опирающийся на методологию измерения инфокоммуникационно-географического положения [Блануца, 2019].

### Заключение

На основе проведенного исследования, нацеленного на идентификацию возможных направлений экономико-географического изучения индустрии больших данных на платформе Интернета всего, можно обозначить следующие перспективы:

1) при отсутствии эмпирических данных, которые появятся примерно после 2030 года при разворачивании Интернета всего, подготовку к будущим исследованиям целесообразно начать с определения основных направлений, опирающихся на существующую методологию экономической географии;

2) предварительная апробация новых направлений может быть проведена в нынешнем десятилетии на примере зарождающейся индустрии больших данных на платформе Интернета вещей;

3) пять выявленных направлений не исчерпывают все многообразие экономико-географических проявлений рассматриваемой индустрии, а лишь обозначают стартовую позицию с имеющимися концепциями и алгоритмами;

4) процессы агломерирования, освоения, диффузии, распределения и размещения имеют много общего с географической точки зрения, что позволяет предположить следующее (после детальной проработки) объединение пяти направлений в единое – районное (по названию отечественной школы экономической географии) – метанаправление.



## Список литературы

- Блануца В.И. 2016. Развертывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты). Москва, ИНФРА-М, 246 с.
- Блануца В.И. 2018. Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. Москва, ИНФРА-М, 194 с.
- Блануца В.И. 2019. Информационно-сетевая география. Москва, ИНФРА-М, 243 с. [https://doi.org/10.12737/monography\\_5cff8bcec8c6d5.00839612](https://doi.org/10.12737/monography_5cff8bcec8c6d5.00839612)
- Блануца В.И. 2022. Общественная география: цифровые приоритеты XXI века. Москва, ИНФРА-М, 252 с.
- Дмитриевский А., Еремин Н. 2023. Нефтегазовая экономика больших высокочастотных данных. Информационные ресурсы России, 6(195): 4–25. [https://doi.org/10.52815/0204-3653\\_2023\\_6195\\_4](https://doi.org/10.52815/0204-3653_2023_6195_4)
- Коптева Н.П. 2023. Индустрия больших данных: государственная политика Китая в области регулирования больших данных. Право и государство: теория и практика, 11(227): 226–231. [https://doi.org/10.47643/1815-1337\\_2023\\_11\\_226](https://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_11_226)
- Космачев К.П. 1974. Пионерное освоение тайги (экономико-географические проблемы). Новосибирск, Наука, 144 с.
- Akamatsu T., Mori T., Osawa M., Takayama Y. 2017. Spatial Scale of Agglomeration and Dispersion: Theoretical Foundation and Empirical Implications. Tokyo, The Research Institute of Economy, Trade and Industry, 92 p.
- Alvarez León L.F. 2018. Information Policy and the Spatial Constitution of Digital Geographic Information Markets. Economic Geography, 94(3): 217–237. <https://doi.org/10.1080/00130095.2017.1388161>
- Amoore L. 2018. Cloud Geographies: Computing, Data, Sovereignty. Progress in Human Geography, 42(1): 4–24. <https://doi.org/10.1177/0309132516662147>
- Atkins E. 2021. Tracing the “Cloud”: Emergent Political Geographies of Global Data Centers. Political Geography, 86: 102306. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2020.102306>
- Badshah A., Iwendi C., Jalal A., Ul Hasan S.S., Said G., Band S.S., Chang A. 2022. Use of Regional Computing to Minimize the Social Big Data Effects. Computers and Industrial Engineering, 171: 108433. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108433>
- Baslé M. 2021. “Smarter Cities” Attractive Testing New Criteria or Facets: “Data Scientists” and “Data Platforms”. Journal of Knowledge Economics, 12: 268–278. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0398-0>
- Cavanillas J.M., Curry E., Wahlster W. 2016. New Horizons for a Data-Driven Economy: A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe. Cham, Springer, 313 p.
- Cheng C., Shi P., Song C., Gao J. 2018. Geographic Big-Data: A New Opportunity for Geography Complexity Study. Acta Geographica Sinica, 73(8): 1397–1406. <https://doi.org/10.11821/dlxb201808001>
- Corradini C., Folmer E., Rebmann A. 2022. Listening to the Buzz: Exploring the Link Between Firm Creation and Regional Innovative Atmosphere as Reflected by Social Media. Environmental and Planning A: Economy and Space, 54(2): 347–369. <https://doi.org/10.1177/0308518X211056653>
- De Mauro A., Greco M., Grimaldi M. 2016. A Formal Definition of Big Data Based on Its Essential Features. Library Review, 65(3): 122–135. <https://doi.org/10.1108/LR-06-2015-0061>
- Dey N., Shinde G., Mahalle P., Olesen H. 2019. The Internet of Everything: Advances, Challenges and Applications. Berlin, Boston, Walter de Gruyter, 184 p.
- Di Martino B., Li K.-C., Yang L.T., Esposito A. 2018. Internet of Everything: Algorithms, Methodologies, Technologies and Perspectives. Singapore, Springer, 236 p.
- Evans D. 2012. The Internet of Everything: How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World. San Jose, Cisco, 9 p.
- Florida R., Adler P. 2022. Locational Strategy: Understanding Location in Economic Geography and Corporate Strategy. Global Strategy Journal, 12(3): 472–487. <https://doi.org/10.1002/gsj.1456>
- García-Muñoz A.S., Vicente M.R. 2017. Assessing the Economic Potential of Big Data Industry. In: Catalyzing Development through ICT Adoption. Cham, Springer: 255–271.

- Greco L., Maresca P., Caja J. 2019. Big Data and Advanced Analytics in Industry 4.0: A Comparative Analysis Across the European Union. *Procedia Manufacturing*, 41: 383–390. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.023>
- Hagerstrand T. 1967. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago, The University of Chicago Press, 350 p.
- Hahmann S., Burghard D. 2013. How Much Information is Geospatially Referenced? Networks and Cognition. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(6): 1171–1189. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.743664>
- Hasenburg J., Bermbach D. 2020. GeoBroker: Leveraging Geo-Contexts for IoT Data Distribution. *Computer Communications*, 151: 473–484. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.01.015>
- He J., Wang C., Chen H. 2021. New Engine to Promote Big Data Industry Upgrade. In: *Intelligent Computing. Proceedings of the 2021 Computing Conference Cham*, Springer, 2: 232–248.
- He J., Peng J., Zeng G. 2023. The Spatiality of the Creative Digital Economy: Local Amenities to the Spatial Agglomeration of Creative E-Freelancers in China. *Journal of the Knowledge Economy*, 14: 10886. <https://doi.org/10.1007/s12132-022-01088-6>
- Ikegwu A.C., Nweke H.F., Anikwe C.V., Alo U.R., Okonkwo O.R. 2022. Big Data Analytics for Data-Driven Industry: A Review of Data Sources Tools, Challenges, Solution and Research. *Cluster Computing*, 25: 3343–3387. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03568-5>
- Jiang X., Wang X., Ren J. 2023. Digital Economy, Agglomeration, and Entrepreneurship in Chinese Cities. *Managerial and Decision Economics*, 44(1): 359–370. <https://doi.org/10.1002/mde.3686>
- Karagiannis V., Schulte S. 2021. Distributed Algorithms Based on Proximity for Self-Organizing fog Computing Systems. *Pervasive and Mobile Computing*, 71: 101316. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101316>
- Kellerman A. 1993. *Telecommunications and Geography*. London, Belhaven Press, 230 p.
- Kheybari S., Monfared M.D., Farazmand H., Rezaei J. 2020. Sustainable Location Selection of Data Centers: Developing a Multi-Criteria Set-Covering Decision-Making Methodology. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 19(3): 741–773. <https://doi.org/10.1142/S0219622020500157>
- Khurshid M.M., Zakaria N.H., Rashid A., Kazmi R., Shafique M.N., Ahmad M.N. 2019. Analyzing Diffusion Patterns of Big Open Data as Policy Innovation in Public Sector. *Computers and Electrical Engineering*, 78: 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.07.010>
- Kitchin R. 2014. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. Los Angeles, SAGE Publ., 222 p.
- Kumari A., Tanwar S., Tyagi S., Kumar N. 2019. Verification and Validation Techniques for Streaming Big Data Analytics in Internet of Things Environment. *IET Networks*, 8(3): 155–163. <https://doi.org/10.1049/iet-net.2018.5187>
- Laney D. 2001. *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety*. Stamford, META Group, 3 p.
- Lee J.-G., Kang M. 2015. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. *Big Data Research*, 2(2): 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.003>
- Li P., Fu H., Li Y. 2022. Core Industry Agglomeration of Digital Economy and Green Total Factor Productivity: Evidence from China. *E&M Economics and Management*, 25(4): 40–57. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2022-4-003>
- Lima D., Miranda H. 2022. A Geographical-Aware State Deployment Service for Fog Computing. *Computer Networks*, 216: 109208. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109208>
- Liu C.H., Rosenthal S.S., Strange W.C. 2018. The Vertical City: Rent Gradients, Spatial Structure, and Agglomeration Economies. *Journal of Urban Economics*, 106(4): 101–122. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.04.001>
- Lu Y., Cao K. 2019. Spatial Analysis of Big Data Industrial Agglomeration and Development in China. *Sustainability*, 11(6): 1783. <https://doi.org/10.3390/su11061783>
- Lu Y., Zheng X. 2020. 6G: A Survey on Technologies, Scenarios, Challenges, and the Related Issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 19: 100158. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100158>
- Lv X., Liu C. 2022. Inner Mongolia Big Data Industry's Development Status and Its Active Promotion to the Construction of China – Mongolia – Russia Economic Corridor. In: *Advances in Intelligent*



- Data Analysis and Applications: Smart Innovation, Systems and Technologies. Singapore, Springer: 55–64.
- Micheni E.M. 2015. Diffusion of Big Data and Analytics in Developing Countries. *The International Journal of Engineering and Science*, 4(8): 44–50.
- Olaleye S.A., Mogaji E., Agbo F.J., Ukpabi D., Adusei G. 2023. The Composition of Data Economy: A Bibliometric Approach and TCCM Framework of Conceptual, Intellectual and Social Structure. *Information Discovery and Delivery*, 51(2): 223–240. <https://doi.org/10.1108/IDD-02-2022-0014>
- Pei T., Liu Y., Guo S., Shu H., Du Y., Ma T., Zhou C. 2019. Principle of Big Geodata Mining. *Acta Geographica Sinica*, 74(3): 586–598. <https://doi.org/10.11821/dlxb201903014>
- Porter M.E. 1996. Competitive Advantage, Agglomeration Economies, and Regional Policy. *International Regional Science Review*, 19(1–2): 85–94.
- Puga D. 2009. The Magnitude and Causes of Agglomeration Economies. *Journal of Regional Science*, 50(1): 203–219.
- Rawat K.S., Sood S.K. 2021. Emerging Trends and Global Scope of Big Data Analytics: A Scientometric Analysis. *Quality and Quantity: International Journal of Methodology*, 55(4): 1371–1396. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01061-y>
- Russo M., Caloffi A., Colovic A., Pavone P., Romeo S., Rossi F. 2022. Mapping Regional Strengths in a Key Enabling Technology: The Distribution of Internet of Things competences across European regions. *Papers in Regional Science*, 101(4): 875–900. <https://doi.org/10.1111/pirs.12679>
- Silva D.S., Holanda M. 2022. Applications of Geospatial Big Data in the Internet of Things. *Transactions in GIS*, 26 (1): 41–71. <https://doi.org/10.1111/tgis.12846>
- Tan K.H., Ji G., Lim C.P., Tseng M.-L. 2017. Using Big Data to Make Better Decisions in the Digital Economy. *International Journal of Production Research*, 55(17): 4998–5000. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1331051>
- Tang C. 2016. *The Data Industry: The Business and Economics of Information and Big Data*. Hoboken, John Wiley & Sons, 216 p.
- Tranos E. 2013. *The Geography of the Internet: Cities, Regions and the Internet Infrastructure in Europe*. Berlin, Edward Elgar Publ., 252 p.
- Want R., Schilit B.N., Jenson S. 2015. Enabling the Internet of Things. *Computer*, 48(1): 28–35. <https://doi.org/10.1109/MC.2015.12>
- Xu J., Li A., Chung C.K.L., Yue Y. 2023. Mapping the Unmapped: Investigating Big Data Companies Via Online Sources. *The Professional Geographer*, 75: 2169175. <https://doi.org/10.1080/00330124.2023.2169175>
- Yaseen H.K., Obaid A.M. 2020. Big Data: Definition, Architecture and Applications. *International Journal on Informatics Visualization*, 4(1): 45–51. <https://doi.org/10.30630/joiv.4.1.292>
- Yu R., Ding J., Maharjan S., Gjessing S., Zhang Y., Tsang D.H.K. 2018. Decentralized and Optimal Resource Cooperation in Geo-Distributed Mobile Cloud Computing. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 6(1): 72–84. <https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2479093>

## References

- Blanutsa V.I. 2016. Razvertyvanie informacionno-kommunikacionnoj seti kak geograficheskij process (na primere stanovleniya setevoj struktury sibirskoj pochty). [The Deployment of an Information and Communication Network as a Geographical Process (Using the Example of the Formation of the Network Structure of the Siberian Post)]. Moscow, Publ. INFRA-M, 246 p.
- Blanutsa V.I. 2018. Socio-Economic Regionalization in the Age of Big Data. Moscow, Publ. INFRA-M, 194 p. (in Russian).
- Blanutsa V.I. 2019. Information Network Geography. Moscow, Publ. INFRA-M, 243 p. (in Russian). [https://doi.org/10.12737/monography\\_5cff8bcec8c6d5.00839612](https://doi.org/10.12737/monography_5cff8bcec8c6d5.00839612)
- Blanutsa V.I. 2022. Obshchestvennaya geografiya: cifrovye priority XXI veka [Human Geography: Digital Priorities of the 21st Century]. Moscow, Publ. INFRA-M, 252 p.
- Dmitrievsky A., Eremin N. 2023. Oil and Gas Economics of Big High-Frequency Data. *Information Resources of Russia*, 6(195): 4–25 (in Russian). [https://doi.org/10.52815/0204-3653\\_2023\\_6195\\_4](https://doi.org/10.52815/0204-3653_2023_6195_4)
- Kopteva N.P. 2023. Big Data Industry: China's Government Policy on Big Data Regulation. *Law and the State: Theory and Practice*, 11(227): 226–231 (in Russian). [https://doi.org/10.47643/1815-1337\\_2023\\_11\\_226](https://doi.org/10.47643/1815-1337_2023_11_226)



- Kosmachev K.P. 1974. Pionernoe osvoenie tajgi (ekonomiko-geograficheskie problemy). [Pioneer Development of the Taiga (Economic and Geographical Problems)]. Novosibirsk, Publ. Nauka, 144 p.
- Akamatsu T., Mori T., Osawa M., Takayama Y. 2017. Spatial Scale of Agglomeration and Dispersion: Theoretical Foundation and Empirical Implications. Tokyo, The Research Institute of Economy, Trade and Industry, 92 p.
- Alvarez León L.F. 2018. Information Policy and the Spatial Constitution of Digital Geographic Information Markets. *Economic Geography*, 94(3): 217–237. <https://doi.org/10.1080/00130095.2017.1388161>
- Amoore L. 2018. Cloud Geographies: Computing, Data, Sovereignty. *Progress in Human Geography*, 42(1): 4–24. <https://doi.org/10.1177/0309132516662147>
- Atkins E. 2021. Tracing the “Cloud”: Emergent Political Geographies of Global Data Centers. *Political Geography*, 86: 102306. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2020.102306>
- Badshah A., Iwendi C., Jalal A., Ul Hasan S.S., Said G., Band S.S., Chang A. 2022. Use of Regional Computing to Minimize the Social Big Data Effects. *Computers and Industrial Engineering*, 171: 108433. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108433>
- Baslé M. 2021. “Smarter Cities” Attractive Testing New Criteria or Facets: “Data Scientists” and “Data Platforms”. *Journal of Knowledge Economics*, 12: 268–278. <https://doi.org/10.1007/s13132-016-0398-0>
- Cavanillas J.M., Curry E., Wahlster W. 2016. *New Horizons for a Data-Driven Economy: A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*. Cham, Springer, 313 p.
- Cheng C., Shi P., Song C., Gao J. 2018. Geographic Big-Data: A New Opportunity for Geography Complexity Study. *Acta Geographica Sinica*, 73(8): 1397–1406. <https://doi.org/10.11821/dlxb201808001>
- Corradini C., Folmer E., Rebmann A. 2022. Listening to the Buzz: Exploring the Link Between Firm Creation and Regional Innovative Atmosphere as Reflected by Social Media. *Environmental and Planning A: Economy and Space*, 54(2): 347–369. <https://doi.org/10.1177/0308518X211056653>
- De Mauro A., Greco M., Grimaldi M. 2016. A Formal Definition of Big Data Based on Its Essential Features. *Library Review*, 65(3): 122–135. <https://doi.org/10.1108/LR-06-2015-0061>
- Dey N., Shinde G., Mahalle P., Olesen H. 2019. *The Internet of Everything: Advances, Challenges and Applications*. Berlin, Boston, Walter de Gruyter, 184 p.
- Di Martino B., Li K.-C., Yang L.T., Esposito A. 2018. *Internet of Everything: Algorithms, Methodologies, Technologies and Perspectives*. Singapore, Springer, 236 p.
- Evans D. 2012. *The Internet of Everything: How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World*. San Jose, Cisco, 9 p.
- Florida R., Adler P. 2022. Locational Strategy: Understanding Location in Economic Geography and Corporate Strategy. *Global Strategy Journal*, 12(3): 472–487. <https://doi.org/10.1002/gsj.1456>
- García-Muñiz A.S., Vicente M.R. 2017. Assessing the Economic Potential of Big Data Industry. In: *Catalyzing Development through ICT Adoption*. Cham, Springer: 255–271.
- Greco L., Maresca P., Caja J. 2019. Big Data and Advanced Analytics in Industry 4.0: A Comparative Analysis Across the European Union. *Procedia Manufacturing*, 41: 383–390. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.023>
- Hagerstrand T. 1967. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago, The University of Chicago Press, 350 p.
- Hahmann S., Burghard D. 2013. How Much Information is Geospatially Referenced? Networks and Cognition. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(6): 1171–1189. <https://doi.org/10.1080/13658816.2012.743664>
- Hasenburg J., Bermbach D. 2020. GeoBroker: Leveraging Geo-Contexts for IoT Data Distribution. *Computer Communications*, 151: 473–484. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.01.015>
- He J., Wang C., Chen H. 2021. New Engine to Promote Big Data Industry Upgrade. In: *Intelligent Computing. Proceedings of the 2021 Computing Conference Cham, Springer*, 2: 232–248.
- He J., Peng J., Zeng G. 2023. The Spatiality of the Creative Digital Economy: Local Amenities to the Spatial Agglomeration of Creative E-Freelancers in China. *Journal of the Knowledge Economy*, 14: 10886. <https://doi.org/10.1007/s12132-022-01088-6>



- Ikegwu A.C., Nweke H.F., Anikwe C.V., Alo U.R., Okonkwo O.R. 2022. Big Data Analytics for Data-Driven Industry: A Review of Data Sources Tools, Challenges, Solution and Research. *Cluster Computing*, 25: 3343–3387. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03568-5>
- Jiang X., Wang X., Ren J. 2023. Digital Economy, Agglomeration, and Entrepreneurship in Chinese Cities. *Managerial and Decision Economics*, 44(1): 359–370. <https://doi.org/10.1002/mde.3686>
- Karagiannis V., Schulte S. 2021. Distributed Algorithms Based on Proximity for Self-Organizing fog Computing Systems. *Pervasive and Mobile Computing*, 71: 101316. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101316>
- Kellerman A. 1993. *Telecommunications and Geography*. London, Belhaven Press, 230 p.
- Kheybari S., Monfared M.D., Farazmand H., Rezaei J. 2020. Sustainable Location Selection of Data Centers: Developing a Multi-Criteria Set-Covering Decision-Making Methodology. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 19(3): 741–773. <https://doi.org/10.1142/S0219622020500157>
- Khurshid M.M., Zakaria N.H., Rashid A., Kazmi R., Shafique M.N., Ahmad M.N. 2019. Analyzing Diffusion Patterns of Big Open Data as Policy Innovation in Public Sector. *Computers and Electrical Engineering*, 78: 148–161. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.07.010>
- Kitchin R. 2014. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. Los Angeles, SAGE Publ., 222 p.
- Kumari A., Tanwar S., Tyagi S., Kumar N. 2019. Verification and Validation Techniques for Streaming Big Data Analytics in Internet of Things Environment. *IET Networks*, 8(3): 155–163. <https://doi.org/10.1049/iet-net.2018.5187>
- Laney D. 2001. *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety*. Stamford, META Group, 3 p.
- Lee J.-G., Kang M. 2015. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. *Big Data Research*, 2(2): 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2015.01.003>
- Li P., Fu H., Li Y. 2022. Core Industry Agglomeration of Digital Economy and Green Total Factor Productivity: Evidence from China. *E&M Economics and Management*, 25(4): 40–57. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2022-4-003>
- Lima D., Miranda H. 2022. A Geographical-Aware State Deployment Service for Fog Computing. *Computer Networks*, 216: 109208. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109208>
- Liu C.H., Rosenthal S.S., Strange W.C. 2018. The Vertical City: Rent Gradients, Spatial Structure, and Agglomeration Economies. *Journal of Urban Economics*, 106(4): 101–122. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2018.04.001>
- Lu Y., Cao K. 2019. Spatial Analysis of Big Data Industrial Agglomeration and Development in China. *Sustainability*, 11(6): 1783. <https://doi.org/10.3390/su11061783>
- Lu Y., Zheng X. 2020. 6G: A Survey on Technologies, Scenarios, Challenges, and the Related Issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 19: 100158. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100158>
- Lv X., Liu C. 2022. Inner Mongolia Big Data Industry's Development Status and Its Active Promotion to the Construction of China – Mongolia – Russia Economic Corridor. In: *Advances in Intelligent Data Analysis and Applications: Smart Innovation, Systems and Technologies*. Singapore, Springer: 55–64.
- Micheni E.M. 2015. Diffusion of Big Data and Analytics in Developing Countries. *The International Journal of Engineering and Science*, 4(8): 44–50.
- Olaleye S.A., Mogaji E., Agbo F.J., Ukpabi D., Adusei G. 2023. The Composition of Data Economy: A Bibliometric Approach and TCCM Framework of Conceptual, Intellectual and Social Structure. *Information Discovery and Delivery*, 51 (2): 223–240. <https://doi.org/10.1108/IDD-02-2022-0014>
- Pei T., Liu Y., Guo S., Shu H., Du Y., Ma T., Zhou C. 2019. Principle of Big Geodata Mining. *Acta Geographica Sinica*, 74(3): 586–598. <https://doi.org/10.11821/dlxb201903014>
- Porter M.E. 1996. Competitive Advantage, Agglomeration Economies, and Regional Policy. *International Regional Science Review*, 19(1–2): 85–94.
- Puga D. 2009. The Magnitude and Causes of Agglomeration Economies. *Journal of Regional Science*, 50(1): 203–219.
- Rawat K.S., Sood S.K. 2021. Emerging Trends and Global Scope of Big Data Analytics: A Scientometric Analysis. *Quality and Quantity: International Journal of Methodology*, 55(4): 1371–1396. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01061-y>



- Russo M., Caloffi A., Colovic A., Pavone P., Romeo S., Rossi F. 2022. Mapping Regional Strengths in a Key Enabling Technology: The Distribution of Internet of Things competences across European regions. *Papers in Regional Science*, 101(4): 875–900. <https://doi.org/10.1111/pirs.12679>
- Silva D.S., Holanda M. 2022. Applications of Geospatial Big Data in the Internet of Things. *Transactions in GIS*, 26(1): 41–71. <https://doi.org/10.1111/tgis.12846>
- Tan K.H., Ji G., Lim C.P., Tseng M.-L. 2017. Using Big Data to Make Better Decisions in the Digital Economy. *International Journal of Production Research*, 55(17): 4998–5000. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1331051>
- Tang C. 2016. *The Data Industry: The Business and Economics of Information and Big Data*. Hoboken, John Wiley & Sons, 216 p.
- Tranos E. 2013. *The Geography of the Internet: Cities, Regions and the Internet Infrastructure in Europe*. Berlin, Edward Elgar Publ., 252 p.
- Want R., Schilit B.N., Jenson S. 2015. Enabling the Internet of Things. *Computer*, 48(1): 28–35. <https://doi.org/10.1109/MC.2015.12>
- Xu J., Li A., Chung C.K.L., Yue Y. 2023. Mapping the Unmapped: Investigating Big Data Companies Via Online Sources. *The Professional Geographer*, 75: 2169175. <https://doi.org/10.1080/00330124.2023.2169175>
- Yaseen H.K., Obaid A.M. 2020. Big Data: Definition, Architecture and Applications. *International Journal on Informatics Visualization*, 4(1): 45–51. <https://doi.org/10.30630/ijov.4.1.292>
- Yu R., Ding J., Maharjan S., Gjessing S., Zhang Y., Tsang D.H.K. 2018. Decentralized and Optimal Resource Cooperation in Geo-Distributed Mobile Cloud Computing. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 6(1): 72–84. <https://doi.org/10.1109/TETC.2015.2479093>

*Поступила в редакцию 13.06.2024;  
поступила после рецензирования 30.06.2024;  
принята к публикации 14.07.2024*

*Received June 13, 2024;  
Revised June 30, 2024;  
Accepted July 14, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Блануца Виктор Иванович**, доктор географических наук, эксперт РАН по экономическим наукам, ведущий научный сотрудник, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Viktor I. Blanutsa**, Doctor of Geographical Sciences, RAS Expert in Economic Sciences, Leading Researcher, Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia



УДК 911.3:33  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-332-341

## Анализ трансграничных ареалов этнических групп Южного Дагестана и Губа-Хачмазского района Азербайджана

**Гусейнов Г.О.**

Бакинский государственный университет  
Баку, AZ1148, Азербайджан, ул. З. Халилова, 33  
E-mail: Gusein.guseinov@bsu.edu.az

**Аннотация.** Исследование анализирует трансграничные ареалы этнических групп в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе Азербайджана, акцентируя внимание на социальные, экономические и политические процессы. В работе используется методология компаративного анализа для изучения демографических изменений и их влияния на этническое разнообразие. Особое внимание уделяется этнической идентичности лезгин, чьё присутствие в трансграничных регионах играет ключевую роль в формировании социально-политической атмосферы. Исследование выявляет вызовы и возможности для развития этих регионов, подчеркивая важность мультикультурной политики в обеспечении стабильности и интеграции в условиях глобализации.

**Ключевые слова:** трансграничные ареалы, этническое разнообразие, демографические изменения, мультикультурная политика, экономическое развитие

**Для цитирования:** Гусейнов Г.О. 2024. Анализ трансграничных ареалов этнических групп Южного Дагестана и Губа-Хачмазского района Азербайджана. Региональные геосистемы, 48(3): 332–341. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-332-341

---

## Analysis of Trans-Border Areas of Ethnic Groups of Southern Dagestan and Guba-Khachmaz Regions

**Gusein O. Guseinov**

Baku State University  
33 Z. Khalilov St, Baku AZ1148, Azerbaijan  
E-mail: Gusein.guseinov@bsu.edu.az

**Abstract.** The analysis of trans-border areas of ethnic groups using the example of Southern Dagestan and the Guba-Khachmaz economic region is an in-depth study devoted to the research into the influence of ethnic composition on the social, economic and political processes in these regions. The work focuses on demographic changes that contribute to the growth of cultural diversity and affect the social structure of the society. The study highlights the importance of ethnic identity, especially that of Lezgins, in social and political discussions that arise in cross-border areas. The analysis of demographic and cultural characteristics allows us to identify key challenges and opportunities for sustainable development of the regions, as well as strategies for managing ethnic diversity. Particular attention is paid to multicultural policies and their impact on political stability and economic integration in the context of globalization and increasing population mobility. The research aims to develop recommendations for policymakers.

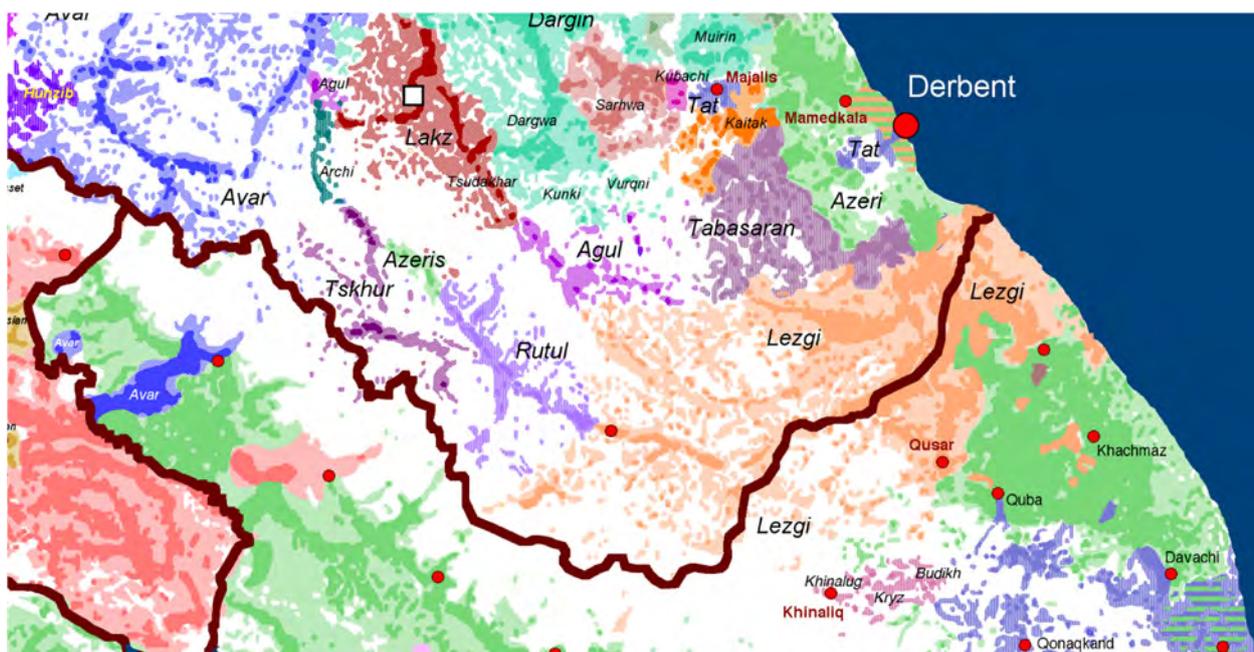
**Keywords:** transborder areas, ethnic diversity, demographic changes, multicultural policies, economic development.

**For citation:** Guseinov G.O. 2024. Analysis of Trans-Border Areas of Ethnic Groups of Southern Dagestan and Guba-Khachmaz Regions. Regional geosystems, 48(3): 332–341 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-332-341

---

## Введение

Азербайджан, расположенный на стыке Востока и Запада, играет уникальную роль в Евразийском регионе, связывая культуры, экономики и политические системы двух частей света. Эта страна обладает стратегическим географическим положением, которое исторически обуславливало её роль как транзитного коридора, через который проходят важные торговые пути, соединяющие Северную Европу с Центральной Азией и Ближним Востоком [Имрани, 2007]. Географическое положение Азербайджана предоставляет ему возможности и вызовы. С одной стороны, это даёт стране шанс выступать в роли моста между Россией и Ираном, а также другими крупными экономическими системами. С другой стороны, этот статус влечёт за собой необходимость балансировать между различными политическими интересами и давлениями, что особенно заметно в контексте внутренних этнических динамик и трансграничных взаимодействий [Абдулманапов, 2019]. Особое внимание в контексте Азербайджана заслуживают трансграничные ареалы этнических групп, расположенные вдоль его границ (см. рисунок). Южный Дагестан и Губа-Хачмазский экономический район выделяются как ключевые зоны, где вопросы этничности и национальной принадлежности находятся в центре социальных и политических дискуссий. Эти регионы обладают уникальной демографической характеристикой и историческим контекстом, оказывая влияние на дипломатические и социальные процессы в регионе [Сушков, 2018].



Карта этнических ареалов Южного Дагестана и северных регионов Азербайджана  
Map of Ethnic Areas of Southern Dagestan and Northern Regions of Azerbaijan

## Объекты и методы исследования

Южный Дагестан, с одной стороны, представляет собой мозаику различных этнических групп, среди которых значительное место занимают лезгины [Уметов, Садыралиев, 2021]. Эта группа имеет глубокие исторические корни, которые переплетаются с современными политическими и социальными вопросами. Трансграничное расселение лезгин между Россией и Азербайджаном создаёт уникальные вызовы для международного и внутреннего управления, особенно в условиях, когда границы порой служат источником напряжённости и конфликта.



Губа-Хачмазский экономический район, с другой стороны, является примером того, как экономические интересы и этническая политика могут пересекаться в способах, которые влияют на стабильность и развитие всего региона. Этот район играет важную роль в экономике Азербайджана благодаря своему географическому положению и наличию значительных природных ресурсов. Однако, как и многие приграничные зоны, он сталкивается с проблемами, связанными с управлением этническим разнообразием и миграцией [Белозеров и др., 2016].

В этом контексте понимание динамики трансграничных ареалов этнических групп помогает выявить как внутренние, так и внешние вызовы, с которыми сталкивается Азербайджан. Это знание имеет решающее значение для разработки эффективных стратегий управления и политик, которые могут способствовать мирному сосуществованию, экономическому процветанию и устойчивому развитию региона. Таким образом, изучение Южного Дагестана и Губа-Хачмазского экономического района через призму трансграничных ареалов этнических групп позволяет не только лучше понять текущее положение вещей, но и спрогнозировать возможные направления социально-политического развития Азербайджана и его соседей.

Для анализа объектов исследования, которыми являются вышеуказанные регионы, используются методы картографического и статистического анализа. При наложении друг на друга двух данных, мы можем выявить основные точки роста и динамики этнодемографических ареалов. Однако, ввиду ограниченности локальных данных, необходимо проводить расчёты с числами для получения приблизительных данных. Сведения формируются на основе среднестатистического роста региональных демографических показателей и включают в себя показатели этнического разнообразия.

В Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе проживает множество этнических групп, среди которых лезгины занимают значительное место. Данные статистики показывают, что их численность в Азербайджане выросла с 158057 чел. в 1979 году до 180312 чел. в 2009 году, что составляет около 2,02 % от общего населения страны. В Губа-Хачмазском экономическом районе, в частности, доля лезгин в 2009 году составила 23,17 %, что свидетельствует о значительном увеличении их численности и влиянии в этом регионе. В Гусарском районе, входящем в состав Губа-Хачмазского экономического района, лезгины составляют основную часть населения: в 2009 году их доля достигла 90,6 %, что почти не изменилось по сравнению с 90,7 % в 1999 году [Демографические показатели Азербайджана, 2016; Сайт государственного ... Азербайджанской Республики, 2024] (см. таблицу). Это указывает на стабильность их присутствия на данной территории. Потенциально, исходя из имеющихся данных государственного комитета по статистике о переписи населения 2019 года и использования методов статического прогнозирования, мы можем утверждать, что на сегодняшний день в Гусарском районе проживает 74081 человек. Общее же количество лезгин в Дагестане составляет менее полу-миллиона человек, азербайджанцев же, которые компактно проживают на территории Южного Дагестана, около 130 тыс. чел. [Сайт государственного ... Российской Федерации, 2024].

Динамика лезгинского населения в Азербайджане в целом и Губа-Хачмазском районе в частности  
 Dynamics of the Lezgin population in Azerbaijan and the Guba-Khachmaz region

	1979	1999	2009	2019
Азербайджан	158 057	178 021	180 312	167600
Губа-Хачмазский экономический район	–	–	113240	103000*
Гусарский район	59325	73 278	79 600	74081*

\*Данные сформулированы исходя из общей динамики населения. Источник: Государственный комитет по статистике АР.

Присутствие значительного числа лезгин в Губа-Хачмазском районе в целом и Гусарском районе в частности имеет глубокие социальные и политические последствия. Этнический состав влияет на культурное разнообразие региона, политическую повестку и разработку социальных программ. Важным аспектом является сохранение культурной идентичности лезгин, что осуществляется через образовательные программы, включая обучение на родном языке, и через организацию культурных мероприятий, которые поддерживают традиции и укрепляют этническую гордость [Литвинова, 2015]. Кроме того, трансграничное распределение лезгин между Азербайджаном и Россией привносит дополнительную сложность в межгосударственные отношения. Этническая связь с лезгинами в России обостряет вопросы национальной безопасности и миграции, требуя от правительств обеих стран координации усилий по управлению этническими границами [Рамазанова, 2018].

Этнический состав также влияет на экономическую жизнь региона. В Губа-Хачмазском экономическом районе этнические группы, в том числе лезгины, активно участвуют в местной экономике, особенно в сельском хозяйстве, туризме и малом бизнесе. Развитие этих секторов способствует экономическому росту и укреплению межэтнической гармонии и формированию культурного наследия. Культурное наследие лезгин и других этнических групп в Губа-Хачмазском районе является неотъемлемой частью общего культурного ландшафта Азербайджана, что важно не только для поддержания идентичности, но и для привлечения туристов, которые приносят дополнительные доходы в экономику региона. Таким образом, демографические и социальные особенности этнической структуры Южного Дагестана и Губа-Хачмазского экономического района обуславливают многие аспекты жизни в этих регионах.

Демографические изменения в этих районах оказывают заметное влияние на социальную структуру. Рост численности определённых этнических групп усиливает их культурное и социальное влияние в регионе, что в свою очередь может отразиться на образовательные, языковые и культурные политики [Амбурцев, Хрущев, 2017]. Кроме того, это может способствовать укреплению этнической идентичности и самосознания, что важно в контексте межэтнических взаимодействий и международных отношений. Экономическое развитие этих районов также тесно связано с демографическими изменениями. Растущая численность населения требует увеличения инфраструктурных и социальных инвестиций, создания рабочих мест и расширения экономических возможностей. Это создаёт как возможности, так и вызовы для местных властей в управлении ресурсами и планировании будущего развития.

Понимание демографических тенденций позволяет правительствам и местным сообществам лучше готовиться к будущим изменениям и формировать политику, которая способствует устойчивому развитию и гармонии в многоэтническом обществе. Особенно это актуально в условиях глобализации и увеличения мобильности населения, когда вопросы интеграции и взаимодействия этнических групп становятся всё более важными. Демографические изменения в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе являются ключевым элементом в понимании социально-экономического и политического ландшафта региона [Абидов, 2008; Абдулманапов, 2012]. Их анализ предоставляет важные данные для формирования эффективных стратегий развития, которые учитывают как текущие, так и будущие потребности населения.

Демографические изменения влияют на политическую стабильность региона. Увеличение численности лезгин в Губа-Хачмазском районе и их значительное присутствие в Гусарском районе могут способствовать возникновению специфических требований, связанных с политическим представительство и управлением. Лезгины, как и другие этнические меньшинства, стремятся к обеспечению своих прав на культурное и языковое самоопределение, что может привести к потребности в пересмотре региональных политик и законодательства. Изменения в демографической структуре непосредственно влияют на



избирательные процессы в регионе [Абидов, 2013]. Учитывая, что в Гусарском районе лезгины составляют подавляющее большинство, их предпочтения оказывают существенное влияние на результаты выборов и политические решения [Айтберов, Абдуллаев, 2021]. Это, в свою очередь, ведет к необходимости адаптации политических платформ и программ к интересам и нуждам этой группы.

Образовательная политика также подвержена влиянию демографических изменений. Существенная доля лезгинского населения в этих регионах требует разработки и внедрения образовательных программ, которые бы учитывали языковые и культурные особенности этой этнической группы. Включение лезгинского языка в школьную программу и поддержка культурных инициатив способствуют сохранению культурной идентичности и социальной интеграции.

Этническое самосознание лезгин влияет на межэтнические отношения в регионе. Укрепление культурной идентичности может способствовать как позитивному культурному обмену, так и возникновению напряженности, если не обеспечивается адекватное управление этническим многообразием. Эффективное взаимодействие между различными этническими группами и государственными структурами может способствовать разрешению возможных конфликтов и продвижению общественной гармонии.

### Результаты и их обсуждение

Трансграничное распределение лезгин между Азербайджаном и Россией вносит определенную сложность в международные отношения между этими странами [Алиев, 2008]. Вопросы, связанные с правами этнических меньшинств, могут становиться предметом дипломатических дискуссий и требовать внимательного подхода к разработке внешнеполитических стратегий. Демографические изменения в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе оказывают многогранные социально-политические воздействия, требующие комплексного подхода к управлению и политическому планированию. Учёт интересов всех этнических групп, обеспечение их прав и интеграция в социально-политическую жизнь региона являются ключевыми задачами для обеспечения стабильности и устойчивого развития.

Демографические изменения в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе не только формируют социально-политическую обстановку, но и оказывают значительное влияние на экономику регионов [Ахундова, 2021]. Рост численности определённых этнических групп, таких как лезгины, и изменения в демографическом составе вносят свой вклад в экономическую динамику, от трудового рынка до сектора услуг и производства. Увеличение населения в Губа-Хачмазском и Гусарском районах приводит к увеличению рабочей силы, что потенциально может стимулировать экономический рост [Гаеди, 2012]. Однако это также предъявляет требования к созданию новых рабочих мест и инфраструктурных проектов для удовлетворения возрастающих потребностей населения. Важным аспектом является интеграция этнических меньшинств в экономику, что требует разработки инклюзивных трудовых политик и программ профессионального обучения, направленных на улучшение квалификации и увеличение трудоустройства.

Этнические группы в регионе часто занимаются предпринимательской деятельностью, особенно в таких секторах, как торговля, сельское хозяйство и малое производство. Рост населения может стимулировать развитие малого и среднего бизнеса, что способствует экономическому разнообразию и повышению уровня жизни. Однако для поддержки такого развития необходима соответствующая инфраструктура и доступ к финансовым ресурсам, а также поддержка со стороны государства в виде льгот и субсидий. [Керимов, Керимов, 2014] Сельское хозяйство играет важную роль в экономике Губа-Хачмазского района, где большая часть населения занимается фермерством. Рост этнической группы лезгин, имеющих опыт в сельскохозяйственной деятельности, может привести к увеличе-

нию сельскохозяйственного производства. Тем не менее, для достижения устойчивого развития сельского хозяйства необходимо инвестировать в современные агротехнологии, обеспечение доступа к рынкам и улучшение условий хранения и переработки продукции.

Демографический рост также требует расширения и модернизации инфраструктуры, включая дороги, школы, медицинские учреждения и жилые районы. Это создаёт возможности для строительного сектора и может стимулировать экономическую активность в регионе. Инфраструктурное развитие способствует улучшению качества жизни и может привлекать инвестиции в регион, укрепляя его экономический потенциал. Это всё приводит к развитию таких сегментов, как туризм [Нариманов, 2018], что представляет собой ещё один важный экономический аспект, связанный с демографическими изменениями. Культурное и историческое наследие этнических групп, таких как лезгины, увеличивает туристическую привлекательность региона. Продвижение культурного туризма и сохранение уникальных традиций могут стать основой для развития экономически выгодного туристического сектора.

Экономические аспекты демографической структуры в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе требуют комплексного подхода к планированию и развитию. Учёт потребностей и возможностей растущего населения может способствовать созданию устойчивой экономической среды, которая будет содействовать интеграции, стабильности и процветанию всего региона.

Культурное наследие Южного Дагестана и Губа-Хачмазского экономического района богато и разнообразно, оно отражает уникальную историю и традиции многочисленных этнических групп, проживающих в этих регионах. Особое внимание уделяется сохранению культурных традиций лезгин, которые составляют значительную часть населения [Халилова, 2021]. Рассмотрим ключевые аспекты сохранения культурного наследия на примере конкретных инициатив и мероприятий. Одним из важнейших аспектов сохранения культурной идентичности лезгин является поддержка их языка. В школах Губа-Хачмазского и Гусарского районов ведётся обучение на лезгинском языке, что помогает молодёжи сохранять связь с культурой своих предков. Кроме того, в учебные программы включены курсы истории и культуры лезгин, что способствует более глубокому пониманию и уважению культурного наследия среди молодого поколения.

Сохранение культурного наследия в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе имеет решающее значение не только для поддержания идентичности народов, проживающих в этих регионах, но и для способствования социальной гармонии и экономическому развитию. Эффективное управление культурным наследием требует совместных усилий местных сообществ, государственных органов и международных партнёров. Мультикультурная политика в регионах с высоким уровнем этнического разнообразия, таких как Южный Дагестан и Губа-Хачмазский экономический район, играет критически важную роль в поддержании социальной гармонии и политической стабильности. Эффективная мультикультурная политика способствует интеграции различных этнических групп, поддерживает культурное разнообразие и предотвращает конфликты, укрепляя тем самым общественное согласие и обеспечивая устойчивое развитие. Ведь эти два региона связаны также миграционными векторами, которые проявляют себя в маятниковом характере [Байрамов, 2019]. У азербайджанцев и лезгин, проживающих в данных регионах, имеются родственные связи по обе стороны границы, что формирует миграционную динамику в регионе.

Основой мультикультурной политики является признание и уважение культурного разнообразия. В Южном Дагестане и Губа-Хачмазском районе это означает официальное признание языков, традиций и обычаев всех этнических групп, включая лезгин, азербайджанцев, русских и других. Поддержка культурного разнообразия проявляется в образовательной политике, культурных программах и медийных инициативах, направленных на продвижение мультикультурного диалога [Гулиев, Гулиев, 2014]. Одним из важнейших



направлений мультикультурной политики является интеграция образовательных программ, которые способствуют изучению и уважению различных культур и языков. В школах региона вводятся курсы на разных языках, включая лезгинский и азербайджанский, а также уроки истории и культуры разных народов, что способствует формированию у учащихся уважения и понимания культурных различий [Гулиев, 2018].

Для укрепления мультикультурной политики критически важно обеспечение политического представительства всех этнических групп в местных и региональных органах власти. Это не только способствует более широкому участию населения в политическом процессе, но и позволяет различным группам ощущать свое влияние на решения, которые затрагивают их интересы и будущее. Регулярное проведение культурных фестивалей и мероприятий, в которых участвуют все сообщества, также является важным элементом мультикультурной политики. Такие события не только демонстрируют богатство и разнообразие местных культур, но и создают платформу для общения и обмена между разными группами, что способствует снижению напряженности и укреплению взаимопонимания. Сотрудничество с организациями гражданского общества, культурными ассоциациями и образовательными учреждениями помогает правительству реализовывать мультикультурные инициативы на местах. Эти организации часто работают «на земле» и могут предоставить ценные входные данные для разработки политик, которые отражают реальные потребности и aspirations населения. Мультикультурная политика в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе оказывает решающее влияние на поддержание стабильности и развитие региона. Она способствует не только предотвращению конфликтов и наращиванию социального капитала, но и стимулирует экономическое развитие через инклюзивное участие всех групп населения. Эффективная реализация мультикультурной политики требует непрерывных усилий, инноваций и приверженности ценностям толерантности и взаимного уважения.

### Заключение

Анализ трансграничных ареалов этнических групп в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе показывает, что демографические изменения способствуют росту культурного и социального разнообразия, что в свою очередь влияет на экономические и социальные процессы в регионе, подчеркивая важность умения управлять этническими группами для поддержания социальной и политической стабильности. В этом контексте особенно важно политическое представительство и образовательные программы, направленные на интеграцию различных культурных групп.

Экономические изменения в регионе связаны с необходимостью создания новых рабочих мест и развития инфраструктуры для удовлетворения потребностей растущего и изменяющегося населения. Культурное наследие региона является ценным ресурсом, который требует защиты и продвижения как для сохранения идентичности, так и для стимулирования туризма и экономического развития. Однако регион сталкивается с рисками, такими как межэтнические конфликты и экономическое неравенство. Неадекватное управление этническими различиями может привести к напряженности и конфликтам, подрывая социальную гармонию и политическую стабильность. В свою очередь, экономическое неравенство, если экономическое развитие региона не будет инклюзивным, может усилить социальное недовольство и углубить этнические разделения. Без активных усилий по сохранению культурного наследия разнообразие и уникальные традиции могут быть утрачены под давлением глобализации и социальных изменений.

Для предотвращения этих рисков необходимо проведение ряда мероприятий. Расширение образовательных и культурных программ, поддерживающих мультикультурное образование и взаимопонимание, будет способствовать социальной интеграции и укреплению гражданского мира. Важную роль в этом процессе играет политическое представи-

тельство всех этнических групп в местных органах власти и на руководящих должностях, что улучшит политическую интеграцию и укрепит доверие между государством и различными сообществами. Использование культурного наследия для развития туризма и местного бизнеса может стать мощным стимулом для экономики региона, способствуя его устойчивому развитию и укреплению культурной идентичности. Основной проблемой, которую необходимо решить в Южном Дагестане и Губа-Хачмазском экономическом районе, является обеспечение социальной и политической стабильности в условиях возрастания этнического разнообразия. Демографические изменения, сопровождающиеся ростом культурного и социального многообразия, создают сложные вызовы для региональных властей. Неадекватное управление этническими различиями может привести к межэтническим конфликтам, экономическому неравенству и потере культурного наследия.

### Список источников

- Демографические показатели Азербайджана. Ежегодник ГК АР по статистике. 2016. Баку, 560 с.  
Сайт государственного комитета статистики Азербайджанской Республики. Электронный ресурс.  
URL: <https://www.stat.gov.az/> (дата обращения 07.06.2024).  
Сайт государственного комитета статистики Российской Федерации. Электронный ресурс. URL:  
<https://05.rosstat.gov.ru/> (дата обращения 07.06.2024).

### Список литературы

- Абдулманапов П.Г. 2019. Международная миграция населения в республике Дагестан. Региональные проблемы преобразования экономики, 3(101): 120–126.  
<https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-3-120-126>
- Абдулманапов П.Г. 2012. Роль миграции в развитии республики Дагестан. Региональная экономика: теория и практика, 39: 64–68.
- Абидов М.Х. 2008. Миграция населения и миграционная политика в Дагестане. Народонаселение, 1(39): 121–126.
- Абидов М.Х. 2013. Трудовая миграция в республике Дагестан. Вопросы структуризации экономики, 4: 263–265.
- Айтберов Т.М. Абдуллаев М.Н. 2021. К проблеме развития государственных образований этнических дагестанцев Закавказья в периоды средневековья и нового времени. Юридический вестник Дагестанского государственного университета, 39(3): 14–22.  
<https://doi.org/10.21779/2224-0241-2021-39-3-14-22>
- Алиев Ш.Т. 2008. Важнейшие факторы развития торгово-экономических отношений между Азербайджаном и Россией. Региональная экономика: теория и практика, 4: 22–27.
- Амбурцев Р.А., Хрущев С.А. 2017. Этнополитические проблемы современного Дагестана. Наука. Инновации. Технологии, 4: 63–78.
- Ахундова А.Г. 2021. Экономика и внешнеэкономическая деятельность азербайджанской республики. Norwegian Journal of Development of the International Science, 67: 28–32.
- Байрамов Т.Ш. 2019. Социально-экономическое положение и миграция населения в Губа-Хачмазском экономическом районе Азербайджанской Республики. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, 2(202): 26–33.  
<https://doi.org/10.23683/0321-3005-2019-2-26-33>
- Белозеров В.С., Чихичин В.В., Глущенко И.В. 2016. Региональные особенности этнических миграций на Северном Кавказе. Наука. Инновации. Технологии, 1: 71–92.
- Гаеди М.Р. 2012. К вопросу об основных направлениях развития торгово-экономических связей Азербайджана с Россией. Научная мысль Кавказа, 3(71): 89–93.
- Гулиев М.Е. 2018. Платформы сотрудничества в ракурсе новых аспектов регионализма и интеграции. Проблемы современной экономики, 2(66): 219–223.
- Гулиев М.Е. Гулиев Р.И. 2014. Стратегия развития экономической интеграции и кооперационных отношений Азербайджана с Россией. Проблемы современной экономики, 2(50): 54–59.
- Имрани З.Т. 2007. Губа-Хачмазский экономический район. Баку, Эльм, 172 с.



- Керимов Б.А. Керимов Д.А. 2014. Тенденции и перспективы развития инфраструктуры транспорта республики Азербайджан. Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития, 4: 88–93.
- Литвинова Т.Н. 2015. Особенности институционализации этнонационального движения на Северном Кавказе России (на примере лезгин). Вестник Пермского университета. Политология, 1(29): 110–122.
- Нариманов Н.А. 2018. Место Российской Федерации во внешнеторговых связях Азербайджанской Республики. Вестник науки и образования, 1(4(40)): 53–57. <https://doi.org/10.20861/2312-8089-2018-40-002>
- Рамазанова Д.Ш. 2018. Разделенные народы Дагестана (лезгины, цахуры, аварцы): численность и расселение в конце XIX – начале XXI в. Историческая и социально-образовательная мысль, 10(3–2): 125–135. <https://doi.org/10.17748/2075-9908-2018-10-3/2-125-135>
- Сушков Ю.С. 2018. Миграция населения: закономерности, проблемы и пути их решения. Academia. Архитектура и строительство, 2: 103–108. <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-2-103-108>
- Уметов С.С., Садыралиев Ж.С. 2021. Миграционные процессы в современных условиях – закономерность. Экономика и бизнес: теория и практика, 2–2(72): 137–140. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-2-2-137-140>
- Халилова А.С. 2021. Суверенизационные процессы в Дагестане в 1989-1996 годы. АСТА HISTORICA: труды по историческим и обществоведческим наукам, 4(1): 40–45. <https://doi.org/10.24412/2658-3836-2021-41007>

### References

- Abdulmanapov P.G. 2019. International Migration of Population in the Republic of Dagestan. Regional problems of economic transformation, 3(101): 120–126 (in Russian). <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2019-3-120-126>
- Abdulmanapov P.G. 2012. Rol migratsii v razvitii respubliki Dagestan [The Role of Migration in the Development of the Republic of Dagestan]. Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika, 39: 64–68.
- Abidov M.Kh. 2008. Migration and Migration-Related Policy in Dagestan. Population, 1(39): 121–126 (in Russian).
- Abidov M.Kh. 2013. Trudovaya migratsiya v respublike Dagestan [Labor Migration in the Republic of Dagestan]. Voprosy strukturizatsii ekonomiki, 4: 263–265.
- Aitberov T.M., Abdullaev M.N. 2021. To the Development of State Formations of Ethnic Daghestanians of Transcaucasia in the Periods of Middle Ages and New Time. Legal Bulletin of the Dagestan State University, 39(3): 14–22 (in Russian). <https://doi.org/10.21779/2224-0241-2021-39-3-14-22>
- Aliev Sh.T. 2008. Vazhneyshiye faktory razvitiya torgovo-ekonomicheskikh otnosheniy mezhdru Azerbaydzhanom i Rossiyey [The Most Important Factors in the Development of Trade and Economic Relations Between Azerbaijan and Russia]. Regional economics: theory and practice, 4: 22–27.
- Amburtsev R.A., Khrushchev S.A. 2017. Ethnopolitic Problems of Modern Dagestan. Science. Innovation. Technologies, 4: 63–78 (in Russian).
- Akhundova A.G. 2021. Economy and Foreign Economic Activities of the Republic of Azerbaijan. Norwegian Journal of Development of the International Science, 67: 28–32 (in Russian).
- Bayramov T.Sh. 2019. The Socio-Economic Situation and Population Migration in the Guba-Khachmaz Economic Region, Azerbaijan Republic. Science journal Bulletin of Higher Education Institutes North Caucasus Region Natural Sciences, 2(202): 26–32 (in Russian). <https://doi.org/10.23683/0321-3005-2019-2-26-33>
- Belozеров V.S., Chikhichin V.V., Glushchenko I.V. 2016. Regional Peculiarities of Ethnic Migrations in the North Caucasus. Science. Innovation. Technologies, 1: 71–92 (in Russian).
- Gaedi M.R. 2012. On the Issue of the Main Trends of Trade and Economic Ties Development Between Azerbaijan and Russia. Scientific thought of the Caucasus, 3: 89–93 (in Russian).
- Guliev M.E. 2018. Platforms of Cooperation From the Perspective o New Aspects of Regionalism and Integration (Azerbaijan, Baku). Problems of modern economics, 2(66): 219–223 (in Russian).



- Guliev M.E. Guliev R.I. 2014. Strategy of Development of Economic Integration and Cooperative Relations Between Azerbaijan and Russia (Azerbaijan, Baku). *Problems of modern economics*, 2(50): 54–59 (in Russian).
- Imrani Z.T. 2007. Guba-Khachmazskiy ekonomicheskii rayon [Guba-Khachmaz economic region]. Baku, Publ. Elm, 172 p.
- Kerimov B.A. Kerimov D.A. 2014. Tendentsii i perspektivy razvitiya infrastruktury transporta respubliki Azerbaydzhan [Trends and Prospects for the Development of Transport Infrastructure in the Republic of Azerbaijan]. *Infrastrukturnyye otrasli ekonomiki: problemy i perspektivy razvitiya*, 4: 88–93.
- Litvinova T.N. 2015. Osobennosti institutsionalizatsii etnonatsionalnogo dvizheniya na Severnom Kavkaze Rossii (na primere lezgin) [Features of the Institutionalization of the Ethnonational Movement in the North Caucasus of Russia (Using the Example of Lezgins)]. *Bulletin of Perm University. Political Science*, 1(29): 110–122.
- Narimanov N.A. 2018. Mesto Rossiyskoy Federatsii vo vneshnetorgovykh svyazyakh Azerbaydzhanskoj Respubliki [The Place of the Russian Federation in Foreign Trade Relations of the Republic of Azerbaijan]. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 1(4(40)): 53–57. <https://doi.org/10.20861/2312-8089-2018-40-002>
- Ramazanova D.Sh. 2018. Separated Dagestan Nationalities (the Lezgins, the Tsakhurs, the Avars): Population and Settlement Pattern in the End of the XIX Century the Beginning of the XXI Centuries. *Historical and socio-educational thought*, 10(3–2): 125–135 (in Russian). <https://doi.org/10.17748/2075-9908-2018-10-3/2-125-135>
- Sushkov Yu.S. 2018. Migration of Population: Regularities, Problems and Their Solutions. *Academy. Architecture and construction*, 2: 103–108 (in Russian). <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-2-103-108>
- Umetov S.S., Sadyraliev Zh.S. 2021. Migration Processes in Modern Conditions – Regularity. *Economics and business: theory and practice*, 2–2(72): 137–140 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2021-2-2-137-140>
- Khalilova A.S. 2021. Processes of Sovereignization of the Peoples of Dagestan in 1989–1996. *ACTA HISTORICA: works on historical and social sciences*, 4(1): 40–45 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-3836-2021-41007>

*Поступила в редакцию 15.05.2024;  
поступила после рецензирования 12.07.2024;  
принята к публикации 08.08.2024*

*Received May 15, 2024;  
Revised July 12, 2024;  
Accepted August 08, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Гусейнов Гусейн Октаевич**, докторант кафедры экономической и социальной географии факультета географии, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Gusein O. Guseinov**, Doctoral Student of Department of Economic and Social Geography, Faculty of Geography, Baku State University, Baku, Azerbaijan



УДК 913  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-342-353

## **Факторы, влияющие на развитие промышленности строительных материалов Апшерон-Хызинского и Бакинского экономических районов**

**Абдуллаева Н.К.**

Институт географии имени академика Г.А. Алиева Министерства науки и образования  
Азербайджанской Республики  
Азербайджанская Республика, AZ1143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 115  
E-mail: abdullayevanurr@gmail.com

**Аннотация.** Цель исследования – самостоятельно проанализировать природные и экономические факторы, влияющие на развитие промышленности строительных материалов в таких важных экономических регионах, как Апшерон-Хызы и Баку, и понять существующие возможности и ограничения в данной области. В ходе исследования в качестве источников использовались статистические данные, полученные от Государственного комитета статистики Азербайджана, материалы основных трудов Института географии, а также различные литературные источники. В исследовании применялись систематический, оценочный и статистический методы. В статье проанализированы экономические показатели строительного сектора и промышленности строительных материалов в двух экономических регионах Азербайджана (Апшерон-Хызинском и Бакинском экономических районах), а также, с учетом роли промышленности строительных материалов в общем социально-экономическом развитии экономики страны, исследованы факторы, способствующие обеспечению быстрого и устойчивого развития данной отрасли. Сделан вывод, что для обеспечения дальнейшего развития промышленности строительных материалов необходимо применять передовые технологии в производстве и кооперировать с различными секторами с целью подготовки квалифицированных и образованных кадров для управления этими технологиями. В целях повышения инновационного потенциала в промышленности строительных материалов должен быть составлен план, подтверждающий сотрудничество всех участников общестроительной отрасли. Предложенные результаты могут быть использованы в хозяйственных целях и в программах социально-экономического развития регионов страны.

**Ключевые слова:** промышленность строительных материалов, строительный материал, природный фактор, рациональное использование, экономический фактор, экономическое сотрудничество

**Для цитирования:** Абдуллаева Н.К. 2024. Факторы, влияющие на развитие промышленности строительных материалов Апшерон-Хызинского и Бакинского экономических районов. Региональные геосистемы, 48(3): 342–353. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-342-353

---

## **Factors Influencing the Development of the Building Materials Industry in the Apsheron-Khizi and Baku Economic Regions**

**Nuria K. Abdullayeva**

Ministry of Science and Education, Institute of Geography named after Academician G.A. Aliyeva,  
115 G. Javid Ave., Baku, AZ1143, Republic of Azerbaijan  
E-mail: abdullayevanurr@gmail.com

**Abstract.** The purpose of the study is to independently analyze the natural and economic factors influencing the development of the building materials industry in such important economic regions as Apsheron-Khizi and Baku, and to understand the existing opportunities and limitations in this area. During the study, statistical data obtained from the State Statistics Committee of Azerbaijan, materials from the main works of the Institute of Geography, as well as various literary sources were used as

sources. The study used systematic, evaluative and statistical methods. The article analyzes the economic indicators of the construction sector and the building materials industry in two economic regions of Azerbaijan (Apsheron-Khizi and Baku economic regions), and considers the factors contributing to ensuring rapid and sustainable development of this industry, taking into account the role of the building materials industry in the overall socio-economic development of the country's economy. It is concluded that to ensure further development of the building materials industry, it is necessary to apply advanced technologies in production and cooperate with various sectors in order to train qualified and educated personnel to manage these technologies. To increase the innovative potential of the building materials industry, a plan must be drawn up to demonstrate the cooperation of all participants in the general construction industry. The proposed results can be used for economic purposes and in programs for the socio-economic development of regions of the country.

**Keywords:** building materials industry, construction material, natural factors, efficient use of economic factors, economic cooperation

**For citation:** Abdullayeva N.K. 2024. Factors Influencing the Development of the Building Materials Industry in the Apsheron-Khizi and Baku Economic Regions. *Regional geosystems*, 48(3): 342–353 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-342-353

## Введение

Республика известна как страна нефтяной промышленности и энергетики. Апшеронский полуостров обладает нефтяными и газовыми месторождениями, имеющими стратегическое значение на мировом энергетическом рынке, и глобальные изменения в плоскости мировой энергетики не влияют на развитие промышленности этого региона. В последние годы развитие нефтяной и газовой отраслей расширили экономику страны и создали большие возможности для начала строительных проектов ускоренными темпами. Следует отметить, что экономические отношения в нефтяной отрасли и энергетике, как и в других отраслях, не влияют на устойчивое развитие промышленности строительных материалов.

На рис. 1 представлены тенденции увеличения и уменьшения экономических показателей промышленности строительных материалов Баку и Апшерон-Хызинского экономического района в 2022 году по сравнению с 2015 годом.

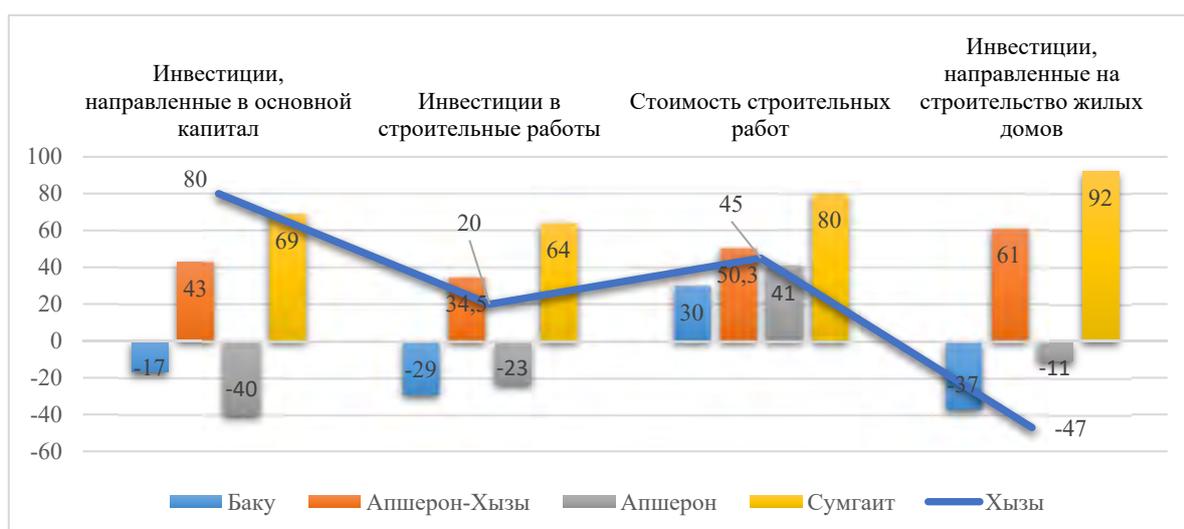


Рис. 1. Тенденция изменения экономических показателей по основным направлениям инвестиций в строительный сектор в 2022 году по сравнению с 2015 годом, % (подготовлен автором на основе статистических материалов)

Fig. 1. Trend in changes in economic indicators in the main areas of investment in the construction sector in 2022 compared to 2015, % (prepared by the author based on statistical materials)



Несмотря на общий рост стоимости строительных работ, наблюдалось снижение других показателей. Причиной этого могут быть несколько факторов. Одной из причин может быть то, что вместо получения быстрой прибыли в краткосрочный период, компании вкладывают инвестиции в отрасли, обеспечивающие длительное развитие. Одной из причин сокращения инвестиций является и политическая ситуация на финансовом рынке (канун Второй карабахской войны). Это отрицательное влияние является причиной сокращения инвестиций.

В 2022 году в республике было зарегистрировано 320 предприятий по производству строительных материалов, из которых 70 % приходится на долю Бакинского экономического района.

С 2015 года и по настоящее время в Бакинском экономическом районе в производстве многих видов изделий и конструкций строительных материалов наблюдается рост. По статистическим данным Бакинский экономический район удовлетворил потребности республики в общем производстве гипса и ангидрита на 84,9 %, известкового камня для строительства на 56,9 %, цемента – 71,6 %, строительной извести – 87,4 %, в кирпиче из цемента, бетона и похожих изделий – 95,1 %, готового смешанного бетона для кладки – 67,8 %, производстве строительного кирпича – 52 %, гипсовых плит и блоков – 94,2 %. Доля экономического района в производстве гравия, обломочного камня, мелкого речного камня и кремня очень низкая. Но, несмотря на это, экономический район является лидером в производстве основных видов строительных материалов, изделий и конструкций [Абдуллаева, 2023; Construction in Azerbaijan, 2023].

В Апшерон-Хызинском экономическом районе в производстве строительных материалов отличаются Апшеронский район и Сумгаит. По статистическим данным в 2022 году в Апшеронском районе было произведено 12 % гравия, мелкого речного и обломочного камня, 30 % строительного известняка, 2 % цемента, 42 % строительного кирпича, 16 % стеклянных изделий, 3 % асфальта [Nabiev, 2000; Абдуллаева, 2023; Construction in Azerbaijan, 2023].

На рис. 2 представлены строительные материалы, изделия и конструкции, произведенные в Апшерон-Хызинском и Бакинском экономических районах в 2022 году. Заметно, что Апшеронский район сильно отличается от других регионов разнообразием производимых строительных материалов и включает в себя Апшеронский район, Хызинский район, города Сумгаит и Хырдалан.

В производстве кирпича Апшеронский район и Нахичеванская АР отстают от г. Баку. Следует отметить, что основными производителями строительного известняка являются г. Баку, Апшеронский и Газахский районы. Однако в производстве гипса и ангидрита г. Баку и Геранбойский район являются лидерами. В производстве цемента Бакинский экономический район занимает первое место. В то же время крупным производителем цемента после Баку является Газахский район. В производстве асфальта выделяются Баку, Нахичеванская АР, Апшеронский, Гейчайский, Кюрдамирский и Имишлинский районы. Только в 2022 году из произведенного 1131,8 тыс. т асфальта 59 % приходилось на долю Баку, 20 % – Нахичеванской АР и остальная часть на долю других регионов.





ленности строительных материалов (экономические показатели, спрос, объем производства, рабочая сила и другие факторы), проведен полный и точный анализ с учетом всех компонентов этих отраслей. Одновременно были систематически проанализированы влияние и взаимосвязи различных экономических факторов, а также исследовано, как изменяются экономические показатели.

### Результаты и их обсуждение

Совместное использование природных и экономических факторов способствует развитию и росту производства продукции промышленности строительных материалов. В усилении экономики регионов, богатых сырьем, развитие промышленности строительных материалов является одним из значимых направлений. Как и во многих странах, в Азербайджане такие отрасли, как промышленность строительных материалов, нефтехимическая, энергетика и инфраструктура, обеспечивающие равномерное развитие регионов, улучшая стандарты проживания населения, играют важную роль в экономике страны [Гаджизаде, 1983; Геология Азербайджана, 2003; Ализаде и др., 2017].

Развитие промышленности строительных материалов, в первую очередь, зависит от геологических условий и потребности этой территории в строительных материалах. Для развития промышленности строительных материалов какого-либо региона важным условием является экономическая оценка строительного сырья данного региона. Н. Набиев [2000], д.э.н., экономическую оценку строительного сырья излагает как достижение экономической пользы, получаемой в процессе совместного производства и потребления. Во время экономической оценки строительного сырья наряду с оценкой его первичного состава исследуется состав, количество и качество отходов, полученных от первичной и вторичной обработки материала, и с этой точки зрения подсчитываются затраты при эксплуатации и использовании сырья и готовится план по размещению соответствующих предприятий производства.

Известный профессор М. Лемешев, эксперт ООН по окружающей среде, привел пример о нерациональной сути в использовании природных ресурсов: «Мы ежегодно добываем железную руду. Добывая ее открытым способом, мы уничтожаем тысячи гектаров чернозема, ограничивая рост производства молока, мяса и хлеба». [Мелехин, Гамзатов, 2015; Макаренко, Севка, 2023]. Принимая во внимание меры по охране природы с применением прогрессивных методов, экономическая выгода природных богатств заключается в их комплексном использовании.

Изобилие строительного сырья в регионах республики благоприятно для территориальной организации и рационального развития промышленности строительных материалов. Азербайджан, обладая богатыми наземными и подземными ресурсами, образует большой потенциал для обеспечения промышленности оборудованием.

Апшерон-Хызинский и Бакинский экономический районы, поддерживая развитие промышленности строительных материалов, обладают разнообразными запасами сырья. Геологическое строение региона и наличие месторождений известняка, глины, нефти, газа и другого сырья непосредственно влияют на ассортимент и качество производимых строительных материалов. Месторождения строительного сырья Апшеронского полуострова представлены натуральным камнем, который может быть использован для изготовления напольных и настенных покрытий, а также для создания элементов дизайна; в производстве кирпича, цемента и строительных блоков могут быть использованы глина и известняк; в производстве бетона и асфальта – песок и гравий. В регионе находится богатое нефтегазовое месторождение, которое является опорой для развития разных отраслей промышленности строительных материалов, в том числе производства асфальта, изоляционных и пластиковых материалов.

Одним из природных факторов в развитии отрасли строительных материалов в регионе является доступное с экономической точки зрения использование запасов глины и известняка в производстве строительных материалов.

В Азербайджане самые крупные месторождения цементного сырья – это месторождения известняка в Карадаге и Шахгае, Карадаг-1 и Карадаг-2; месторождения глины на Апшероне. Эффективное использование и управление этими природными богатствами имеет стратегическое значение в развитии цементной отрасли и укреплении инфраструктуры. В Азербайджане из общих запасов исследовано 82 месторождения глины. На территории Бакинского экономического района много морской глины. Зыхское и Гызылдашское месторождения отличаются высококачественным сырьем и имеют промышленное значение [Гаджизаде, 1983; Геология Азербайджана, 2003; Абдуллаева, 2023].

Известно, что в Баку и окружающих регионах такие строительные материалы, как бетон и железобетон, широко используемые в строительстве зданий и инфраструктуры, являются основными. Эти два материала, обладая высокой прочностью для создания крепкого каркаса, считаются идеальным строительным материалом. Они составляют основу цемента, производимого на базе месторождений известняка и глины Апшеронского района, обеспечивают строительную отрасль региона в прочном и выгодном сырье. Предприятия промышленности строительных материалов при производстве материалоемкой, энергоемкой, грузообъемной и трудоемкой продукции потребляют много горючего, но являются в основном передовыми в отрасли потребительского комплекса. Бетонные, железобетонные изделия и конструкции, мягкие кровельные покрытия, теплоизоляционный материал, настенный материал и другая продукция производственной отрасли, обладая большим объемом и весом, отличается низкой транспортабельностью.

Известно, что минеральное строительное сырье дешевое, но производство продукции из него требует очень высоких затрат. Такие отрасли, как производство цемента, строительного кирпича и керамических плит, керамики, керамических труб, асбестоцементных изделий и шифера, стекла, гипса, извести, неметаллических строительных материалов и др. требуют высоких затрат. Например, на производство 1 т керамических труб требуется 1–1,5 т глины, 1 т цемента клинкера требуется 2,0–2,5 т известняка и глины, 1 т извести необходимо 2 т известняка [Брянцева и др., 2013; Чмышенко, Солдатенко, 2021]. Так, слияние месторождений известняка и глины на Апшероне и Баку с географической точки зрения экономически выгодно в развитии некоторых отраслей строительных материалов. Тот факт, что сырье составляет значительную часть стоимости строительных материалов, еще раз подтверждает тягу производства к сырьевой базе.

Строительное сырье и материалы, производимые в Апшерон-Хызинском, Бакинском и других экономических районах Азербайджана, создают условия для активной деятельности промышленной отрасли как на местном, так и международном уровне.

Апшеронский полуостров является одним из регионов стратегического значения Азербайджанской Республики. В последние годы в Апшеронском регионе ряд взаимосвязанных факторов, таких как рост населения, ускорение урбанизации, расширение промышленности, подъем экономики и др. в значительной степени влияет на развитие строительства.

На развитие промышленности строительных материалов этого региона влияют следующие факторы.

**Важность экономики.** Баку является важным экономическим центром республики. Одной из причин роста строительства в регионе является реализация многочисленных строительных проектов, что увеличило потребности страны в развитии производства строительных материалов. В Азербайджане энергетика является важной отраслью экономики. Развитие энергетики Апшеронского полуострова, обладающего запасами нефти и газа, обеспечивает растущие потребности строительства в строительных материалах.



В последние годы успешно реализуемая нефтяная стратегия страны является одним из основных факторов, обеспечивающих развитие инфраструктуры. В 2015 году из общего бюджета на общие строительно-монтажные работы в 12 млн манат 5 млн манат были направлены в нефтегазовую отрасль, в 2020 году из 11 млн. манат бюджета соответственно 3 млн манат, в 2022 году из 13 млн манат соответственно 3 млн манат. Эти показатели реализации строительных проектов в нефтегазовой отрасли в развитии инфраструктуры страны и строительной отрасли играют важную роль.

**Оценка энергетики.** Оценка энергетических запасов играет одну из значимых ролей в развитии производства строительных материалов. Из-за роста цен в энергетике и увеличении финансирования производства строительных материалов наблюдается рост цен на строительные материалы, разную продукцию и услуги. Это отрицательно сказывается на финансировании строительных проектов и использовании строительных материалов. Энергетический кризис 2014–2017 годов существенно снизил платежеспособный спрос населения и масштабы бюджетных инвестиционных программ в стране, надолго сохранив темпы жилищного и капитального строительства. С ростом цен на энергоносители увеличиваются и затраты на производство цемента, стекла и пластика. Эти материалы во время производственного процесса при нагревании, плавке, с учетом перевозки, требуют значительных энергетических затрат.

Турецкий экономист и эксперт Фатих Бирол в оценке энергетических ресурсов для всех отраслей промышленности, в том числе строительных материалов, отмечает важность энергетической эффективности, инноваций и стабильности на рынке в прочном и устойчивом развитии промышленности.

**Рынок недвижимости в строительстве.** Одним из важных факторов, влияющих на развитие промышленности строительных материалов, является оборот и потребности рынка недвижимости [Руднов и др., 2018; Королева и др., 2019]. С ростом объема строительных проектов растут и требования к строительным материалам. Баку – крупный город с прилегающей к нему заселенной территорией Апшерона. Реализация строительных проектов на рынке городской недвижимости увеличивает потребности в развитии производства строительных материалов. Сегодня на рынке недвижимости, не только в Азербайджане, но и во всем мире наблюдается рост. Такое увеличение обусловлено стабильностью инвестиционного потенциала недвижимости, которая считается более эффективной, долгосрочной и прибыльной сферой инвестирования, менее подверженной влиянию изменений валютных курсов. Выше отмеченные моменты являются причиной роста потребности в сфере недвижимости. Специально следует отметить, что с начала российско-украинской войны и введением западными странами антироссийских санкций рынок недвижимости Азербайджана для российских покупателей превратился в область рациональных инвестиций. Географическая близость и малый потенциальный риск для российских инвесторов является итогом серьезных инвестиционных вложений в жилищный сектор Азербайджана. Эти моменты наблюдались и ранее. В 2010–2012 гг. во время глобального мирового кризиса наблюдался поток инвестиций иранских инвесторов в рынок недвижимости Азербайджана [Ализаде и др., 2017].

**Социальная и политическая стабильность.** Социальные и политические отношения, стабильность и торговая безопасность относятся к экономическому фактору, влияющему на развитие всех отраслей промышленности, а также производства строительных материалов [Кохно, 2021; Кохно П.А., Кохно А.П., 2023]. Стабильная среда и торговая безопасность – это факторы, обеспечивающие эффективность и конкурентоспособность промышленности. Для политической стабильности страны важным является установление плана развития разных отраслей промышленности и прогноз, а также планирование длительных инвестиционных вложений. Одним из многочисленных вопросов, интересующих

инвесторов, является охрана юридических прав инвесторов в регионе и безопасная доставка товара и услуг на мировой рынок. С этой целью инвесторы страны особое внимание уделяют таким факторам, как прозрачность юридической среды и торговая безопасность. В то же время, социальная стабильность и связи между организациями являются основным фактором в развитии промышленности. Социальная стабильность подразумевает социальные отношения, безопасность населения, справедливость, возможности развития отношений. Это помогает владельцам трудовой силы обеспечить мотивацией в промышленности.

**Инфраструктурные проекты.** Для нормальной деятельности инфраструктуры региона или страны необходимо иметь в целом структуру и объекты. Апшеронский регион, включая Баку, в общем один из быстро развивающихся регионов. Претворяя в жизнь инфраструктурные проекты (дороги, энергетические и коммуникационные проекты) растут нужды в строительных материалах, а это поощряет развитие промышленности в регионе.

**Развитие туризма.** Развитие туризма в Азербайджане является приоритетной отраслью. С распадом Советского Союза деградировал и туризм в Азербайджане, но в начале 2000 года началось его возрождение. В настоящее время туризм в Азербайджане ускоренно развивается и находится в списке лидеров.

Следует отметить, что с развитием туризма в регионе началось строительство отелей, ресторанов и других объектов. Это способствует росту потребности в строительных материалах и развитию промышленности.

**Технологические ресурсы.** В современных условиях, наряду с высокими технологиями и инновационным подходом, строительное сырье является важным звеном в производстве строительных материалов [Czarnecki, Van Gemert, 2017; Francesco, Alice, 2017]. Также влияние на производительность и качество продукции оказывают развитие технологий и инноваций, рост и совершенствование технологий и инфраструктурных функций. Решение многих проблем в строительной отрасли, таких как низкая энергетическая производительность и высокая углеродная эмиссия, стало возможным с внедрением технологий и инновационных строительных материалов [Кукин, 2023].

**Транспорт.** Производство строительных материалов играет важную роль в развитии транспорта. Обладая передовым транспортным коридором [Морозова, Поляцко, 2010; Квашнина, 2023], Азербайджан занимает выгодное положение для перевозки строительных материалов. Скоростные автомобильные дороги, железные дороги, воздушный и морской порты оказывают большое влияние на развитие промышленности, поэтому при их строительстве важно использование качественных и удобных строительных материалов. Значимым фактором в развитии транспортной системы является качественная реализация проектов, а также перевозка строительных материалов на большие расстояния [Шумаев, 2016]. Транспорт играет важную роль в доставке песка, гравия, песчаника, известняка и другого строительного сырья к месту выполнения проекта промышленного значения.

Правильная и эффективная организация транспортной сети, гарантирующая быструю и экономичную поставку материалов, увеличивает скорость реализации проекта и предоставляет безопасное снабжение, формируя благоприятную деловую среду для производителей сырья и владельцев проекта, снижая стоимость поставок и уменьшая логистические кризисы.

Следует отметить, что социально-экономическое развитие играет важную роль в развитии транспортной инфраструктуры. В 2019–2023 годах в регионах Азербайджана претворялись в жизнь широкомасштабные транспортные проекты, поддерживающие безопасность окружающей среды и обеспечивающие страну скоростным транспортом. Строительство новых дорог, мостов и железнодорожных линий имеют значимую роль в повседневной жизни.



Эти проекты за счет ускоренного выполнения государственной программы, являются важным шагом в социально-экономическом развитии страны.

**Кадры.** Одним из факторов, влияющих на развитие промышленности строительных материалов, является подбор грамотных и специализированных кадров [Романец, 2023]. Здесь имеется в виду уровень образования и технические навыки местного населения региона. Высокий уровень образования, технические и инженерные навыки создают возможность для интеграции новейших технологий в промышленность. Совершенствование технических навыков способствует росту эффективного развития промышленности и конкурентоспособности [Гурова И.М., Гурова О.В., 2017; Богатырева, Илюхина, 2022; Иванов, Петрунько, 2023].

В итоге, учитывая наличие таких факторов, как потребительский, сырьевой, транспортный и др. не только в Апшерон-Хызинском, Баку и Гянджа-Газахском экономическом, но и других районов, исследование природных условий, сырьевого потенциала, географического положения и особенностей расселения населения позволит улучшить территориальную организацию производства строительных материалов и их использование. В обеспечении строительной промышленности новой техникой и технологическими средствами, правильная оценка земельных площадей с расположенными на них месторождениями строительного сырья, привлечение строительных отходов к вторичной переработке и соблюдение нормативов в защите природы играют важную роль. Важным условием является принятие ряда мер для решения проблем в территориальной организации строительной промышленности. Важным является проведение на территории республики разведывательных работ и точной инвентаризации новых месторождений строительного сырья, выявление эффективности и картографирование. В итоге для решения недостатка в сырье и материалах строительной промышленности необходимо привлечь в производство в полном объеме местное сырье и, увеличив объем экспорта в этой отрасли, сократив транспортные расходы, возможно, открывать новые предприятия.

### Заключение

В статье обсуждены сведения о развитии промышленности строительных материалов. В решении этой задачи должны быть поставлены следующие цели:

1. Промышленность строительных материалов, являясь энергоемкой и материалоемкой, одна из отраслей, сильно влияющая на окружающую среду и изменение климата. Добыча сырья, первичная переработка, доставка к пункту производства, реализация готовой продукции, доставка стройматериалов, снос зданий, перевозка отходов и другие процессы, которые повторяются постоянно. С этой точки зрения эффективное использование строительного сырья, повторное использование отходов и переход на циркулярную экономику является важным условием.

2. Являясь энергообъемной отраслью для сокращения эмиссии CO<sub>2</sub>, для роста производительности и энергетической эффективности необходимо применять передовые технологии.

3. Строительная отрасль является как производственной, так и отраслью услуг. В процессе строительства зданий принимают участие разные группы специалистов. Для эффективного и успешного развития строительства, где сотрудничают разные группы специалистов, необходимо вместе работать и решать проблемы. С целью роста инноваций в отрасли строительных материалов Азербайджана иностранные компании, внося инвестиции в развитие производства, должны привлекать к сотрудничеству талантливые кадры. Естественно, очень важна поддержка инвесторов.

4. В привлечении талантливых кадров в отрасль строительных материалов очень важна государственная поддержка. В воспитании кадров для работы в разных отраслях строительной промышленности и обеспечении их сертификатом необходимо при сов-

местном сотрудничестве Министерства науки и образования и Министерства экономики составить план и программу.

5. В решении проблем в развитии промышленности строительных материалов важным является секторальное сотрудничество. Для развития этих отраслей при совместном сотрудничестве Министерства экологии и природных ресурсов, Министерства энергетики, Министерства экономики, Министерства труда и социальной защиты составить и представить план и программу. Это сотрудничество наряду с решением проблем в отрасли будет способствовать росту конкурентоспособности.

#### Список источников

- Брянцева И.В., Воронина Н.В., Любанская З.Г., Стеклова С.Ю. 2013. Экономика строительства. Хабаровск, Издательство Тихоокеанского государственного университета, 212 с.
- Королева М.А., Кондюкова Е.С., Дайнеко Л.В., Караваева Н.М. 2019. Экономика строительного предприятия. Екатеринбург, Издательство Уральского университета, 202 с.
- Морозова В.С., Поляцко В.Л. 2010. Транспортные и погрузочно-разгрузочные средства. Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 96 с.
- Регионы Азербайджана. 2023. Баку, Материалы СКАР, 865 с.
- Руднов В.С., Владимирова Е.В., Доманская И.К., Герасимова Е.С. 2018. Строительные материалы и изделия. Екатеринбург, Издательство Уральского Университета, 203 с.
- Чмышенко Е.Г., Солдатенко Л.В. 2012. Экономика промышленности строительных материалов. Оренбург, ОГУ, 339 с.
- Шумаев В.А. 2016. Основы логистики. М., Юридический институт МИИТ, 314 с.

#### Список литературы

- Абдуллаева Н.К. 2023. Территориальная организация производства бетона и бетонных изделий в Бакинском экономическом районе. Научно-практический журнал молодого исследователя, 2: 54–62.
- Ализаде Э.К., Тарихазер С.А., Мамедов С.Г., Гамидова З.А. 2017. Антропогенная геоморфология большого Баку. Баку, Национальная Академия Наук Азербайджана, 304 с.
- Богатырева И.В., Илюхина Л.А. 2022. Система мотивации и материального стимулирования как источник трудовой активности персонала компании. Экономика труда, 9(5): 955–970. <https://doi.org/10.18334/et.9.5.114737>.
- Гаджизаде А.М. 1983. Природные ресурсы и естественные условия развития промышленности Азербайджанской ССР. Баку, Азербайджанское государственное издательство, 171 с.
- Геология Азербайджана. 2003. Глав. ред. А. Ализаде. Баку, Нафта Пресс, 576 с.
- Гурова И.М., Гурова О.В. 2017. Зарубежный опыт мотивации и стимулирования трудовой деятельности. Экономика и социум: современные модели развития, 18: 106–121.
- Иванов М.Ф., Петрунько А.О. 2023. Актуальные проблемы мотивации персонала в строительной отрасли с точки зрения работников и пути их решения. В кн.: Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве. Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 6–7 апреля 2023. СПб., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет: 135–140.
- Квашнина К.А. 2023. Формирование маркетинга взаимоотношений в строительной отрасли России. В кн.: Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве. Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 6–7 апреля 2023. СПб., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет: 119–122.
- Кохно П.А. 2021. Уровень высокотехнологичного производства определяется человеческим капиталом. Экономика высокотехнологичных производств, 2(3): 169–180. <https://doi.org/10.18334/evp.2.3.112357>.
- Кохно П.А., Кохно А.П. 2023. Взаимосвязь высокопроизводительного производства с материальной мотивацией персонала. Экономика высокотехнологичных производств, 4(3): 205–218. <https://doi.org/10.18334/evp.4.3.116897>.



- Кукин Л.А. 2023. Специфические особенности управления инновациями в сфере производства строительных материалов. *Экономика, предпринимательство и право*, 13(12): 5869–5884. <https://doi.org/10.18334/epp.13.12.120075>.
- Макаренко О.И., Севка В.Г. 2023. Особенности развития производства строительных материалов в зарубежной практике. *Экономика, предпринимательство и право*, 13(2): 413–426. <https://doi.org/10.18334/epp.13.2.117109>.
- Мелехин В.Б., Гамзатов А.Я. 2015. Оценка и управление использованием мощности производственного потенциала строительного предприятия. *Экономика и предпринимательство*, 10–2(63): 745–750.
- Набиев Н. 2000. *Экономика, общество и экологическая среда*. Баку, Агрыдаг, 696 с.
- Романец И.И. 2023. Стратегический нематериальный ресурс современного развития: новые компетентностные ценности. *Креативная экономика*, 17(3): 1003–1012. <https://doi.org/10.18334/ce.17.3.117458>.
- Czarnecki L., Van Gemert D.A. 2017. Innovation in Construction Materials Engineering Versus Sustainable Development. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 6: 765–771. <https://doi.org/10.1515/bpasts-2017-0083>.
- Francesco P., Alice M. 2017. Circular Economy for the Built Environment: a Research Framework. *Journal of Cleaner Production*, 143: 710–718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>

## References

- Abdullaeva N.K. 2023. Territorial Organization of Production of Concrete and Concrete Products in the Baku Economic Region. *Scientific and practical journal of a young researcher*, 2: 54–62 (in Russian).
- Alizade E.K., Tarikhazer S.A., Mamedov S.G., Gamidova Z.A. 2017. *Antropogennaya geomorfologiya bolshogo Baku [Anthropogenic Geomorphology of Greater Baku]*. Baku, Publ. National Academy of Sciences of Azerbaijan, 304 p.
- Bogatyreva I.V., Ilyukhina L.A. 2022. The System of Motivation and Financial Incentives as a Source of Labour Activity of the Company's Personnel. *Labor Economics*, 9(5): 955–970 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/et.9.5.114737>.
- Gadzhizade A.M. 1983. *Prirodnyye resursy i estestvennyye usloviya razvitiya promyshlennosti Azerbaydzhanskoy SSR [Natural Resources and Natural Conditions for the Development of Industry in the Azerbaijan SSR]*. Baku, Publ. Azerbaydzhanskoye gosudarstvennoye izdatelstvo, 171 p.
- Geologiya Azerbaydzhana [Geology of Azerbaijan]*. 2003. Ed. by A. Alizadeh. Baku, Publ. Nafta Press, 576 p.
- Gurova I.M., Gurova O.V. 2017. Foreign Experience of Motivation and Incentives of Labor Activities. *Economics & Society: contemporary models of development*, 18: 106–121 (in Russian).
- Ivanov M.F., Petrunko A.O. 2023. Actual Problems of Personnel Motivation in the Construction Industry from the Point of View of Employees and Their Solutions. In: *Current Problems of Economics and Management in Construction. Materials of the National (All-Russian) scientific and practical conference*, St. Petersburg, 6–7 April 2023. St. Petersburg, Publ. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet: 135–140 (in Russian).
- Kvashnina K.A. 2023. Formation of Relationship Marketing in the Construction Industry of Russia. In: *Current Problems of Economics and Management in Construction. Materials of the National (All-Russian) scientific and practical conference*, St. Petersburg, 6–7 April 2023. St. Petersburg, Publ. Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet: 119–122 (in Russian).
- Kokhno P.A. 2021. The Level of High-Tech Production is Determined by Human Capital. *Economics of high-tech production*, 2 (3): 169–180 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/evp.2.3.112357>.
- Kokhno P.A., Kokhno A.P. 2023. The Relationship Between High-Performance Production and Staff Motivation. *Economy of high-tech enterprises*, 4(3): 205–218 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/evp.4.3.116897>.
- Kukin L.A. 2023. Peculiarities of Innovation Management in Construction Materials Production. *Economics, entrepreneurship and law*, 13(12): 5869–5884 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.13.12.120075>.



- Makarenko O.I., Sevka V.G. 2023. Development of the Constructional Materials Production in Foreign Practice. Economics, entrepreneurship and law, 13(2): 413–426 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.13.2.117109>.
- Melekhin V.B., Gamzatov A.Ya. 2015. Estimation and Use Management to Powers of the Production Potential of the Building Enterprise. Journal of Economy and entrepreneurship, 10–2(63): 745–750 (in Russian).
- Nabiev N. 2000. Ekonomika. obshchestvo i ekologicheskaya sreda [Economy, Society and Ecological Environment]. Baku, Publ. Agrydag, 696 p.
- Romanets I.I. 2023. Strategic Intangible Resource of Modern Development: New Competence Values. Journal of Creative Economy, 17(3): 1003–1012 (in Russian). <https://doi.org/10.18334/ce.17.3.117458>
- Czarnecki L., Van Gemert D.A. 2017. Innovation in Construction Materials Engineering Versus Sustainable Development. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences, 6: 765–771. <https://doi.org/10.1515/bpasts-2017-0083>.
- Francesco P., Alice M. 2017. Circular Economy for the Built Environment: a Research Framework. Journal of Cleaner Production, 143: 710–718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>

*Поступила в редакцию 30.05.2024;  
поступила после рецензирования 16.07.2024;  
принята к публикации 20.08.2024*

*Received May 30, 2024;  
Revised July 16, 2024;  
Accepted August 20, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Абдуллаева Нурия Кямран**, докторант кафедры экономической и политической географии Азербайджана, Институт географии имени академика Г.А. Алиева Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Nuria K. Abdullayeva**, doctoral student of the Department of Economic and Political Geography of Azerbaijan, Institute of Geography named after Academician H.A. Aliyev of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan



УДК 394.014  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-354-367

## Тренды исследований мобильности населения – компонент пространственного поведения в городской среде

Гдалин А.Д.

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена  
Россия, 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, 48  
E-mail: ars-gdalin@yandex.ru

**Аннотация.** Статья представляет обзор современных направлений исследований мобильности населения как компонента пространственного поведения в городской среде. Внимание фокусируется на пространственно-временном подходе к исследованию мобильности городского населения в рамках хроногеографии в связи с развитием информационно-коммуникационных технологий. Понимание особенностей индивидуального пространственного поведения и устойчивых моделей поведения различных страт городского сообщества имеет важное значение для создания безопасной, комфортной и доступной для жителей городской среды. В свою очередь, сами особенности городской социосреды оказывают влияние на пространственные модели поведения жителей мегаполисов. Целью исследования является совершенствование теоретико-методологического и концептуального подходов к формированию оптимальной городской среды в условиях усложнения форм и систем мобильности населения, увеличения радиусов расселения в пределах агломераций, удаления мест приложения труда. В задачи исследования в том числе входит анализ направлений современных исследований мобильности как совокупности социальных, экономических и географических факторов, определяющих конкретные пространственно-временные траектории конкретных людей и ее важной роли в формировании городской социосреды. В результате исследования рассмотрены различные подходы к понятию мобильности населения как объекту современных хроногеографических исследований.

**Ключевые слова:** мобильность, хроногеография, пространственно-временной подход, большие данные, городская среда, миграции

**Для цитирования:** Гдалин А.Д. 2024. Тренды исследований мобильности населения – компонент пространственного поведения в городской среде. Региональные геосистемы, 48(3): 354–367. DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-354-367

---

## Trends in Research on Population Mobility as a Component of Spatial Behavior in an Urban Environment

Arsenii D. Gdalin

Herzen State Pedagogical University of Russia  
48 Moika Embankment, St. Petersburg 191186, Russia  
E-mail: ars-gdalin@yandex.ru

**Abstract.** The article provides an overview of modern research directions of population mobility as a component of spatial behavior in an urban environment. Attention is focused on the spatial-temporal approach to the study of the mobility of urban population within the framework of time geography in connection with the development of information and communication technologies. Understanding the characteristics of individual spatial behavior and sustainable behaviors of various strata of the urban community is important for creating a safe, comfortable and accessible urban environment for residents. In turn, the peculiarities of the urban social environment have an impact on the spatial patterns of megalopolis residents' behavior. The aim of the research is to improve theoretical, methodological, and conceptual approaches to the formation of an optimal urban environment in conditions of increasing complexity of forms and systems of population mobility, increasing the radii of settlement within

agglomerations, and removing places of employment. The objectives of the research, among other things, include an analysis of the trends in modern research on mobility as a set of social, economic, and geographical factors that determine particular spatial and temporal trajectories of specific people and its important role in the formation of the urban social environment. As a result, various approaches to the concept of mobility as an object of contemporary geographic research are considered.

**Keywords:** mobility, time-geography, spatial-temporal approach, Big Data, urban environment, migration

**For citation:** Gdalin A.D. 2024. Trends in Research on Population Mobility as a Component of Spatial Behavior in an Urban Environment. *Regional geosystems*, 48(3): 354–367 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-354-367

---

## Введение

Статья затрагивает проблематику хроногеографии (географии времени, пространственно-временной географии) – недооцениваемой в отечественной литературе области научного знания, результаты исследований которой представляют обоснованный интерес для анализа самых различных социальных и экономических процессов и явлений. Зародившаяся на Западе в форме теории в поведенческой географии, хроногеография со временем приобрела междисциплинарное содержание, отражая разнотипные пространственные и временные процессы и события в социальной, экономической, экологической и других сферах.

Вопросы геовизуализации и анализа повседневной деятельности населения в реальном и виртуальном пространстве, базирующиеся на достижениях научной концепции хроногеографии, в последние годы получили отражение в российской географической литературе (благодаря усилиям Стариковой А.В., Трейвиша А.И., Демидовой Е.Е., Бабкина Р.А., Нагирной А.В., Землянскогo Д.Ю. и др. [Старикова, Демидова, 2019]). И хотя цифровизация и смартфонизация вызывает все более пристальное внимание географов-обществоведов, геовизуальные аспекты этих протяженных во времени явлений нуждаются в более глубоком осмыслении.

Считается, что хроногеографический подход способствует усилению и ускорению междисциплинарного взаимодействия общественной географии с социологическими, экономическими и другими отраслями знания. Хроногеография как один из векторов развития социально-экономической географии переживает революционный скачок в исследовательских возможностях в связи с высокой степенью разнообразия информации о пространственном поведении человека, которую эпоха больших данных позволяет извлекать и подвергать анализу. В связи с этим хроногеография становится локомотивом развития всей общественной географии и многих ее классических отраслей за счет возможности анализировать и интерпретировать как традиционную информацию, так и онлайн геолокационные и атрибутивные большие данные.

Являясь важнейшим компонентом пространственного поведения в городской социосреде, мобильность характеризует способность людей передвигаться и получать доступ к различным пространствам и услугам в пределах города, играет важную роль в формировании того, как люди взаимодействуют со своим окружением и таким образом является важным фактором формирования «ткани» городских пространств. Одновременно мобильность выступает индикатором состояния городской социосреды. Изучение типичных моделей пространственного поведения жителей города дает возможность оценить развитость и доступность транспортной инфраструктуры, оценить востребованность городских территорий и отдельных инфраструктурных элементов городской среды, составить представление о состоянии туристической инфраструктуры, условий для развития бизнеса, экологическом благосостоянии, комфортности и безопасности городской среды в



целом. При перемещении акцента со среды на поведение человека и больших групп людей мобильность отражает социогеографическую дифференциацию общества, выступает инструментом оценки миграционных процессов, влияния дискретных событий на изменение типичных моделей массового поведения.

Стремительная цифровизация практически всех процессов человеческой жизни и связанное с ней лавинообразное накопление данных миллиардов пользователей мобильных устройств способствовало всплеску в начале 2000-х годов исследований, основанных на анализе Big Data (большие данные – здесь и далее) в целях изучения поведения человека в городской социосреде. В контексте хроногеографических исследований большие данные отражают не только перемещение людей во времени и пространстве (евклидова геометрия), но и их индивидуальные и социальные характеристики, являются источником эмерджентно-качественной информации для исследования закономерностей пространственного поведения человека.

В большинстве современных зарубежных исследований хроногеографического характера, в том числе использующих различные инструменты обработки больших данных, фигурирует понятие «мобильность», в то время как отечественные авторы чаще оперируют понятиями «пространственное поведение», «миграции» и рядом других.

Одними из первых европейских исследователей, кто сфокусировался на вопросах территориальной мобильности населения как проявления пространственного поведения общества, стали Дж. Голд, Дж. Урри, М. Шеллер, П. Ади и др. Будучи социологами, многие исследователи рассматривали мобильность как социальное явление (социологическое направление), однако в дальнейшем вклад в изучение этого направления исследования внесли ученые в области гуманитарной (социально-экономической) географии, экистики, георбанистики, районного планирования, региональной антропологии, культурологии, региональной экономики, бизнес-геоинформатики и логистики (в т. ч. транспортной), миграций, туризма, эпидемиологической географии и т. п. [Sheller, Urry, 2006]. Сегодня исследования в области хроногеографии (англ. - time geography) актуальны и востребованы во многих странах и имеют прикладной и/или праксеологический характер.

### **Объекты и методы исследования**

Как уже упоминалось выше, результаты, описанные в этой статье, являются частью более крупного исследования, посвященного изучению мобильности населения в городской среде. В последние десятилетия наблюдается стремительный рост использования больших данных в научных исследованиях. Многие из этих исследований используют хроногеографический подход, который позволяет изучать пространственно-временные аспекты человеческой деятельности. В связи с этим возникает необходимость в систематизации и обобщении информации о направлениях современных хроногеографических исследований. Объектом настоящего исследования служит мобильность городского населения в контексте развития информационно-телекоммуникационных технологий и цифровой экономики.

Использованы методы анализа научной литературы: метод деконструкции, аксиоматический, диахронический и дискриптивный методы, аспектный анализ, а также общенаучные методы исследования: анализ, синтез, группировка, обобщение.

Методология работы включала в себя следующие последовательные шаги: отбор ключевых слов и фамилий основных авторов для поиска; выбор научных статей на основе названия, аннотации и ключевых слов; учет количества цитирований статьи; отбор статей, содержание которых сосредоточено на исследовании мобильности населения в условиях городской социосреды; анализ содержания статей и других научных материалов: аналитических докладов экспертов, электронных информационных ресурсов, отчетов научных лабораторий и пр.

## Результаты и их обсуждение

В рамках исследования проведен анализ работ зарубежных и отечественных авторов, посвященных данной проблематике; краткий обзор некоторых из них (наиболее ярко отражающих проблематику или принадлежащих ведущим авторам) представлен в этой статье. С учетом несколько запоздалого интереса отечественных географов к проблематике хроногеографии, данная статья представляет собой попытку анализа публикаций преимущественно западных авторов, исследовавших процессы и закономерности пространственного поведения людей.

Мобильность как объект исследований выступает инструментом для анализа тех или иных социально-географических процессов и явлений с использованием хроногеографического подхода и анализа больших данных. Стоит отметить, что именно большие данные, содержащие не только геолокационную привязку во времени, но и семантическую информацию, представляющую из себя набор качественных характеристик, дали возможность изучать закономерности пространственного поведения людей в контексте их индивидуальных особенностей.

Этим объясняется сосредоточенность большинства исследователей на изучении хроногеографических процессов в мегаполисах и, как следствие, исключительно практические результаты таких исследований, актуальность которых для развития и совершенствования городской социосреды, очевидна. Праксеологический характер, присущий современным хроногеографическим исследованиям, отражен в таблице, где нами предпринята попытка сгруппировать исследования исходя из того, на решение каких проблем они направлены. Не случайно нами выбран термин «инструмент», т. к. полученные знания о закономерностях пространственного поведения людей в условиях городской социосреды служат основой для анализа или оценки социально-географических процессов, аргументом для принятия управленческих или бизнес-решений.

Внимание авторов фокусируется либо на пространстве, человеке, на процессах, либо на сочетании первого, второго или третьего в условиях событийности, т. е. внезапности или нерегулярности происходящего.

Такое разделение, конечно, носит условный характер, т. к., например, исследования транспортных потоков в городе (п. 1) или поведенческих моделей туристов (п. 3) можно рассматривать как миграционные процессы, да и мобильность, вызванная пандемией (п. 4), справедливо относится рядом авторов к этой же категории. Говоря о фокусе внимания, мы хотим подчеркнуть различия в предмете исследований и, как следствие, в применении полученных данных для решения тех или иных задач. В этом контексте анализ влияния городской среды, например, на поведение туристов (информационная инфраструктура, количество туристических объектов, степень развитости туристических услуг, наличие и благоустроенность общественных пространств и пр.) и обратного влияния пространственного поведения туристов на динамику городской среды (направления туристических потоков, сезонная ритмичность туристического трафика, городские события – аттракторы: фестивали, спортивные состязания и т. п.,) в конечном счете важен для принятия решений, которые будут связаны с изменением городской среды (пространства). В то время, как результаты исследования различий в пространственном поведении людей как отражения социальных различий в обществе (человек) важны для принятия решений, которые будут затрагивать социальную сферу, а не пространство как таковое. Сочетание вышеизложенных подходов создает основу для понимания сложной природы мобильности людей как совокупности социальных, экономических и географических факторов, определяющих конкретные пространственно-временные траектории конкретных людей, и ее важной роли в формировании городской социосреды.



Мобильность как объект современных хроногеографических исследований (сост. автором)  
Mobility as an object of modern timegeography research (comp. by the author)

<b>Мобильность как объект современных хроногеографических исследований</b>	
1. Исследования городской среды на основе анализа данных о мобильности	
Направления исследований	Авторы
Анализ дифференциации городской среды и востребованности городского пространства	Huang L. et al., 2018 Li B. et al., 2019 Li J. et al., 2019 Liu X. et al., 2020 Wang Z. J. et al., 2020
Оценка влияния структуры городской среды на перемещение людей	Batty, 2013 Liu et al., 2015 Yang et al., 2019
Изучение мобильности в целях решения городских экологических проблем	Veratti et al., 2020
2. Мобильность как инструмент исследования дифференциации общества, его социальных и демографических характеристик, индивидуальных моделей мобильности	
Состав общества, демографические, социальные, конфессиональные и расовые различия	Давыдкина, 2018 Давыдкина, Семенова, 2018 Colleoni, Pucci, 2016 Kaufmann, 2014 Xu et al., 2018
Исследования сегрегации городской среды	Sturgeon et al., 2020
Классические хроногеографические исследования «пространства деятельности»	Chen, Dobra, 2020
3. Мобильность как средство оценки экономического развития городской социосреды	
Анализ и оптимизация туристической инфраструктуры	Edwards, Griffin, 2013 Xu et al., 2021
Развитие бизнеса	Colmenero Fonseca, Cruz Ramírez, 2020 Massobrio, Nesmachnow, 2020 Yang et al., 2018
4. Мобильность как способ оценки влияния дискретных событий	
Погодные явления	Long et al., 2015
Пандемия	Badr et al., 2020 Freitas et al., 2020 Flaxman et al., 2020 Jia et al., 2020 Zhao et al., 2020
Стихийные бедствия	Bagrow, 2011 Wang, Taylor, 2014
Прогнозирование потенциальных угроз	Griffiths G., et al. 2017 Hipp J. R. et al., 2019 Malleon N., Andresen M. A., 2015 Xu C. et al., 2024
5. Мобильность как инструмент оценки территориальных перемещений населения и миграционной подвижности	
Изучение ритмических процессов, маятниковых миграций в городских агломерациях и анализ систем расселения в городских агломерациях	Бабкин, 2020 Махрова, Бабкин; 2019 Muliček O. et al., 2016 Sheller, Urry, 2006

### ***Мобильность как инструмент изучения городской среды***

Изучение моделей городской мобильности способствует пониманию городской структуры и ее динамических особенностей, позволяет по-новому взглянуть на закономерности организации городского пространства и новые способы определения городской структуры и ее эволюции. Исследования структуры городской среды в основном затрагивают вопросы изучения транспортных потоков в городе. Один из ведущих британских исследователей в области городского планирования, географии городов Batty M. [2013] в книге «The new science of cities» предлагает рассматривать города не только как объекты в пространстве, но и как системы, состоящие из сетей и потоков. Для понимания городского пространства, по мнению автора, необходимо разобраться в потоках, а чтобы понять потоки – в сетях, то есть в связях между элементами, составляющими город как систему.

Система транспортных потоков города отражает структуру городской среды в контексте ритмических перемещений его жителей. Так в работах ряда китайских авторов [Liu et al., 2015; Yang et al., 2019] большие данные о поездках такси в Шанхае, частного транспорта в Пекине были использованы для моделирования внутригородских пространственных взаимодействий. Различия между поездками на дальние и короткие расстояния позволили выявить двухуровневую иерархическую полицентричную структуру города Шанхая. Использование геоданных о передвижении частного автотранспорта в Пекине за двенадцать дней позволило проанализировать временные вариации распределения поездок и пунктов назначения и их связь с пространственной структурой города. Важно подчеркнуть, что именно совокупность цифровых Big Data: геолокационных данных, таких как точки посадки и высадки пассажиров, в совокупности с хронологическими данными (даты, время поездок) и семантическими данными (направление, скорость движения) позволяет исследователям находить взаимосвязи между мобильностью жителей мегаполисов и структурой городской среды.

Различные характеристики городских районов, инфраструктуры и даже отдельных зданий оказывают существенное влияние на пространственно-временное разнообразие моделей мобильности. Ряд исследований [Li B. et al., 2019; Li J. et al., 2019; Liu et al., 2020], посвященных определению различных типов функциональных зон, зданий и городской инфраструктуры, их взаимосвязи с плотностью населения, моделями мобильности и спросом на транспорт, предоставляют городским властям инструменты для принятия обоснованных решений в области городского планирования.

Изучение закономерностей перемещения людей в транспортных потоках в зависимости от существующих в городе точек интереса (англ. *points of interest, POI*) [Huang et al., 2018; Wang et al., 2020] дало возможность объединить городские районы в сетевые сообщества, предложить алгоритмы обнаружения этих сообществ и сравнить обнаруженные структуры с официальными внутригородскими границами между районами.

Решение городских экологических проблем, таких как загрязнение воздуха, изменение климата и истощение ресурсов важно для общественного здравоохранения, городского планирования и управления городами. Данные о фактическом местоположении людей дают возможность оценки воздействия загрязняющих веществ, связанных с дорожным движением на уровне индивидуумов и с более высокой точностью. Подобные методы также применяются в исследованиях для оценки выбросов от транспорта (таких как выбросы CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>) [Veratti et al., 2020] и загрязнения парков и других природно-антропогенных ландшафтов в пределах города.

### ***Мобильность как инструмент исследования дифференциации общества***

Как отмечалось выше, пионерами в вопросах изучения мобильности выступают социологи Kaufmann V., Pucci P., Urry J. и др. В большинстве исследований мобильность рассматривается как инструмент анализа и/или оценки представлений о составе общества и изменениях в нем [Colleoni, Pucci, 2016], выделяются такие факторы, оказывающие вли-



яние на пространственное поведение человека, как потенциал индивида – степень физической мобильности, уровень дохода, стремление к путешествиям; имеющиеся навыки, такие как водительские права или знание иностранных языков, а также развитость и доступность транспорта. Все вышеперечисленное в совокупности позволяет, оценивая мобильность человека или групп, «читать» общество [Kaufmann, 2014].

В отечественных социологических исследованиях нельзя не отметить работы лаборатории социально-средового проектирования «Человеческий фактор», где выделены социальные аспекты, влияющие на пространственное поведение человека. Авторами также предпринята попытка классификации различных видов мобильности с выделением пространственной (географической) мобильности [Давыдкина, Семенова, 2018], вводятся понятия «повседневный маршрут», описывающее часто повторяющиеся ритмические перемещения человека (дом – работа – дом), и «социально-средовой сценарий» перемещений, характерный для определенной социальной группы [Давыдкина, 2018]. Таким образом эта группа исследований вплотную рассматривает интересующий нас вопрос о взаимосвязи и взаимовлиянии городского пространства на перемещение в нем человека и наоборот, оставляя за скобками лишь временной вектор этого процесса.

Собственно географические исследования, рассматривающие мобильность как социально-пространственный феномен, посвящены поискам взаимосвязи между мобильностью людей и их демографическими характеристиками; изучению моделей повседневного ритмического поведения людей и факторов, на него влияющих; изучению вопросов сегрегации городской среды.

Связь крупномасштабных наборов данных о мобильности с наборами демографических данных показывает, что индивидуальные модели мобильности находятся под влиянием индивидуальных демографических и социально-экономических характеристик, таких как возраст, пол, доход, расовая принадлежность, этническая группа и т. д. [Xu et al., 2018]. Кроме того, большие данные открыли новые возможности для оценки индивидуальных пространственных маршрутов людей и служат ценным источником информации для выявления «станций», «пространственно-временных узлов» и «доменов», таких как места проживания и работы, и оценки использования пространства вокруг этих мест [Chen, Dobra, 2020].

Не менее интересны примеры изучения вопросов сегрегации городской среды с помощью данных о мобильности разных профессиональных, этнических, расовых или социальных групп. Для решения именно этой группы задач важно то, что большие данные содержат не только геохронологическую информацию, но и данные о социальной активности и эмоциональные оценки пространства. Сравнение пространственного поведения человека в совокупности с его «цифровым портретом» дает богатую пищу для исследования социальных факторов, влияющих на модели передвижения в пространстве. Одним из примеров таких исследований с использованием традиционных методов: опросы, интервью и анализа данных GPS мобильных устройств пользователей – является изучение проблемы профессиональной сегрегации жителей Белфаста через анализ их пространственного поведения [Sturgeon et al., 2020]. В результате исследователям удалось выделить не только районы компактного проживания католиков и протестантов, но и типичные маршруты передвижения в «своих» локациях и избегания «чужих», включая разделение общественных пространств, таких как парки, магазины и пр., которые являются по идее открытыми пространствами, но по факту – сегрегированными по религиозному признаку.

### ***Мобильность как инструмент оценки экономического развития городской социосреды***

Понимание пространственного распределения и динамики экономической деятельности человека помогает в выборе мест для бизнеса, размещения рекламы и использования маркетинговых инструментов. Пространственное поведение людей играет основную

роль в интеграции пространств и событий [Colmenero, Cruz, 2020], стимулирует активную экономическую деятельность в городских районах. Люди получают доступ к различным товарам и услугам посредством своих перемещений, или, другими словами: человеческая мобильность имеет экономические последствия в городском пространстве [Massobrio, Nesmachnow, 2020]. С этой точки зрения мобильность людей можно рассматривать не только как важный фактор, но и эффективный индикатор экономической деятельности. Семантическая информация о пространственном поведении людей все чаще становится основой анализа различных видов экономической деятельности, что имеет практическую ценность для развития бизнеса.

Эти исследования можно разделить на две предметные области: исследования, связанные с изучением поведения туристов, и исследования, связанные с анализом мобильности людей в городской среде для развития бизнеса.

Туристические поездки имеют ярко выраженные сезонные особенности, которые фиксируют сезонные ритмы пространственного поведения туристов. Различные методы интеллектуального анализа данных, такие как статистический анализ и поиск частых закономерностей, используются для анализа обобщенных моделей туристической мобильности [Xu et al., 2021]. Полученные результаты расширяют понимание особенностей передвижения туристов и имеют широкое применение для управления туристическими потоками. Например, Эдвардс и Гриффин [Edwards, Griffin, 2013], используя данные GPS и метод интервьюирования, проанализировали модели мобильности туристов в Сиднее и Мельбурне. Сочетание больших данных и опросов позволило не только выявить популярные маршруты движения туристов, но и причины низкой популярности ряда туристических объектов. Так недостаток знаний о системах общественного транспорта и системе продажи билетов был основным препятствием для использования общественного транспорта. Схема улиц Мельбурна и бесплатный городской трамвай оказались более удобными для пользователя, чем схема улиц и общественный транспорт Сиднея. Полученные в результате визуальные карты представляют из себя ценный диагностический инструмент для развития туризма в обоих городах.

Сложно переоценить значимость анализа мобильности людей для развития бизнеса в городской среде. Подавляющее большинство прикладных исследований связано именно с этой задачей, их результаты в самые кратчайшие сроки находят своих бенефициаров. Сфера развлечений, розничная торговля, выбор места для бизнеса, развитие городского пространства – наиболее популярные направления прикладных исследований с использованием больших данных о мобильности людей в городе. Процветание городской территории, характеризующееся популярностью региона, становится полезной основой для принятия решений при выборе места для ведения бизнеса. Поскольку структура мобильности людей является эффективным индикатором привлекательности городской среды, анализ моделей мобильности актуален для выбора места и оценки недвижимости, способов и мест рекламной деятельности и целевого маркетинга. Еще одним направлением исследований является измерение сходства мобильности. Люди со схожими моделями мобильности, как правило, имеют схожие интересы, повседневную деятельность и предпочитаемые места назначения [Yang et al., 2018]. Поэтому методы расчета сходства в мобильности широко используются платформами социальных сетей для продвижения рекомендаций друзей, влияя тем самым на потенциальные сценарии мобильности. Так мобильность одних в совокупности с современными технологиями порождает мобильность других.

### ***Мобильность как инструмент оценки влияния дискретных событий***

Пандемия COVID-19 не только изменила мир, внесла коррективы в повседневное пространственное поведение жителей больших городов, но и породила всплеск исследований, посвященных не только этой тематике, но и в целом вопросам влияния дискретных событий на изменение массового пространственного поведения людей. Практическую пользу таких исследований сложно переоценить. Ряд исследований подтвердил высокую



степень корреляции между объемами поездок и количеством подтвержденных случаев COVID-19 в наиболее пострадавших городах и странах [Badr et al., 2020; Freitas et al., 2020; Jia et al., 2020; Zhao et al., 2020]. Эти знания побудили страны решать проблему COVID с помощью различных мер, начиная от полного регионального карантина и заканчивая закрытием второстепенных предприятий и различными формами ограничений на поездки [Flaxman et al., 2020]. Понимание внезапных массовых перемещений людей имеет решающее значение для оценки уязвимости городского населения и разработки планов эвакуации, реагирования и оказания помощи при стихийных бедствиях. Модели передвижения людей нарушаются во время экстремальных природных явлений. Например, крупные стихийные бедствия, такие как землетрясения, приводят к региональным миграциям населения [Bagrow, 2011], а экстремальные погодные явления, такие как проливные дожди или сильные ветры, существенно изменяют ритмичность жизнедеятельности [Long et al., 2015]. Используя данные добровольцев из Твиттера в Нью-Йорке во время урагана «Сэнди», Ван и Тейлор [Wang, Taylor, 2014] обнаружили закономерности в мобильности людей во время катастрофы. Полученные результаты способствуют построению оптимальных моделей управления потоками пространственных перемещений людей в нетипичных условиях и могут существенно повысить эффективность деятельности властей в экстремальных условиях.

Информация о мобильности людей дает новые эффективные инструменты для анализа, прогнозирования потенциальных угроз и борьбы с преступностью в городах. Инструментами в такого рода исследованиях выступают самые разные виды Big Data. В работах авторов [Malleson, Andresen, 2015; Hipp et al., 2019] данные о плотности геотвигов использованы для улучшения оценок уровня преступности на уровне кварталов, которые традиционно полагались только на информацию о населении. Анализ геолокаций записей мобильных телефонов террористов в целях изучения моделей их пространственных перемещений и определения места их деятельности представлен в работе английских авторов [Griffiths et al., 2017], а китайские исследователи [Xu et al., 2024] сконцентрировали свое внимание на сопоставлении данных ГИС районов сегрегации с уровнем преступности в этих районах.

### ***Мобильность как инструмент оценки миграционной подвижности населения***

Жизнедеятельность человека обладает ритмичностью и связанными с ней процессами миграций. Исследователи из университета *Masaryk* (Брно, Чехия) [Muliček et al., 2016] рассматривают город как систему ритмических процессов. Они изучают, как эти процессы влияют на функциональную структуру городской среды. В результате ученые выделяют доминирующие ритмы, управляющие городом и объединяющие различные городские пространства в единую систему пространственно-временных кластеров.

Возможность использования больших данных делает анализ миграционных процессов более глубоким, позволяя выявлять не только лежащие на поверхности, но и скрытые закономерности. Так, к примеру, хроногеографический подход и данные сотовых операторов позволили авторам (Махрова, Бабкин) выделить границы Московской агломерации и провести анализ ее пространственной структуры, разработать модель «пульсирующей агломерации» в целях анализа динамики социально-экономического функционирования агломераций [Махрова, Бабкин, 2019; Бабкин, 2020].

## **Заключение**

Анализ статей отечественных и зарубежных авторов, открытых электронных ресурсов, данных о результатах исследований профильных научных институтов позволил выделить следующие направления современных хроногеографических исследований, посвященных проблемам изучения мобильности населения в условиях городской среды:

– изучение городской среды на основе анализа данных о мобильности, включающее в себя анализ дифференциации городской среды и востребованности городского пространства, оценку влияния структуры городской среды на перемещение людей, изучение мобильности в целях решения городских экологических проблем;

– исследования, в которых мобильность выступает инструментом анализа дифференциации общества, его социальных и демографических характеристик, индивидуальных моделей мобильности. Этот пул исследований затрагивает такие области как: изучение состава общества, его демографических, социальных, конфессиональных и расовых различий, отражающихся в моделях индивидуальной и коллективной мобильности; исследования сегрегации городской среды, проявляющейся в пространственном поведении жителей мегаполисов; классические хроногеографические исследования, посвященные индивидуальной мобильности, выявлению «станций», «пространственно-временных узлов» и «доменов» с помощью больших данных;

– исследования, посвященные изучению мобильности как средства оценки экономического развития городской социосреды как в части анализа туристической инфраструктуры, так и изучении привлекательности городской среды для развития бизнеса через призму пространственно-поведенческих моделей;

– анализ данных о мобильности в целях оценки влияния дискретных событий на типичные модели индивидуального и массового пространственного поведения жителей городов, включающий в себя изучение и прогнозирование потенциальных угроз, влияние экстремальных погодных условий, стихийных бедствий, пандемии на изменение поведенческих моделей;

– использование данных о мобильности населения как инструмента оценки территориальных перемещений населения и миграционной подвижности, изучения ритмических процессов, маятниковых миграций в городских агломерациях и анализа систем расселения в городских агломерациях.

Предметом исследований выступают собственно городская среда, социально-демографические и иные индивидуальные характеристики человека или сообществ, процессы, имеющие хроногеографические характеристики.

### Список литературы

- Бабкин Р.А. 2020. Динамика расселения Московского региона по данным сотовых операторов. Дис. ... канд. геогр. наук. М., 234 с.
- Давыдкина Л.В. 2018. Образ жизни в измерениях пространственной мобильности: методология сбора и анализа данных о перемещениях горожан. Современные исследования социальных проблем, 9(12): 41–61. <https://doi.org/10.12731/2218-7405-2018-12-41-61>
- Давыдкина Л.В., Семенова Т.В. 2018. Психологические аспекты образа жизни и социальной мобильности. Научное отражение, 4(14): 32–39.
- Махрова А.Г., Бабкин Р.А. 2019. Методические подходы к делимитации границ Московской агломерации на основе данных сотовых операторов. Региональные исследования, 2(64): 48–57. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2019-2-5>.
- Старикова А.В., Демидова Е.Е. 2019. Пространственная мобильность и цифровизация: роль новых ценностей в общественной жизни и влияние на миграции населения. В кн.: Цифровизация общества и будущее христианства. Материалы V Международной научной конференции, Москва, 24 января 2019. М., Издательство Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета: 115–128.
- Badr H.S., Du H., Marshall M., Dong E., Squire M.M., Gardner L.M. 2020. Association Between Mobility Patterns and COVID-19 Transmission in the USA: a Mathematical Modelling Study. The Lancet Infectious Diseases, 20(11): 1247–1254. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30553-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30553-3)
- Bagrow J.P., Wang D., Barabasi A.L. 2011. Collective Response of Human Populations to Large-Scale Emergencies. PloS one, 6(3): e17680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017680>



- Batty M. 2013. *The New Science of Cities*. Cambridge, MA, United States, MIT press, 520 p. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.937717>
- Chen Y.C., Dobra A. 2020. Measuring Human Activity Spaces from GPS Data with Density Ranking and Summary Curves. *The Annals of Applied Statistics*, 14(1): 409–432. <https://doi.org/10.1214/19-AOAS1311>.
- Colleoni M., Pucci P. 2016. *Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities*. Switzerland, Springer International Publishing, 274 p.
- Colmenero F.F., Cruz R.A.C. 2020. Analysis and Proposal of Sustainable Urban Mobility: Accessibility to the Cultural Heritage of the City of Guanajuato; Gto. *VITRUVIO: International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 5(1): 17–35.
- Edwards D., Griffin T. 2013. Understanding Tourists' Spatial Behaviour: GPS Tracking as an Aid to Sustainable Destination Management. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(4): 580–595. <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.776063>
- Flaxman S., Mishra S., Gandy A., Unwin H.J.T., Mellan T.A., Coupland H., Whittaker Ch., Zhu H., Berah T., Eaton J.W., Monod M., Ghani A.C., Donnelly C.A., Riley S., Vollmer M.A.C., Ferguson N.M., Okell L.C., Bhatt S. 2020. Estimating the Effects of Non-Pharmaceutical Interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*, 584(7820): 257–261. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
- Freitas V.L.S., Konstantyner T.C.R.O., Mendes J.F., Sepetauskas C.S.N., Santos L.B.L. 2020. The Correspondence Between the Structure of the Terrestrial Mobility Network and the Spreading of COVID-19 in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 36: e00184820.
- Griffiths G., Johnson S.D., Chetty K. 2017. UK-Based Terrorists' Antecedent Behavior: A Spatial and Temporal Analysis. *Applied geography*, 86: 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.007>
- Hipp J.R., Bates Ch., Lichman M., Smyth P. 2019. Using Social Media to Measure Temporal Ambient Population: Does it Help Explain Local Crime Rates? *Justice Quarterly*, 36(4): 718–748. <https://doi.org/10.1080/07418825.2018.1445276>
- Huang L., Yang Y., Gao H., Zhao X., Du Zh. 2018. Comparing Community Detection Algorithms in Transport Networks Via Points of Interest. *IEEE Access*, 6: 29729–29738. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841321>
- Jia J.S., Lu X., Yuan Y., Xu G., Jia J., Christakis N.A. 2020. Population Flow Drives Spatio-Temporal Distribution of COVID-19 in China. *Nature*, 582(7812): 389–394. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2284-y>
- Kaufmann V. 2014. Mobility as a Tool for Sociology. *Sociologica*, 8(1): 1–17.
- Li B., Cai Z., Jiang L., Su Sh., Huang X. 2019. Exploring Urban Taxi Ridership and Local Associated Factors Using GPS Data and Geographically Weighted Regression. *Cities*, 87: 68–86. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.033>
- Li J., Li J., Yuan Y., Li G. 2019. Spatiotemporal Distribution Characteristics and Mechanism Analysis of Urban Population Density: A Case of Xi'an, Shaanxi, China. *Cities*, 86: 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.008>
- Liu X., Gong L., Gong Y., Liu Y. 2015. Revealing Travel Patterns and City Structure with Taxi Trip Data. *Journal of transport Geography*, 43: 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.016>
- Liu X., Sun L., Sun Q., Gao G. 2020. Spatial Variation of Taxi Demand Using GPS Trajectories and POI Data. *Journal of Advanced Transportation*, 1(2020): 7621576.
- Long Y., Han H., Tu Y., Shu X. 2015. Evaluating the Effectiveness of Urban Growth Boundaries Using Human Mobility and Activity Records. *Cities*, 46: 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.001>
- Malleson N., Andresen M.A. 2015. The Impact of Using Social Media Data in Crime Rate Calculations: Shifting Hot Spots and Changing Spatial Patterns. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(2): 112–121. <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.905756>
- Massobrio R., Nesmachnow S. 2020. Urban Mobility Data Analysis for Public Transportation Systems: a Case Study in Montevideo, Uruguay. *Applied Sciences*, 10(16): 5400. <https://doi.org/10.3390/app10165400>
- Mulíček O., Osman R., Seidenglanz D. 2016. Time-Space Rhythms of the City – The Industrial and Postindustrial Brno. *Environment and Planning A*, 48(1): 115–131.

- Sheller M., Urry J. 2006. The New Mobilities Paradigm. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 38(2): 207–226. <https://doi.org/10.1068/a37268>.
- Sturgeon B., Jarman N., Bryan D., Dixon J., Whyatt D., Hocking B.T., Huck J., Davies G., Tredoux C. 2020. *Mobility, Sharing and Segregation in Belfast: Policy report*. United Kingdom, Institute for Conflict Research, 58 p.
- Veratti G., Fabbi S., Bigi A., Lupascu A., Tinarelli G., Teggi S., Brusasca G., Butler T.M., Ghermandi G. 2020. Towards the Coupling of a Chemical Transport Model with a Micro-Scale Lagrangian Modelling System for Evaluation of Urban NO<sub>x</sub> Levels in a European Hotspot. *Atmospheric Environment*, 223: 117285. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117285>
- Wang Q., Taylor J.E. 2014. Quantifying Human Mobility Perturbation and Resilience in Hurricane Sandy. *PLoS one*, 9(11): e112608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112608>
- Wang Z.J., Chen Z.-X., Wu J.-Y., Yu H.-W., Yao X.-M. 2020. Detecting Latent Urban Mobility Structure Using Mobile Phone Data. *Modern Physics Letters B*, 34(30): 2050342. <https://doi.org/10.1142/S021798492050342X>
- Xu C., Zhang X., Liu L., Yue H., Zhou H., Zhou S. 2024. Are Villages in the City and Segregation Associated with Crime in Chinese Cities? An Assessment of Burglary in ZG City Using Satellite Images and Big Data. *Cities*, 149: 104979. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104979>
- Xu Y., Belyi A., Bojic I., Ratti C. 2018. Human Mobility and Socioeconomic Status: Analysis of Singapore and Boston. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72: 51–67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.04.001>
- Xu Y., Xue J., Park S., Yue Y. 2021. Towards a Multidimensional View of Tourist Mobility Patterns in Cities: A Mobile Phone Data Perspective. *Computers, Environment and urban systems*, 86: 101593. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101593>
- Yang M., Cheng C., Chen B. 2018. Mining Individual Similarity by Assessing Interactions with Personally Significant Places from GPS Trajectories. *ISPRS international journal of geo-information*, 7(3): 126. <https://doi.org/10.3390/ijgi7030126>
- Yang X., Fang Z., Yin L., Li J., Lu S., Zhao Z. 2019. Revealing the Relationship of Human Convergence – Divergence Patterns and Land Use: A Case Study on Shenzhen City, China. *Cities*, 95: 102384. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.015>
- Zhao S., Zhuang Z., Cao P., Ran J., Gao D., Lou Y., Yang L., Cai Y., Wang W., He D., Wang M.H. 2020. Quantifying the Association Between Domestic Travel and the Exportation of Novel Coronavirus (2019-nCoV) Cases from Wuhan, China in 2020: a Correlational Analysis. *Journal of travel medicine*, 27(2): taaa022. <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa022>

### References

- Babkin R.A. 2020. *Dinamika rasselenija Moskovskogo regiona po dannym sotovyh operatorov [Dynamics of Settlement in the Moscow Region According to Mobile Operators]*. Dis. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 234 p.
- Davydkina L.V. 2018. Lifestyle in a Mirror of Spatial Mobility: Methodology of Gathering and Analysis of Data on Citizens Movements. *Modern Studies of Social Issues*, 9(12): 41–61 (in Russian). <https://doi.org/10.12731/2218-7405-2018-12-41-61>
- Davydkina L.V., Semenova T.V. 2018. Psychological Aspects of Lifestyles and Social Mobility. *Nauchnoe otrazhenie*, 4(14): 32–39 (in Russian).
- Mahrova A.G., Babkin R.A. 2019. Methodological Approaches for Moscow Urban Agglomeration Delimitation Based on Mobile Network Operators Data. *Regional Research*, 2(64): 48–57 (in Russian). <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2019-2-5>
- Starikova A.V., Demidova E.E. 2019. Spatial Mobility and Digitalization: the Role of New Values in Public Life and Their Impact on Migration. In: *Cifrovizacija obshhestva i budushchee hristianstva. Digitalization of Society and the Future of Christianity. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Scientific Conference, Moscow, 24 January 2019*. Moscow, St. Tikhon's Orthodox University of the Humanities Publ.: 115–128 (in Russian).
- Badr H.S., Du H., Marshall M., Dong E., Squire M.M., Gardner L.M. 2020. Association Between Mobility Patterns and COVID-19 Transmission in the USA: a Mathematical Modelling Study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(11): 1247–1254. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30553-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30553-3)



- Bagrow J.P., Wang D., Barabasi A.L. 2011. Collective Response of Human Populations to Large-Scale Emergencies. *PloS one*, 6(3): e17680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017680>
- Batty M. 2013. *The New Science of Cities*. Cambridge, MA, United States, MIT press, 520 p. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.937717>
- Chen Y.C., Dobra A. 2020. Measuring Human Activity Spaces from GPS Data with Density Ranking and Summary Curves. *The Annals of Applied Statistics*, 14(1): 409–432. <https://doi.org/10.1214/19-AOAS1311>.
- Colleoni M., Pucci P. 2016. *Understanding Mobilities for Designing Contemporary Cities*. Switzerland, Springer International Publishing, 274 p.
- Colmenero F.F., Cruz R.A.C. 2020. Analysis and Proposal of Sustainable Urban Mobility: Accessibility to the Cultural Heritage of the City of Guanajuato; Gto. *VITRUVIO: International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 5(1): 17–35.
- Edwards D., Griffin T. 2013. Understanding Tourists' Spatial Behaviour: GPS Tracking as an Aid to Sustainable Destination Management. *Journal of Sustainable Tourism*, 21(4): 580–595. <https://doi.org/10.1080/09669582.2013.776063>
- Flaxman S., Mishra S., Gandy A., Unwin H.J.T., Mellan T.A., Coupland H., Whittaker Ch., Zhu H., Berah T., Eaton J.W., Monod M., Ghani A.C., Donnelly C.A., Riley S., Vollmer M.A.C., Ferguson N.M., Okell L.C., Bhatt S. 2020. Estimating the Effects of Non-Pharmaceutical Interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*, 584(7820): 257–261. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2405-7>
- Freitas V.L.S., Konstantyner T.C.R.O., Mendes J.F., Sepetauskas C.S.N., Santos L.B.L. 2020. The Correspondence Between the Structure of the Terrestrial Mobility Network and the Spreading of COVID-19 in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, 36: e00184820.
- Griffiths G., Johnson S.D., Chetty K. 2017. UK-Based Terrorists' Antecedent Behavior: A Spatial and Temporal Analysis. *Applied geography*, 86: 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.007>
- Hipp J.R., Bates Ch., Lichman M., Smyth P. 2019. Using Social Media to Measure Temporal Ambient Population: Does it Help Explain Local Crime Rates? *Justice Quarterly*, 36(4): 718–748. <https://doi.org/10.1080/07418825.2018.1445276>
- Huang L., Yang Y., Gao H., Zhao X., Du Zh. 2018. Comparing Community Detection Algorithms in Transport Networks Via Points of Interest. *IEEE Access*, 6: 29729–29738. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2841321>
- Jia J.S., Lu X., Yuan Y., Xu G., Jia J., Christakis N.A. 2020. Population Flow Drives Spatio-Temporal Distribution of COVID-19 in China. *Nature*, 582(7812): 389–394. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2284-y>
- Kaufmann V. 2014. Mobility as a Tool for Sociology. *Sociologica*, 8(1): 1–17.
- Li B., Cai Z., Jiang L., Su Sh., Huang X. 2019. Exploring Urban Taxi Ridership and Local Associated Factors Using GPS Data and Geographically Weighted Regression. *Cities*, 87: 68–86. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.033>
- Li J., Li J., Yuan Y., Li G. 2019. Spatiotemporal Distribution Characteristics and Mechanism Analysis of Urban Population Density: A Case of Xi'an, Shaanxi, China. *Cities*, 86: 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.008>
- Liu X., Gong L., Gong Y., Liu Y. 2015. Revealing Travel Patterns and City Structure with Taxi Trip Data. *Journal of transport Geography*, 43: 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.016>
- Liu X., Sun L., Sun Q., Gao G. 2020. Spatial Variation of Taxi Demand Using GPS Trajectories and POI Data. *Journal of Advanced Transportation*, 1(2020): 7621576.
- Long Y., Han H., Tu Y., Shu X. 2015. Evaluating the Effectiveness of Urban Growth Boundaries Using Human Mobility and Activity Records. *Cities*, 46: 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.001>
- Malleson N., Andresen M.A. 2015. The Impact of Using Social Media Data in Crime Rate Calculations: Shifting Hot Spots and Changing Spatial Patterns. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(2): 112–121. <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.905756>
- Massobrio R., Nesmachnow S. 2020. Urban Mobility Data Analysis for Public Transportation Systems: a Case Study in Montevideo, Uruguay. *Applied Sciences*, 10(16): 5400. <https://doi.org/10.3390/app10165400>

- Mulíček O., Osman R., Seidenglanz D. 2016. Time-Space Rhythms of the City – The Industrial and Postindustrial Brno. *Environment and Planning A.*, 48(1): 115–131.
- Sheller M., Urry J. 2006. The New Mobilities Paradigm. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 38(2): 207–226. <https://doi.org/10.1068/a37268>.
- Sturgeon B., Jarman N., Bryan D., Dixon J., Whyatt D., Hocking B.T., Huck J., Davies G., Tredoux C. 2020. *Mobility, Sharing and Segregation in Belfast: Policy report*. United Kingdom, Institute for Conflict Research, 58 p.
- Veratti G., Fabbi S., Bigi A., Lupascu A., Tinarelli G., Teggi S., Brusasca G., Butler T.M., Ghermandi G. 2020. Towards the Coupling of a Chemical Transport Model with a Micro-Scale Lagrangian Modelling System for Evaluation of Urban NOx Levels in a European Hotspot. *Atmospheric Environment*, 223: 117285. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117285>
- Wang Q., Taylor J.E. 2014. Quantifying Human Mobility Perturbation and Resilience in Hurricane Sandy. *PLoS one*, 9(11): e112608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112608>
- Wang Z.J., Chen Z.-X., Wu J.-Y., Yu H.-W., Yao X.-M. 2020. Detecting Latent Urban Mobility Structure Using Mobile Phone Data. *Modern Physics Letters B.*, 34(30): 2050342. <https://doi.org/10.1142/S021798492050342X>
- Xu C., Zhang X., Liu L., Yue H., Zhou H., Zhou S. 2024. Are Villages in the City and Segregation Associated with Crime in Chinese Cities? An Assessment of Burglary in ZG City Using Satellite Images and Big Data. *Cities*, 149: 104979. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104979>
- Xu Y., Belyi A., Bojic I., Ratti C. 2018. Human Mobility and Socioeconomic Status: Analysis of Singapore and Boston. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72: 51–67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.04.001>
- Xu Y., Xue J., Park S., Yue Y. 2021. Towards a Multidimensional View of Tourist Mobility Patterns in Cities: A Mobile Phone Data Perspective. *Computers, Environment and urban systems*, 86: 101593. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2020.101593>
- Yang M., Cheng C., Chen B. 2018. Mining Individual Similarity by Assessing Interactions with Personally Significant Places from GPS Trajectories. *ISPRS international journal of geo-information*, 7(3): 126. <https://doi.org/10.3390/ijgi7030126>
- Yang X., Fang Z., Yin L., Li J., Lu S., Zhao Z. 2019. Revealing the Relationship of Human Convergence – Divergence Patterns and Land Use: A Case Study on Shenzhen City, China. *Cities*, 95: 102384. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.06.015>
- Zhao S., Zhuang Z., Cao P., Ran J., Gao D., Lou Y., Yang L., Cai Y., Wang W., He D., Wang M.H. 2020. Quantifying the Association Between Domestic Travel and the Exportation of Novel Coronavirus (2019-nCoV) Cases from Wuhan, China in 2020: a Correlational Analysis. *Journal of travel medicine*, 27(2): taaa022. <https://doi.org/10.1093/jtm/taaa022>

*Поступила в редакцию 03.06.2024;  
поступила после рецензирования 15.07.2024;  
принята к публикации 20.07.2024*

*Received June 03, 2024;  
Revised July 15, 2024;  
Accepted July 20, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Гдалин Арсений Дмитриевич**, аспирант кафедры экономической географии, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Arsenii D. Gdalin**, Postgraduate Student of the Department of Economic Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia



УДК 504.504  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

## Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий

<sup>1</sup>Киселев Вл.В., <sup>2</sup>Корнилов А.Г., <sup>2</sup>Киселев Вик.В., <sup>2</sup>Корнилов А.А.

<sup>1</sup>Белгородский университет кооперации, экономики и права  
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

<sup>2</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: vladislav\_kiselev\_93@mail.ru, kornilov@bsu.edu.ru, 797146@bsu.edu.ru, 1759204@bsu.edu.ru

**Аннотация.** В данной статье приведены основные результаты гидрохимического мониторинга (по данным Росгидромета) малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий. На основе комплексного комбинированного показателя степени загрязнённости поверхностных вод (УКИЗВ) выявлен умеренный положительный тренд загрязнённости исследуемых рек (рост до 20 %) в пределах рассматриваемого периода. Определены характерные загрязняющие вещества на каждом из водных участков. В результате установлено, что биогенная нагрузка по азоту и фосфатам дифференцируется в зависимости от источника сельскохозяйственного воздействия на малые реки. Участки исследуемых рек, где преобладает неканализованный сельский сток, как правило, подвержены фосфатному ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) и аммонийному ( $\text{NH}_4^+$ ) загрязнению (рост показателей до 35 %). Малые реки, расположенные в зоне функционирования животноводческих площадок агропромышленного комплекса, имеют тенденцию к пиковым концентрациям загрязнения соединениями нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ) и нитритов ( $\text{NO}_2^-$ ) в период активного функционирования животноводческого производства. Данная тенденция подтверждает общий тренд формирования гидроэкологической ситуации в Белгородской области на фоне интенсификации сельскохозяйственной отрасли региона.

**Ключевые слова:** гидрохимические показатели, Белгородская область, малые реки, гидроэкологическая ситуация, сельские территории, показатель УКИЗВ

**Для цитирования:** Киселев Вл.В., Корнилов А.Г., Киселев Вик.В., Корнилов А.А. 2024. Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий. Региональные геосистемы, 48(3): 368–381. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

---

## Assessing the Hydrochemical State of Small Rivers within Rural Areas of Belgorod Region

<sup>1</sup>Vladislav V. Kiselev, <sup>2</sup>Andrey G. Kornilov, <sup>2</sup>Viktor V. Kiselev, <sup>2</sup>Andrey A. Kornilov

<sup>1</sup>Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,  
116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University,  
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia

E-mail: vladislav\_kiselev\_93@mail.ru, kornilov@bsu.edu.ru, 797146@bsu.edu.ru, 1759204@bsu.edu.ru

**Abstract.** This article presents the main results of hydrochemical monitoring of small rivers in rural areas of Belgorod region, based on Roshydromet data. Using a specific combinatorial water pollution index (SCWPI), we revealed a moderate positive trend in the pollution of the studied rivers (an increase of up to 20 %) within the period under review. The characteristic pollutants in each of the water areas were identified. As a result, it was found that the biogenic load of nitrogen and phosphates is differentiated depending on the source of agricultural impact on small rivers. The areas of the studied rivers, where non-

channeled rural runoff prevails are usually susceptible to phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pollution (an increase of up to 35 %). Small rivers located close to livestock farms—tend to peak concentrations of pollution with nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) compounds during the operation of livestock production. This trend confirms the general trend in the formation of the hydroecological situation in Belgorod region against the backdrop of the region's agribusiness intensification.

**Keywords:** hydrochemical indicators, Belgorod region, small rivers, hydroecological situation, rural areas, specific combinatorial water pollution index

**For citation:** Kiselev V.I., Kornilov A.G, Kiselev Vik.V., Kornilov A.A. 2024. Assessing the Hydrochemical State of Small Rivers within Rural Areas of Belgorod Region. Regional Geosystems, 48(3): 368–381 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

## Введение

Масштабы развития сельскохозяйственного производства в пределах Белгородской области в последние годы приобретают небывалый размах, что не может не сказываться на экологическом состоянии всех компонентов природы. В особенности страдают близлежащие поверхностные водные объекты [Лисецкий и др., 2015; Коронкевич и др., 2018].

Доля сельскохозяйственных земель в общей структуре земельного фонда региона составляет более 70 %, из них практически 80 % занимает пашня. Основными загрязняющими веществами в диффузном стоке с сельскохозяйственных угодий являются остатки органических и минеральных удобрений, ядохимикаты и др. [Buryak et al., 2022].

Отдельно стоит отметить загрязнение малых рек Белгородской области стоками животноводческих комплексов, так как регион является одним из лидеров России по развитию животноводческой отрасли, а по темпам развития свиноводства занимает первое место в стране [Колмыков, 2006; Назаренко и др., 2013; Буряк, 2023].

Как следствие, интенсификация сельскохозяйственного производства близ водных объектов негативно отражается на их гидрохимических характеристиках, что можно рассматривать в качестве основного индикатора отрицательного влияния на водную среду. [Кумани, 2005; Коронкевич и др., 2017; Стоящева, 2018; Ясинский, 2007, 2018].

Также негативное влияние на гидрохимическую ситуацию в районах развития сельского хозяйства Белгородской области оказывают малые населённые пункты с неканализованной сельской застройкой. Общее число сельских населённых пунктов в Белгородской области составляет более 1500 единиц, а численность сельского населения – около 500 тыс. человек, что составляет 1/3 от общей численности населения. В связи с этим можно сделать вывод, что диффузный неканализованный сток сельских населённых пунктов в значительной мере определяет экологическое состояние малых рек региона [Lisetskii et al., 2014; Yermolaev et al., 2015].

Таким образом, целью работы является гидрохимический анализ водных характеристик малых рек Белгородской области в районах сельских территорий.

## Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования рассматривались малые реки Белгородской области в пределах сельских территорий с расположенными на них створами Росгидромета (рис. 1): р. Ворскла, р. Оскол, р. Тихая Сосна, р. Северский Донец, р. Короча, р. Нежеголь. Период исследования составил 15 лет (с 2008 по 2022 г.).

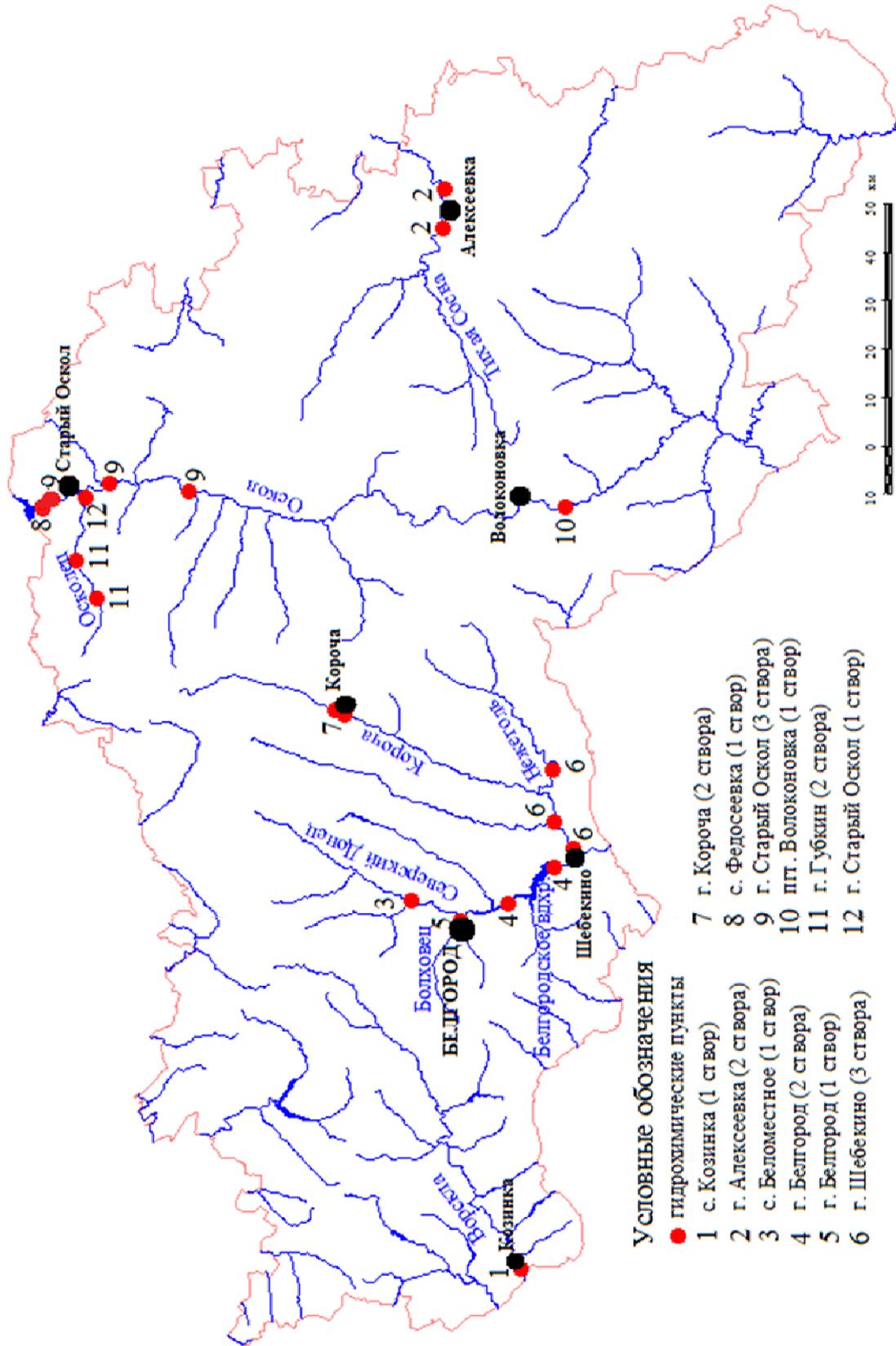


Рис. 1. Размещение анализируемых створов (посты Росгидромета) [Ежегодники качества..., 2023]

Fig. 1. Placement of analyzed doors (Roshydromet posts) [Quality Yearbooks..., 2023]

Для исследования были выбраны следующие участки рек:

р. Оскол – 2 створа:

1) 25,0 км ниже г. Старый Оскол, в черте с. Ивановка (№ 9);

2) 8,0 км ниже пгт. Волоконовка, у с. Пятницкое (№ 10);

р. Тихая Сосна – створ у с. Ильинка, 1 км выше г. Алексеевка (№ 2);

р. Ворскла – створ в пределах с. Козинка (№ 1);

р. Северский Донец – створ у с. Беломестное (№ 3);

р. Нежеголь – створ в 16 км выше г. Шебекино (№ 6);

р. Короча – створ в 1,5 км выше г. Короча (№ 7).

Выбранные участки рек могут служить информационной базой гидрохимического загрязнения в пределах исследуемых сельских территорий.

Оценка антропогенной сельскохозяйственной нагрузки на исследуемые малые реки представлена в табл. 1 и 2. [Географический атлас..., 2017; Статистический бюллетень, 2021; Экспертно-аналитический..., 2024].

Таблица 1  
Table 1

Сельскохозяйственная нагрузка на исследуемые малые реки в зоне интенсивного животноводства  
Agricultural load on the studied small rivers in the zone of intensive animal husbandry

Сельскохозяйственная нагрузка		Корочанский район (р. Короча)	Белгородский район (р. Сев. Донец)	Шебекинский район (р. Нежеголь)
Сельскохозяйственные угодья (га)	пашня	91556	89174	104915
	пастбища	20372	17387	18766
Животноводческая нагрузка (шт.)	Свиней	438296	164 985	209 029
	КРС	9 171	9 483	10 812
	Птиц	783 800	2290000	5065600
Внесение органических удобрений, т/га		51	63	15,6
Внесение минеральных удобрений, кг/га	Азотные	790	747	346
	Фосфорные	180	136	89
	Калийные	200	158	112

Таблица 2  
Table 2

Антропогенная нагрузка на исследуемые малые реки со стороны прилегающего неканализованного частного сектора  
Anthropogenic pressure on the studied small rivers from the adjacent non-regulated private sector

Сельский населённый пункт	с. Ильинка (р. Тихая Сосна)	с. Козинка (р. Ворскла)	с. Ивановка (р. Оскол)	с. Пятницкое (р. Оскол)
Численность населения, чел.	1367	1352	579	4160
Количество сточных вод, м <sup>3</sup> /год*	7519	7436	3185	22880

\*Нормативный показатель сточных вод от 1 человека в сельской местности 5,5 м<sup>3</sup>/год

Исследуемые гидрохимические створы можно условно разделить по степени влияния на них сельскохозяйственной нагрузки.



Пункты гидрохимического мониторинга на реках Северский Донец, Короча и Нежеголь находятся в районах влияния интенсивной животноводческой отрасли региона.

В свою очередь створы на реках Тихая Сосна, Ворскла и Оскол находятся в пределах малых сельских пунктов, результатом чего может быть негативное воздействие на водную среду неканализованного сельского стока.

### Результаты и их обсуждение

Основной этап исследования включил изучение гидрохимического состояния исследуемых участков, подверженных влиянию сельскохозяйственного производства.

Данные по загрязнению исследуемых рек брались с ближайших к исследуемым сельским населённым пунктам створов Росгидромета.

В рамках гидрохимического мониторинга была рассмотрена удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ). Результат по исследуемым створам рек представлен в виде табл. 3.

В результате анализа таблицы выявлено, что динамика комплексного комбинированного показателя степени загрязнённости поверхностных вод (УКИЗВ) показывает умеренный положительный тренд загрязнённости (рост в пределах 10 %) на всех исследуемых реках. При этом на р. Ворскле (рис. 2) и на обоих створах р. Оскол (рис. 3), расположенных в пределах сельских населённых пунктов, тренд роста УКИЗВ более значителен (до 25 %). Подобный результат говорит о возрастающем влиянии селитебно-сельскохозяйственной нагрузки на водную среду в пределах рассматриваемых сельских территорий.

Таблица 3  
Table 3

Показатели УКИЗВ\* на исследуемых створах рек  
Specific combinatorial water pollution index in the studied riverbeds

№ п/п	Год	р. Оскол		р. Тихая Сосна	р. Ворскла	р. Короча	р. Северский Донец	р. Нежеголь
		створ 25,0 км ниже г. Старый Оскол, в черте с. Ивановка, у моста	створ 8,0 км ниже пгт. Волоконовка, 0,5 км ниже с. Пятницкое, 1,5 км ниже моста	створ г. Алексеевка, 1 км выше города, у моста	створ у с. Козинка	Короча (1,5 км выше г. Короча)	Сев. Донец (7 км выше г. Белгород, с. Беломестное)	Нежеголь (16 км выше г. Шебекино)
1	2008	3,52	3,27	3,32	3,75	3,30	3,13	2,94
2	2009	4,58	2,29	3,29	3,24	2,58	2,76	2,49
3	2010	4,44	2,69	2,27	2,99	2,62	2,62	2,65
4	2011	4,19	3,48	2,18	3,15	3,44	3,11	2,84
5	2012	4,40	3,32	2,72	2,80	2,30	2,88	2,66
6	2013	4,45	2,81	2,31	2,72	2,50	2,10	2,20
7	2014	4,07	3,09	2,19	2,71	3,07	2,51	2,11
8	2015	4,19	2,96	1,70	2,42	2,79	2,31	1,99
9	2016	4,22	2,98	3,10	3,06	2,88	2,02	2,99
10	2017	4,37	3,93	2,38	2,01	2,29	2,45	2,14
11	2018	4,17	3,15	2,67	3,00	4,00	2,78	3,21
12	2019	4,56	3,65	3,48	3,19	3,18	2,98	3,17
13	2020	4,51	3,10	3,12	3,85	3,29	2,68	2,91
14	2021	4,99	3,48	2,56	3,55	3,98	3,09	3,15
15	2022	5,13	3,51	2,25	4,38	2,76	2,58	2,26

\*УКИЗВ – удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды, представляющая комплексный относительный показатель степени загрязнённости поверхностных вод, условно оценивающий в виде безразмерного числа долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязнённости воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ.

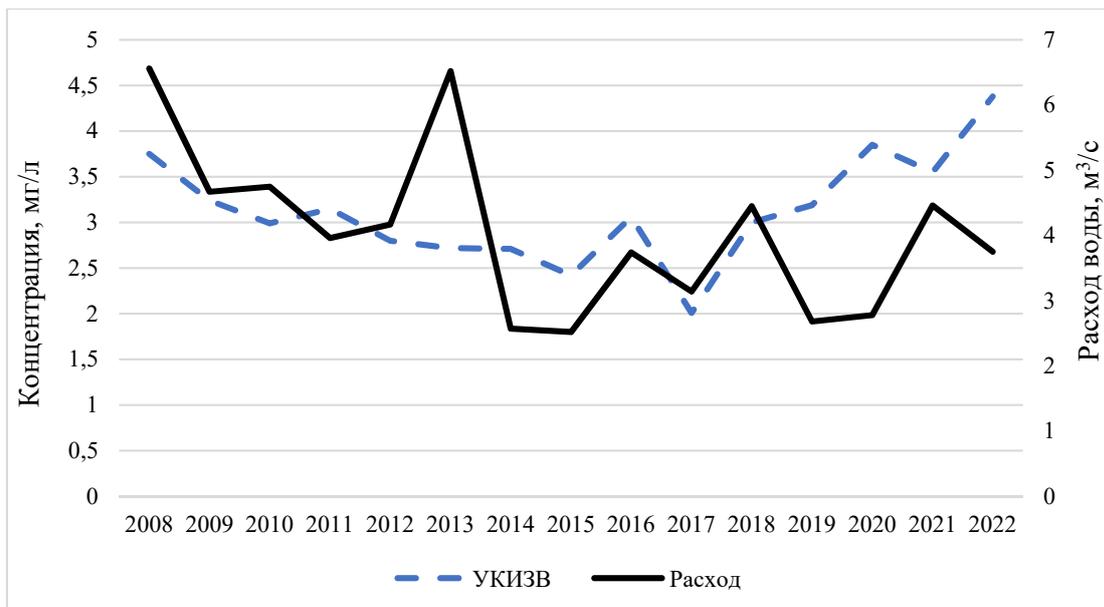


Рис. 2. Динамика УКИЗВ на реке Ворскле (с. Козинка)  
Fig. 2. SCWPI dynamic in the Vorskla River (Kozinka village)

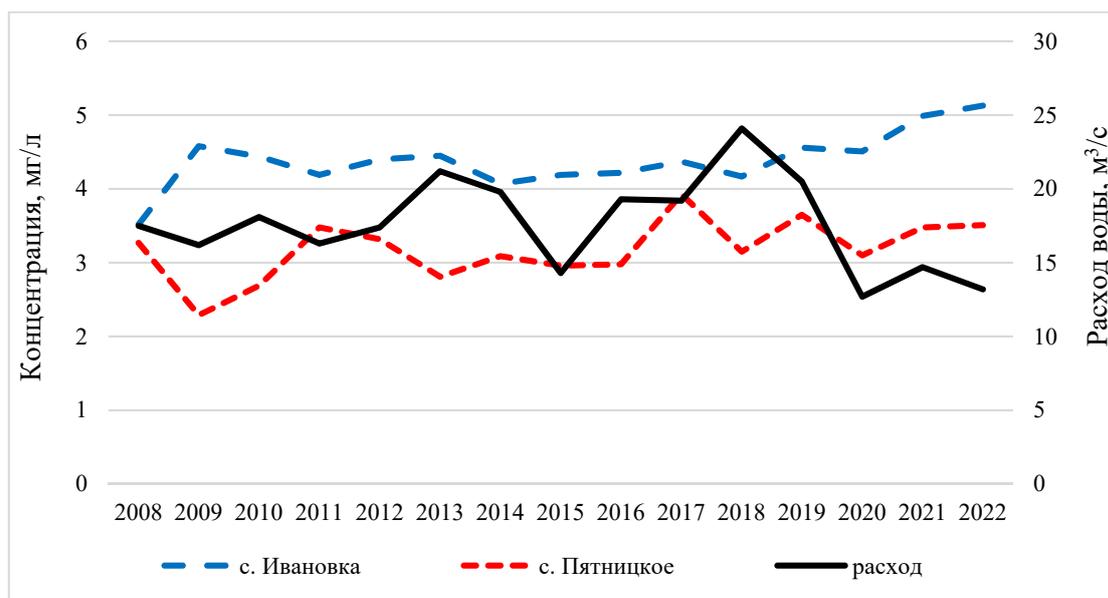


Рис. 3. Динамика УКИЗВ на реке Оскол  
Fig. 3. SCWPI dynamic in the Oskol River

В табл. 4 отображены гидрохимические показатели класса качества воды в створах исследуемых рек в 2022 году.

Как видно из таблицы, экологическое состояние исследуемых участков малых рек в целом неудовлетворительно. В большинстве случаев качество вод оценивается как «загрязнённая» или «грязная». Характерными загрязняющими веществами во всех реках, как правило, являются сульфаты, азот нитритный, соединения меди, соединения фосфатов.

Также наблюдаются стабильные концентрации активного кислорода в воде (БПК<sub>5</sub>), что говорит о повышенном содержании здесь органического вещества.



Таблица 4  
Table 4

Гидрохимические показатели класса качества воды в створах исследуемых рек (Росгидромет)  
Hydrochemical indicators of the water quality class in the channels of the studied rivers (Roshydromet)

№ п/п	Река (створ)	УКИЗВ	Класс качества воды	Качество вод	Характерные загрязняющие вещества
1	Северский Донец (с. Беломестное)	2,58	3а	загрязнённая	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cu, Mn, Fe, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , БПК <sub>5</sub>
2	Тихая Сосна (1 км выше г. Алексеевка, близ с. Ильинка)	2,25	3а	загрязнённая	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Mn, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , БПК <sub>5</sub>
3	Ворскла (с. Козинка)	4,38	4а	грязная	Fe, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cu, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , БПК <sub>5</sub> , Mg
4	Оскол (с. Пятницкое)	3,51	3б	очень загрязнённая	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cu, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Zn, БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
5	Оскол (с. Ивановка)	5,13	4б	грязная	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Cu, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , БПК <sub>5</sub> , Mn, Fe, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
6	Нежеголь (16 км выше г. Шебекино)	2,13	3а	загрязнённая	Cu, БПК <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
7	Короча (1,5 км выше г. Короча)	2,76	3а	загрязнённая	Cu, БПК <sub>5</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>

На всех исследуемых створах основными источниками антропогенного воздействия являются сельские населённые пункты, поля сельскохозяйственных угодий, а также предприятия животноводческой отрасли.

Проведённые ранее исследования [Киселев, Корнилов, 2019; Курепина, 2019] показали, что формирование гидроэкологической ситуации в пределах Белгородского региона складывается под влиянием 2 факторов, связанных:

- А) с оттоком населения из малых сельских поселений;
- Б) с интенсификацией животноводческого комплекса региона.

Данная тенденция коррелирует с динамикой поступления биогенных веществ в малые реки региона, выявленной при полевых гидрохимических исследованиях [Корнилов и др., 2023].

Мы решили проверить данную гипотезу на основе мониторинговых данных Росгидромета в части биогенного загрязнения (азот и фосфаты) применительно к исследуемым участкам малых рек в пределах сельских агроландшафтов.

В результате дифференциации исследуемых участков малых рек по степени сельскохозяйственного воздействия можно выявить следующие закономерности:

- 1) На участках рек в зоне влияния интенсивного животноводства на примере нитратов (рис. 4) и отчасти нитритов (рис. 5) выявлен определённый рост концентраций загрязняющих веществ в 2011–2015 гг., что связано с началом активной деятельности свинокомплексов, при ещё недостаточно отрегулированной системе обращения с отходами. В дальнейшем на постах наблюдений ситуация в отношении нитратов и нитритов улучшилась.

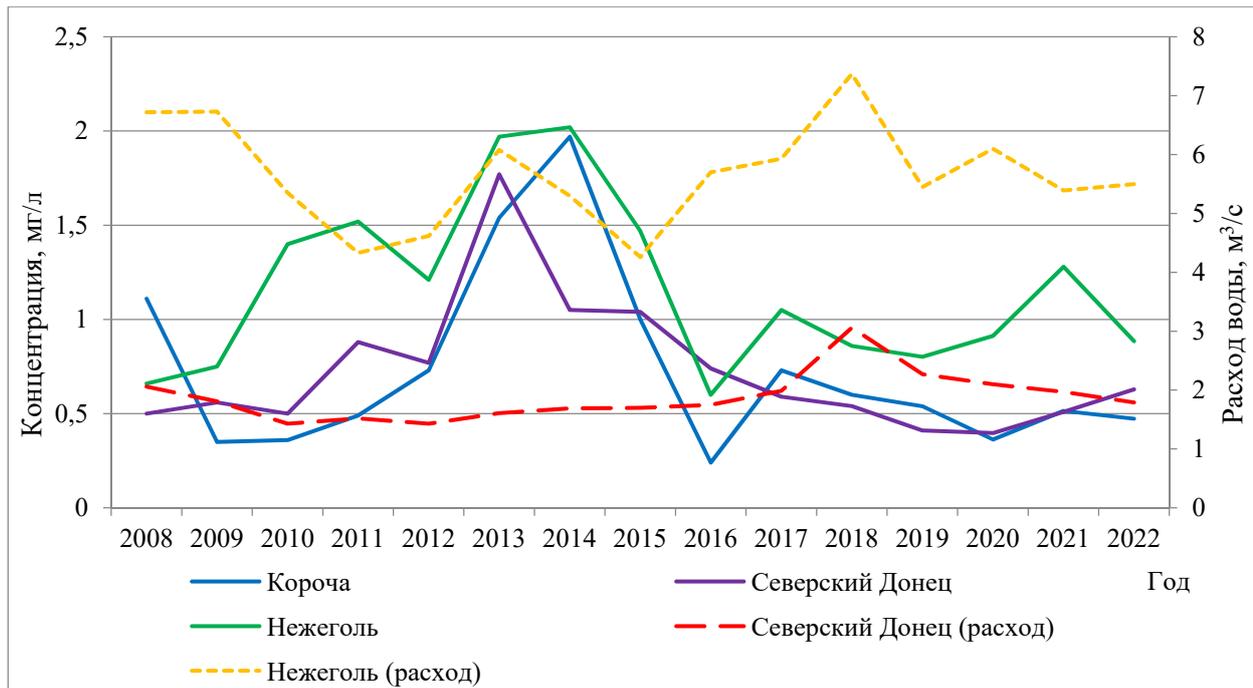


Рис. 4. Содержание нитратов в исследуемых реках (Росгидромет)  
Fig. 4. Nitrate content in the rivers under study (Roshydromet)

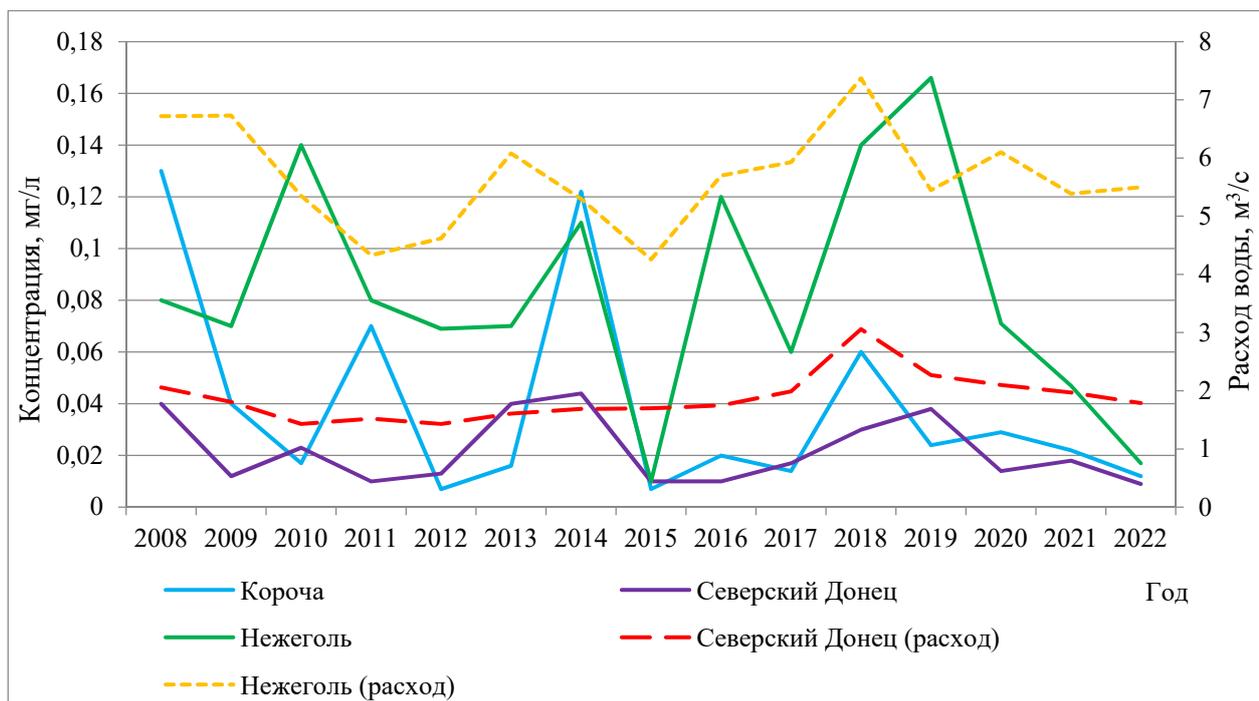


Рис. 5. Содержание нитритов в исследуемых реках (Росгидромет)  
Fig. 5. Nitrite content in the rivers under study (Roshydromet)

Подобной тенденции увеличения соединений фосфатов в реках в связи с массовым строительством животноводческих комплексов не наблюдается вследствие присутствия большого количества соединений кальция в почвах и подстилающих породах на территории Белгородской области, что замедляет их почвенно-грунтовую диффузию и, как следствие, – попадание в водные объекты.

Условно стабильный уровень содержания аммония в исследуемых водных объектах в период интенсивного развития свиноводческого производства можно объяснить значительной трансформацией первичных солей аммония в составе навозных стоков в нитратную форму, которую обуславливает опосредованное поступление загрязняющих веществ в реки через предварительную стадию внесения навоза на поля сельскохозяйственных угодий.

2) Гидрохимическая ситуация в части биогенного загрязнения на участках исследуемых рек преимущественно с селитённым неканализованным воздействием показывает тренд последовательного сокращения нитратного и нитритного загрязнения, что является индикатором уменьшения селитённой нагрузки в результате оттока сельского населения в районах исследования. В то же время, наблюдается стабильный рост содержания солей аммония (за исключением р. Тихая Сосна) (рис. 6, 7) и в особенности фосфатов (рис. 8–10) в рассматриваемых реках на протяжении всего исследуемого периода. Наибольших значений эти показатели достигают в сельских створах р. Оскол (рост до 35 %). Это может объясняться, помимо воздействия сельских агроландшафтов, опосредованным влиянием сточных вод селитённо-промышленных территорий г. Старый Оскол, а также комплексом промышленных предприятий Стойленского горно-обогатительного комбината (для створа в с. Ивановка, что в 25 км ниже по течению от г. Старый Оскол), а также близостью пгт. Волоконовка к гидрохимическому створу в с. Пятницкое.

Также стабильный рост аммонийно-фосфатного загрязнения характерен для исследуемого сельского створа на реке Ворскле (близ села Козинка). Стоит отметить, что на всём протяжении река Ворскла испытывает воздействие неорганизованного стока с селитённо-промышленной территории (п. Яковлево, п. Томаровка, п. Борисовка, г. Грайворон), с территории сельскохозяйственных угодий, населённых пунктов сельского типа, а также организованного сброса сточных вод Яковлевского рудника.

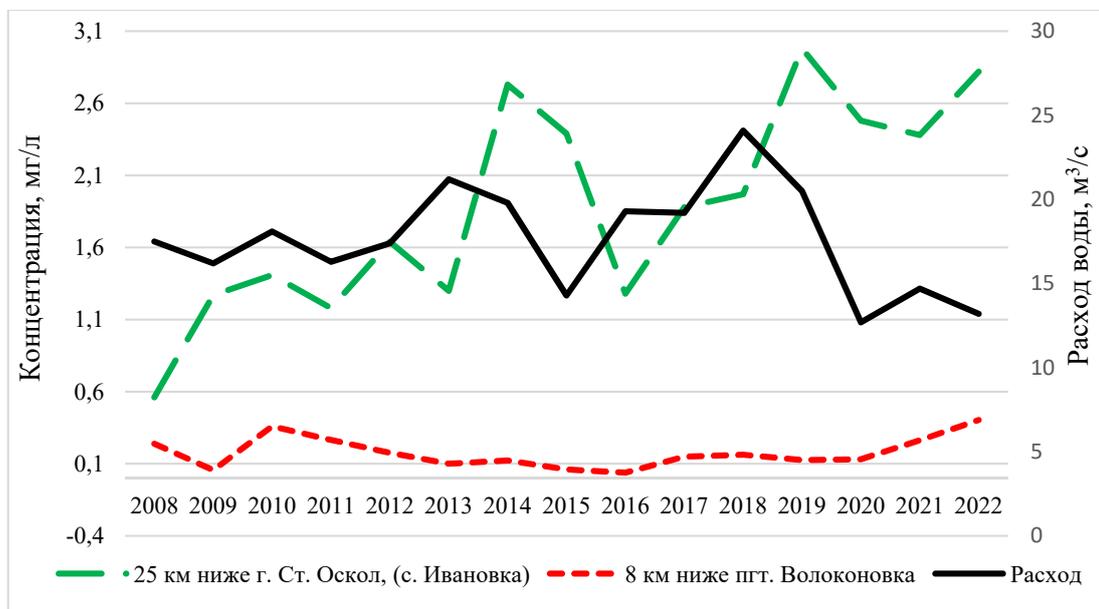


Рис. 6. Содержания солей аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) в р. Оскол  
 Fig. 6. Content of ammonium salts ( $\text{NH}_4^+$ ) in the Oskol River

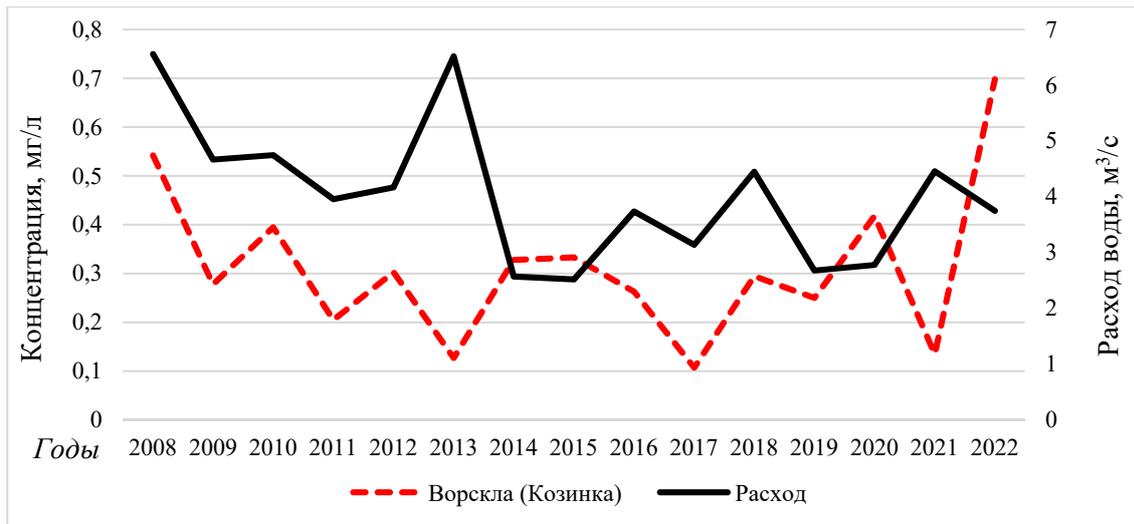


Рис. 7. Содержания солей аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) в р. Ворскле  
Fig. 7. Content of ammonium salts ( $\text{NH}_4^+$ ) in the Vorskla River

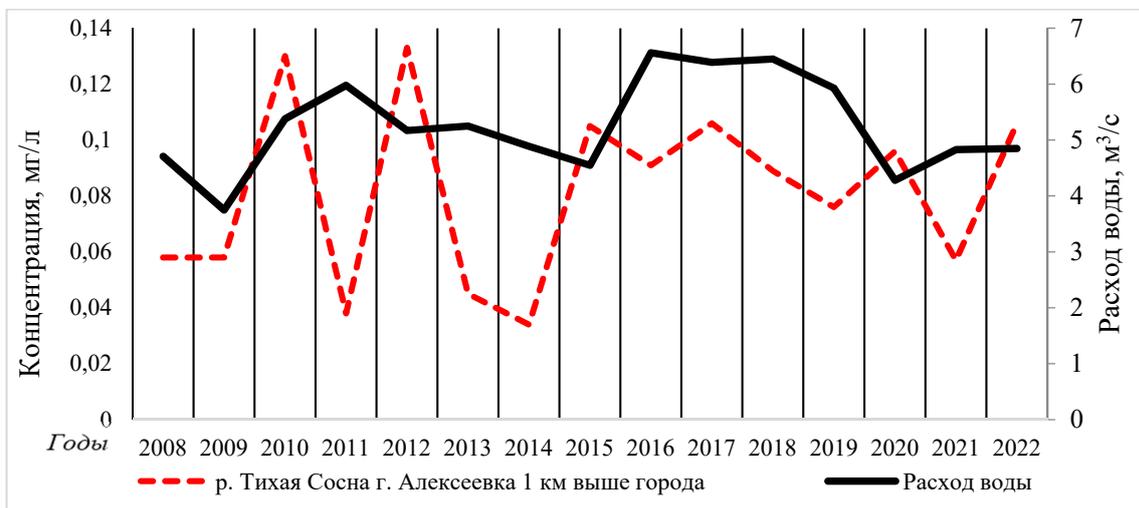


Рис. 8. Содержания фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) в р. Тихая Сосна  
Fig. 8. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) content in the Tikhaya Sosna River

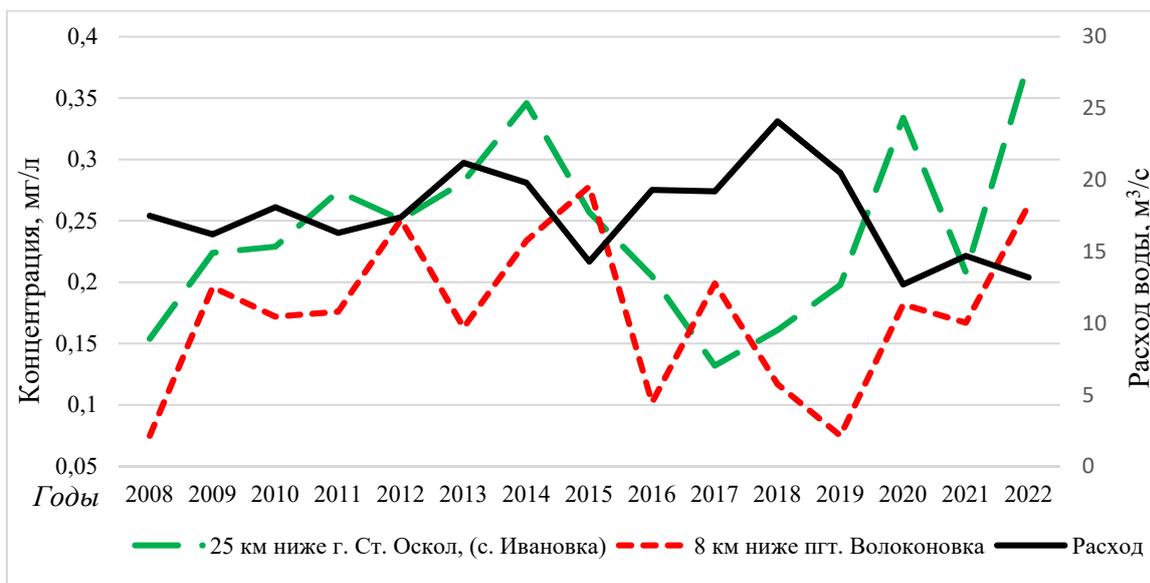


Рис. 9. Содержание фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) в р. Оскол  
Fig. 9. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) content in the Oskol River

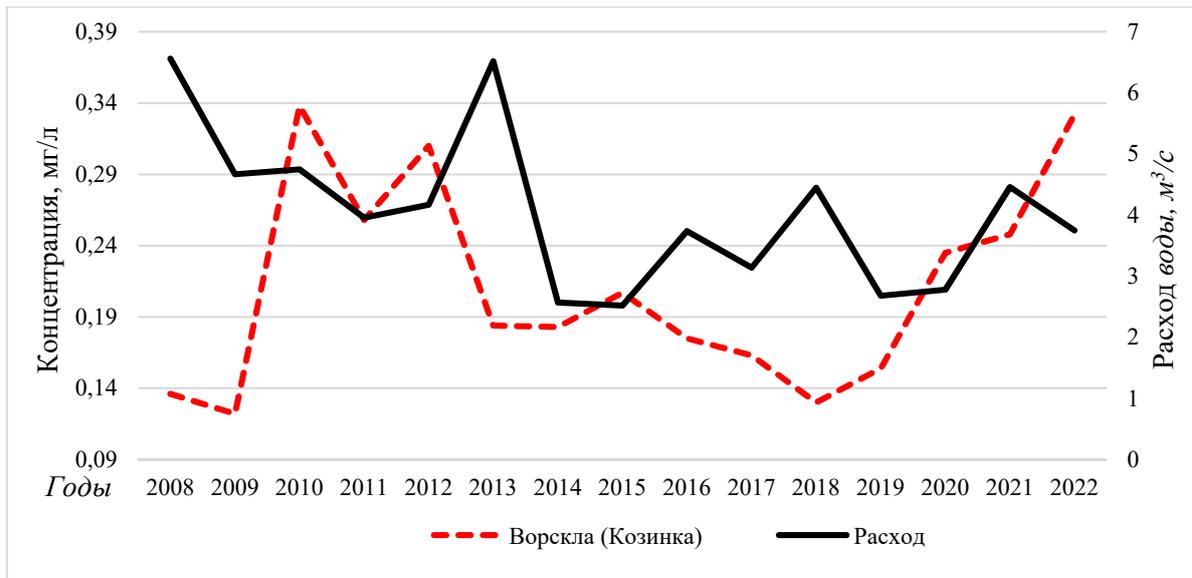


Рис. 10. Содержание фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) в р. Ворскле (Козинка)  
Fig. 10. Phosphate content ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) in the Vorskla (Kozinka) river

### Заключение

Исследуемые сельскохозяйственные территории оказывают существенное влияние на формирование экологического состояния малых рек в районах рассматриваемых створов Росгидромета. При этом ассимиляционные возможности рек ещё не исчерпаны, что создаёт относительно стабильную гидрохимическую ситуацию по всем загрязняющим элементам.

Удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ) по исследуемым створам рек отражает последовательно возрастающую динамику загрязнения на всех реках (в пределах 20 %) за исследуемый период, что говорит о возрастающем влиянии сельскохозяйственной нагрузки на водную среду в пределах рассматриваемых сельских территорий.

Ряд ключевых индикаторов исследуемых малых рек, таких как нитраты и нитриты, имеет отрицательный тренд загрязнения на протяжении рассматриваемого периода, что является следствием тенденции заметного сокращения численности сельского населения в малых населённых пунктах, характерного для всей Белгородской области. При этом здесь рост показателей по содержанию солей аммония и фосфатам (до 35 %) связан с другими источниками антропогенного воздействия, что требует дополнительного изучения.

Малые реки, расположенные в зоне функционирования животноводческих площадок агропромышленного комплекса, имеют тенденцию к пиковым концентрациям загрязнения соединениями нитратов и нитритов в период активного функционирования животноводческого производства. В дальнейшем ситуация по этим показателям на постах Росгидромета несколько улучшилась, что может быть связано с усовершенствованием системы переработки и утилизации отходов на животноводческих предприятиях.

### Список источников

- Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. 2017. Отв. ред. А.Г. Корнилов. Белгород, БелГУ, 200 с.
- Ежегодники качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» за 2008–2022 г. 2023. Курск, Министерство природных ресурсов Российской Федерации Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Статистический бюллетень. 2021 г. Сведения о внесении органических и минеральных удобрений под урожай. Белгород, Белгородстат.  
Экспертно-аналитический центр агробизнеса. Электронный ресурс. URL: <http://www.ab-centre.ru>  
(дата обращения: 25 мая 2024).

### Список литературы

- Буряк Ж.А. 2023. Анализ угрозы загрязнения рек Белгородской области от свиноводческих комплексов с использованием цифровой модели рельефа. В кн.: Актуальные проблемы математики и естественных наук. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения к.п.н., доцента В.Л. Рабиновича, Петропавловск-Баку-Сургут, 23 мая 2023. Петропавловск-Баку-Сургут, Некоммерческое акционерное общество «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»: 92–97.
- Киселев В.В., Корнилов А.Г. 2019. Геоэкологические аспекты развития современного интенсивного свиноводства на территории Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(1): 98–108. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108>.
- Корнилов А.Г., Киселев В.В., Курепина В.А., Лопина Е.М., Боровлев А.Э. 2023. Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области. Региональные геосистемы, 47(1): 76–87. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутин Е.А., Мельник К.С. 2017. Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2: 8–23. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-2-8-23>
- Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Ясинский С.В. 2018. О гидрологических изменениях. Вопросы географии, 145: 15–34.
- Колмыков С.Н., Корнилов А.Г. 2006. Краткий анализ воздействия животноводческих комплексов на речные бассейны Белгородской области. В кн.: Регион – 2006: стратегия оптимального развития. Материалы международной научно-практической конференции. Харьков, 15–16 мая 2006. Харьков, ИРО Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина: 214–216.
- Кумани М.В., Бабкина О.П. 2005. Изучение трансформации гидрологического режима рек Курской области под влиянием сельскохозяйственного производства. В кн.: Геоэкологические исследования Курской области. Курск, Курский Государственный Университет: 101–111.
- Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. 2019. Геоэкологические аспекты развития современного животноводства на территории Алексеевского и Красногвардейского районов Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(4): 425–437. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437>.
- Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Буряк Ж.А., Павлюк Я.В., Нарожняя А.Г., Землякова А.В., Маринина О.А. 2015. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород, Константа, 362 с.
- Назаренко В.Н., Кожуховская Е.А., Костенко Т.В. 2013. Развитие свиноводства в Белгородской области. В кн.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Материалы V международной научной конференции, Белгород, 28–31 октября 2013. Белгород, НИУ БелГУ: 294–296.
- Стоящева Н.В. 2018. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Верхней Оби в разные по водности периоды. Известия Алтайского отделения Русского Географического Общества, 4(51): 17–26.
- Ясинский С.В., Гуров Ф.Н., Шилькрот Г.С. 2007. Метод оценки выноса биогенных элементов в овражно-балочную и речную сеть малой реки. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 44–53.
- Ясинский С.В., Сидорова М.В. 2018. Динамика водоёмкости в России и её регионах. Вопросы географии, 145: 406–413.
- Buryak Z., Lisetskii F., Gusarov A., Narozhnyaya A., Kitov M. 2022. Basin-Scale Approach to Integration of Agro- and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia. Sustainability, 14(2): 927. <https://doi.org/10.3390/su14020927>



- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. 2014. Basin Organizations of Nature Use, Belgorod Region. Biogeosystem Technique, 2(2): 163–173. <https://doi.org/10.13187/bgt.2014.2.163>
- Yermolaev O.P., Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Z.A. 2015. Basin and Eco-Regional Approach to Optimize the Use of Water and Land Resources. Biosciences Biotechnology, 12: 145–158. <https://doi.org/10.13005/bbra/2021>

## References

- Buryak Zh.A. 2023. Analiz ugrozy zagryazneniya rek Belgorodskoy oblasti ot svinovodcheskikh kompleksov s ispolzovaniyem tsifrovoy modeli relyefa [Analysis of the Threat of Pollution of Rivers in the Belgorod Region from Pig-Breeding Complexes Using a Digital Elevation Model]. In: Aktualnyye problemy matematiki i estestvennykh nauk [Actual Problems of Mathematics and Natural Sciences]. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Ph.D., associate professor V.L. Rabinovich, Petropavlovsk-Baku-Surgut, 23 May 2023. Petropavlovsk-Baku-Surgut, Publ. Nekommercheskoye aktsionernoye obshchestvo «Severo-Kazakhstanskiy universitet imeni Manasha Kozybayeva»: 92–97.
- Kiselev V.V., Kornilov A.G. 2019. Geocological Aspects of Development of Modern Intensive Pig Farming in the Belgorod Region. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 43(1): 98–108 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108>
- Kornilov A.G., Kiselev V.V., Kurepina V.A., Lopina E.M., Borovlev A.E. 2023. Biogenic Pollution of Water Bodies in Agricultural Areas of the Belgorod Region. Regional Geosystems, 47(1): 76–87 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>
- Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A., Mel'nik K.S. 2017. Anthropogenic Hydrology: Formation, Methods, Results. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya, 2: 8–23. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-2-8-23>
- Koronkevich N.I., Georgiadi A.G., Yasinsky S.V. 2018. On Hydrological Changes. Questions of geography, 145: 15–34 (in Russian).
- Kolmykov S.N., Kornilov A.G. 2006. Kratkiy analiz vozdeystviya zhitovnovodcheskikh kompleksov na rechnyye basseyny Belgorodskoy oblasti [A Brief Analysis of the Impact of Livestock Complexes on the River Basins of the Belgorod Region]. In: Region – 2006: strategiya optimalnogo razvitiya [Region 2006: Strategy for Optimal Development]. Materials of the international scientific and practical conference, Kharkiv, 15–16 May 2006. Kharkiv, Publ. IRO of V.N. Karazin Kharkiv National University: 214–216.
- Kumani M.V., Babkina O.P. 2005. Izucheniye transformatsii gidrologicheskogo rezhima rek Kurskoy oblasti pod vliyaniem selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Studying the Transformation of the Hydrological Regime of Rivers Kursk Region Under the Influence of Agricultural Production]. In: Geoekologicheskiye issledovaniya Kurskoy oblasti [Geoecological Studies of the Kursk Region]. Kursk, Publ. Kursk State University: 101–111.
- Kurepina V.A., Kiselev V.V., Kornilov A.G. 2019. Geocological Aspects of Development of Modern Livestock on the Territory of Alekseevsky and Krasnogvardeysky Area of Belgorod Region. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 43(4): 425–437 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437>
- Lisetskiy F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A., Pavlyuk Ya.V., Narozhnaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. Reki i vodnyye obyektory Belgororia [Rivers and Water Bodies of Belgororye]. Belgorod, Publ. Constanta, 362 p.
- Nazarenko V.N., Kozhukhovskaya E.A., Kostenko T.V. 2013. Razvitiye svinovodstva v Belgorodskoy oblasti [Development of Pig Farming in the Belgorod Region]. In: Problemy prirodopolzovaniya i ekologicheskaya situatsiya v Evropeyskoy Rossii i sopredelnykh stranakh [Problems of Nature Management and the Environmental Situation in European Russia and Adjacent Countries]. Proceedings of the V international scientific conference, Belgorod, 28–31 October 2013. Belgorod, Publ. Belgorod State University: 294–296.
- Stoyashcheva N.V. 2018. Assessment of Anthropogenic Load on Water Bodies of the Upper Ob Basin in Different Water Content Periods. Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society, 4(51): 17–26 (in Russian).



- Yasinsky S.V., Gurov F.N., Shilkrot G.S. 2007. Metod otsenki vynosa biogennykh elementov v ovrazhno-balochnyuyu i rechnuyu set maloy reki [Method for Assessing the Removal of Biogenic Elements into the Gully-Ravine and River Network of a Small River]. Regional Research of Russia. Geographic series, 4: 44–53.
- Yasinsky S.V., Sidorova M.V. 2018. Dynamics of Water Intensity of the Economy in Russia and Its Regions. Problems of geography, 145: 406–413 (in Russian).
- Buryak Z., Lisetskii F., Gusarov A., Narozhnyaya A., Kitov M. 2022. Basin-Scale Approach to Integration of Agro- and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia. Sustainability, 14(2): 927. <https://doi.org/10.3390/su14020927>
- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. 2014. Basin Organizations of Nature Use, Belgorod Region. Biogeosystem Technique, 2(2): 163–173. <https://doi.org/10.13187/bgt.2014.2.163>
- Yermolaev O.P., Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Z.A. 2015. Basin and Eco-Regional Approach to Optimize the Use of Water and Land Resources. Biosciences Biotechnology, 12: 145–158. <https://doi.org/10.13005/bbra/2021>

*Поступила в редакцию 14.07.2024;  
поступила после рецензирования 16.08.2024;  
принята к публикации 04.09.2024*

*Received July 14, 2024;  
Revised August 16, 2024;  
Accepted September 04, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Киселев Владислав Викторович**, кандидат географических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин, Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия

**Корнилов Андрей Геннадьевич**, доктор географических наук, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Киселев Виктор Викторович**, магистрант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Корнилов Андрей Андреевич**, магистрант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vladislav V. Kiselev**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Natural Sciences, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

**Andrey G. Kornilov**, Doctor of Geographical Sciences, Head of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Viktor V. Kiselev**, Master Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Andrey A. Kornilov**, Master Student 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 1.6.19  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-382-404

## Разработка методики определения площади эвтрофикации внутренних водоемов с использованием спутниковых данных

<sup>1</sup>Евдокимов С.И., <sup>2</sup>Штефуряк А.В.

<sup>1</sup>Псковский государственный университет  
Россия, 180000, г. Псков, ул. площадь Ленина, 2

<sup>2</sup>Псковский филиал ФГБНУ «ВНИРО»  
Россия, 180007, г. Псков, ул. Максима Горького, 13  
E-mail: serenia-8178@yandex.ru, Shtefuryak2011@mail.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается методика определения площади эвтрофикации внутренних водоемов на основе данных сенсоров спутников серии Landsat за 2006 и 2023 годы. Выполнено сравнение спектральных величин красного, синего и ближнего инфракрасного каналов сенсоров Landsat (TM/ETM+/OLI), полученных на смежные даты съемки. Верификация эвтрофированных областей, выделенных по спутниковым данным, проведена на основе наземных данных со станций лимнологических наблюдений для изучения Чудско-Псковского озера. Выполнено исследование распространения эвтрофированных участков в зависимости от температуры поверхности воды с использованием информационного продукта MOD11A, создаваемого на основе снимков MODIS. С целью отделения «маски» водной поверхности озера для обеспечения дальнейшей обработки снимка методом данного исследования, использован спектральный водный индекс NDWI. Получены карты распределения областей, покрытых цветением цианобактерий по данным сенсоров спутников серии Landsat. На основе результатов применения методики была исследована динамика площади эвтрофикации Чудско-Псковского озера с мая по сентябрь за 2006 и 2023 годы. Максимальные значения площади эвтрофикации в Псковском озере наблюдались в 2006 и 2023 году в июне, в Чудском – в 2006 в сентябре, а в 2023 году – в июне. Интенсивное цветение в Псковском озере наблюдается с мая по июль, после чего площадь эвтрофикации постепенно снижается. В Чудском озере процесс развития сине-зеленых водорослей происходит позже, увеличение площади распространения цианобактерий наблюдается в августе – сентябре. Сопоставление пространственного распределения областей, покрытых цианобактериями, между спутниковыми и наземными данными по близким друг к другу датам показало среднюю силу связи (коэффициент корреляции 0,50–0,70).

**Ключевые слова:** эвтрофирование, дистанционное зондирование Земли, многоканальные спутниковые снимки, снимки Landsat, геоинформационные системы, NDWI, MOD11A1 Terra MODIS

**Для цитирования:** Евдокимов С.И., Штефуряк А.В. 2024. Разработка методики определения площади эвтрофикации внутренних водоемов с использованием спутниковых данных. Региональные геосистемы, 48(3): 382–404. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-382-404

---

## Development of a Methodology for Determining the Eutrophication Area of Inland Reservoirs Using Satellite Data

<sup>1</sup>Sergey I. Evdokimov, <sup>2</sup>Alina V. Shtefuryak

<sup>1</sup>Pskov State University

2 Ploshchad Lenina St, Pskov 180000, Russia

<sup>2</sup>PSK branch of VNIRO Federal State Budgetary Institution

13 Maxim Gorky St, Pskov 180007, Russia

E-mail: serenia-8178@yandex.ru, Shtefuryak2011@mail.ru

**Abstract.** The study is devoted to the development of a methodology for determining the eutrophication area of inland reservoirs using Landsat satellite sensor data for 2006 and 2023. The spectral

characteristics of the red, blue, and near-infrared channels of Landsat sensors (TM/ETM+/OLI) for different survey dates were compared. To verify the eutrophied sites identified by satellite data, ground-based data from the limnological stations of Pskov-Peipsi Lake were used. The study of eutrophied areas distribution depending on the water surface temperature was carried out using the MOD11A information product based on MODIS images. The NDWI spectral water index was used to process the images and separate the lake's water surface. Maps showing the distribution of areas covered with cyanobacteria bloom according to Landsat sensors have been obtained. The dynamics of the eutrophication area of Lake Peipsi was analyzed from May to September for 2006 and 2023. The maximum values of the eutrophication area were noted in June 2006 and 2023 in Lake Pskov, and in September 2006 and June 2023 in Lake Peipsi. Cyanobacteria bloom in Lake Pskov is observed from May to July, after which the eutrophication area gradually decreases. In Lake Peipsi, blue-green algae development process occurs later, which may be due to a later warming of the water, the area with cyanobacteria expanding by August. A comparison of the spatial distribution of areas covered with cyanobacteria based on satellite and ground data for close dates showed an average relationship (correlation coefficient equaling 0.50–0.70).

**Keywords:** eutrophication, remote sensing of the Earth, multichannel satellite images, Landsat images, geoinformation systems, NDWI, MOD11A1 Terra MODIS

**For citation:** Evdokimov S.I., Shtefuryak A.V. 2024. Development of a Methodology for Determining the Eutrophication Area of Inland Reservoirs Using Satellite Data. *Regional geosystems*, 48(3): 382–404 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-382-404

## Введение

Чудско-Псковский водоем по площади водной поверхности (3555 км<sup>2</sup>) принадлежит к числу крупных пресноводных водоемов Европы и имеет статус трансграничного [Ястремкий, Ястремская, 2004; Тимм и др., 2012]. Озеро относится к бассейну Финского залива Балтийского моря и соединяется с ним короткой (77 км) рекой Нарвой. В связи с этим информация о состоянии его экосистемы имеет международное значение [Ястремский, 2010]. Учитывая народнохозяйственный и международный статус озера, вопросы, связанные с экологическим состоянием воды, требуют глубокой проработки.

Из-за большой площади озера полевой отбор проб для оценки степени эвтрофикации становится сложным и требует больших затрат времени и ресурсов на обработку и анализ результатов. Однако использование дистанционных методов оценки уровня эвтрофикации с помощью спутниковых снимков позволяет быстро и с минимальными затратами дополнить или заменить выездные исследования. Разработка методики для определения площади эвтрофикации водоемов с использованием мультиспектральных снимков и определяет актуальность исследования.

Процесс цветения фитопланктона, состоящего из одноклеточных водорослей, проявляется как сезонное изменение яркости водных бассейнов и обусловлен увеличением скорости деления клеток при благоприятных условиях. Цветение цианобактерий снижает привлекательность водоемов для отдыха и приводит к образованию токсинов в их водах [Вершинин, Орлова, 2008]. Также массовое размножение цианобактерий в водоемах может привести к негативным последствиям, таким как образование опасных биологически активных веществ и увеличение показателя водородного индекса воды, что способствует развитию вирусов и других возбудителей болезней у человека [Румянцев, Крюков, 2013]. Для обнаружения цветения фитопланктона и отслеживания его изменений во внутренних водоемах широко применяются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [Siegel et al., 2013; Чурилова и др., 2016а, б; Werdell et al., 2018]. Основным пигментом, используемым для оценки скорости фотосинтеза и роста фитопланктона, является хлорофилл *a* [Bidigare et al., 1992; Behrenfeld, Falkowski, 1997; Suslin, Churilova, 2016]. Сканер спутников регистрирует сигналы, связанные с поглощением света различными пигментами фитопланктона: хлорофилл (ХЛ), каротиноиды (КР) и



фикобилипротеины (ФБП) [Rowan, 1989; Prezelin et al., 1991]. Эти пигменты определяют спектр света, который используют клетки для фотосинтеза. Поглощение хлорофилла *a* происходит на длинах волн приблизительно 438 и 678 нм, каротиноиды поглощают синезеленую область видимого спектра, а фикобилипротеины поглощают свет в диапазоне от 495 до 635 нм [Prezelin et al., 1991; Jeffrey, Vesk, 1997]. Хлорофилл *a* является основным фотосинтетическим пигментом, фикобилипротеины играют роль светопоглотителей в цианобактериях и красных водорослях, а каротиноиды выполняют функции поглощения световой энергии для фотосинтеза и защиты активного хлорофилла от разрушения кислородом под воздействием света [Bidigare et al., 1990; Demers et al., 1991].

Изменение концентрации пигментов в клетках микроводорослей и цианобактерий в зависимости от спектрального состава освещения рассматривается согласно теории комплементарной хроматической адаптации, предложенной Энгельманом и Гайдуковым в 1902 году для цианобактерий (82). Согласно этой теории, уровень пигментов увеличивается в тех клетках, чьи пигменты поглощают свет определенного спектра, и уменьшается в клетках, где пигменты не подвергаются поглощению. Например, под воздействием зеленого света цианобактерии синтезируют красный пигмент ФЭ (фикоэритрин), а под красным светом – синий пигмент ФЦ (фикоцианин) [Engelmann, 1902].

Основные характеристики спектров поглощения света пигментами фитопланктона включают показатели поглощения света в синем и красном максимумах спектров на длинах волн 438 и 678 нм соответственно [Hoepffner, Sathyendranath, 1992; Suzuki et al., 1998]. Поглощение света в указанных диапазонах обусловлено основным светопоглощающим пигментом водорослей ХЛ *a* и вспомогательными пигментами КР. Кроме того, спектры поглощения света пигментами цианобактерий содержат дополнительные пики поглощения на длинах волн, соответствующих поглощению пигментов ФЭ (550) и ФЦ (620).

Так, используя спутниковые данные в видимом диапазоне, можно систематически выявлять области цветения цианобактерий, которые существенно воздействуют на поглощение солнечного излучения и обладают характерными спектральными особенностями. На сегодняшний день существует несколько методов выявления цианобактерий, описанных в различных работах, они основаны на измерениях отражательной способности в одном или нескольких оптических каналах, а также на особенностях их пространственной структуры [Kutser et al., 2006; Kahru et al., 2007; Blondeau-Patissier et al., 2014; Карабашев, Евдошенко, 2015; Lavrova, Mityagina, 2016].

Из-за положительной плавучести цианобактерий и большой биомассы в поверхностном слое их яркость значительно выше, чем у чистой воды, особенно в ближнем инфракрасном диапазоне, где вода сильно поглощает свет [Blondeau-Patissier et al., 2014]. Чистая вода поглощает относительно меньшее количество приходящего излучения в начале видимого диапазона в комплексе с направленностью изменения рассеяния молекулами воды. Это обуславливает высокий коэффициент пропускания с максимумом в сине-зеленой части спектра.

Увеличение концентрации хлорофилла *a* в клетках цианобактерий также приводит к увеличению поглощения света в синей части спектра в областях цветения по сравнению с областями повышенной мутности воды (с взвесью минерального происхождения). Поэтому на композитных изображениях (*RGB*) при использовании различных каналов для воспроизведения «естественного цвета» области цветения имеют более насыщенный зеленый цвет. Скопление цианобактерий в областях дивергенции течений приводит к появлению характерных нитчатых структур в яркости [Алескерова и др., 2018].

В связи с тем, что представители сине-зеленых водорослей, вызывающих цветение воды, в своем распределении в водной толще тяготеют к поверхностным горизонтам, заметную окраску воде они придают уже при малых концентрациях, что делает возможным их изучение с помощью дистанционного зондирования Земли [Ястремский, 2016]. Современные средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют проводить оперативную полномасштабную съемку больших территорий с высокой детализацией снимков. Это позволяет осу-

ществлять непрерывный мониторинг. Кроме того, с использованием архивных данных космической съемки можно проводить ретроспективную оценку площади эвтрофированных участков, что помогает определить экологическую ситуацию и моделировать ее тенденции.

Цель – разработать методику определения площади эвтрофикации водоемов с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Для достижения поставленной цели нами были решены следующие задачи:

- разработка методики вычисления площади эвтрофикации с использованием спутниковых снимков;
- сравнение спектральных величин, используемых в исследовании (красного, синего и ближнего инфракрасного) каналов сенсоров *Landsat* (TM/ETM+/OLI);
- построение карт распределения эвтрофированных зон по данным сенсоров спутников серии *Landsat*;
- верификация эвтрофированных зон, выделенных по спутниковым данным, фактическими данными;
- анализ динамики площади эвтрофикации.

### Объекты и методы исследования

В качестве исходных данных в работе использовались многоканальные спутниковые снимки с пространственным разрешением 30 м на пиксель со спутников *Landsat 5 TM* и *Landsat 8 OLI*. Из архива Геологической службы США были выбраны преимущественно безоблачные снимки за 2006 и 2023 гг. (2006 год был выбран в соответствии с наличием одних и тех же или близких дат к снимкам 2023 года, выполненных в мае – сентябре, некоторые месяцы не включены из-за отсутствия безоблачных снимков).

Несмотря на то, что сенсоры *Landsat TM* и *OLI* близки по характеристикам, они отличаются по ширине спектральных диапазонов и по радиометрическому разрешению, что диктует необходимость сравнения различий (рис. 1).

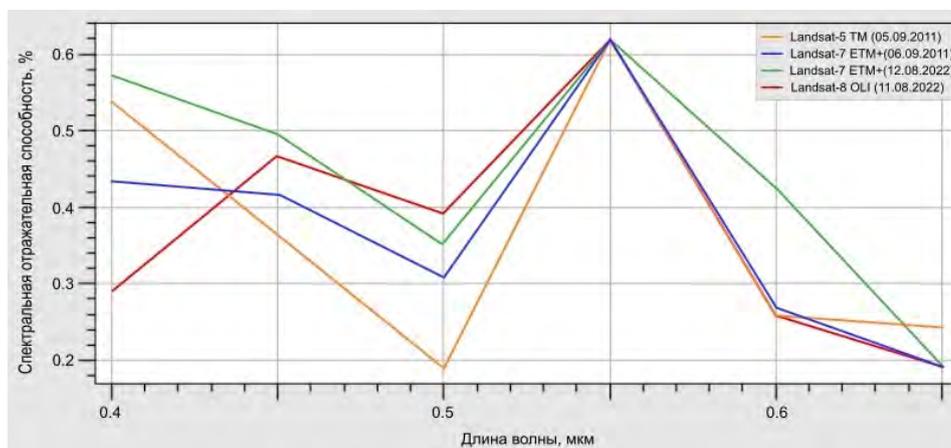


Рис. 1. Средние спектры отражательной способности цианобактерий для различных сенсоров Landsat

Fig. 1. Average reflectivity spectra of cyanobacteria for various Landsat sensors

Сравнение выполняли по набору изображений *Landsat* сенсоров *TM/ETM+/OLI* близких дат съемки (разница между сравниваемыми парами – 1 день) (табл. 1). Отсутствие возможностей для прямых сопоставлений съемок сенсоров *TM/OLI* определяет необходимость сравнения исследуемых величин через значения сенсора *ETM+*.



Таблица 1  
 Table 1

Материалы сравниваемых съемок Landsat TM/ETM+/OLI  
 Materials of the compared Landsat TM/ETM+/OLI surveys

Сенсоры	Дата
Landsat-5 TM	05.09.2011
Landsat-7 ETM+	06.09.2011 12.08.2022
Landsat-8 OLI	11.08.2022

Сходство спектральных величин для используемых каналов (*RED*, *BLUE*, *GREEN*) на сценах сенсоров *TM*, *ETM+* и *OLI* рассчитывали относительно сенсора *ETM+* с использованием критерия относительной процентной разницы (1) (англ. *relative percentage difference* – *RPD*) [Huang et al., 2013]:

$$RPD = \frac{\rho_i - \rho_{L7ETM+}}{\rho_{L7ETM+}} \times 100, \quad (1)$$

где  $\rho_i$  и  $\rho_{L7ETM+}$  – соответствующие значения для отдельных каналов сравниваемых спутниковых изображений сенсоров *i* и *ETM+*.

Для анализа термического режима поверхности водоемов использовался информационный продукт *6.1 MOD11A1*, создаваемый на основе снимков *MODIS*. Эти изображения предоставляют данные о средней температуре земной поверхности за восемь дней, исключая дни с облачностью. Изображения *MOD11A1* имеют размер 1200 x 1200 пикселей с пространственным разрешением 1 км и представлены в синусоидальной проекции. Сначала необходимо преобразовать изображения из синусоидальной проекции в универсальную поперечную проекцию Меркатора *WGS-84/UTM*. Затем полученные изображения дневных температур поверхности *MOD11A1* обрезаются по «маске» водоема. Данные о температуре поверхности суши представлены в градусах Кельвина. Для преобразования значений *MOD11A1* в градусы Цельсия используется формула (2), источником которой послужило официальное руководство пользователя *Modis LST*<sup>3</sup>:

$$T(^{\circ}C) = DN * 0.02 - 273.15, \quad (2)$$

где *DN* – значения исходных яркостей, представленных в *MOD11A1*.

На этапе предобработки данных производилась коррекция изображений для учета атмосферных и других возмущений [Jang et al., 2014; Viso-Vázquez et al., 2021]. Обработка данных производилась в среде *QGIS 3.22.15* с применением модуля *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*. Далее, используя калькулятор растров, был рассчитан нормализованный разностный индекс воды (*NDWI*), который широко применяется для обнаружения водных объектов по космическим снимкам [Xu, 2006]. Расчет *NDWI* проводили по формуле (3):

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}, \quad (3)$$

где *NIR* – канал ближнего инфракрасного спектра отражения, *SWIR* – коротковолновый инфракрасный канал.

При дальнейшем извлечении признаков, характеризующих эвтрофикацию озера, на основе предобработанных данных было учтено, что сине-зеленое свечение, характерное для сине-зеленых бактерий и микроводорослей, хорошо видно на снимках с натуральной цветопередачей (*RGB*), а также с помощью комбинации каналов *Landsat 5 (4-5-1)* и *Landsat 8 (5-6-2)*, где вода и растительность дают очень сильное отражение [Бабич и др., 2023] (рис. 2).

<sup>3</sup>Руководство пользователя *Modis LST*. Электронный ресурс. URL: [https://ices.eri.ucsb.edu/modis/LstUserGuide/usrguide\\_mod11.html#vzds](https://ices.eri.ucsb.edu/modis/LstUserGuide/usrguide_mod11.html#vzds) (дата обращения: 04.02.2024).

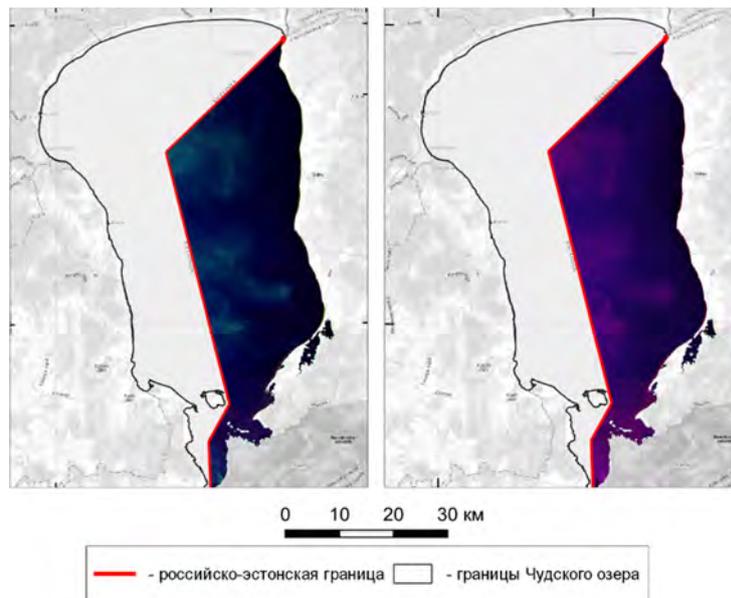


Рис. 2. Снимки Чудского озера Landsat 8 RGB (слева) и комбинации каналов 5-6-2 от 13.07.2023 (справа)  
Fig. 2. Images of Lake Peipsi Landsat 8 RGB (left) and a combination of channels 5-6-2 from 07/13/2023 (right)

Однако для обнаружения областей цветения цианобактерий лучше всего использовать цветосинтезированные изображения с естественной передачей цвета. В периоды длительной теплой, солнечной и безветренной погоды цианобактерии сгруппировываются и поднимаются к поверхности, образуя скопления на поверхности или под водой. На спутниковых изображениях цианобактерии выглядят как яркие нитевидные полосы или целые скопления. Цвет этих пятен зависит от стадии развития водорослей и может варьировать от ярко-зеленого до буровато-коричневого (рис. 3).

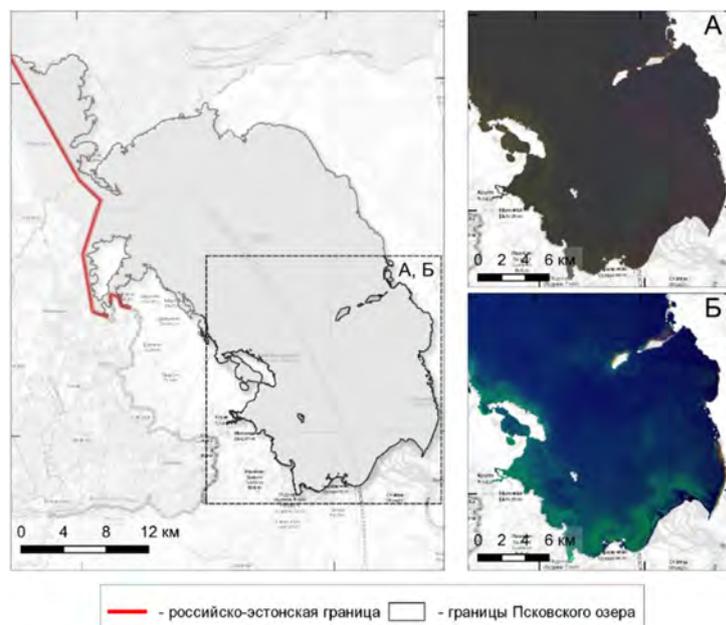


Рис. 3. Снимки Псковского озера Landsat 8 RGB от 24.08.2015 (А) и 06.05.2016 (Б)  
Fig. 3. Images of Pskov Lake Landsat 8 RGB from 08/24/2015 (А) and 05/06/2016 (Б)

Всего было обработано 14 спутниковых снимков. Далее производится классификация снимков, то есть разделение пикселей, соответствующих и не соответствующих синезеленому свечению. Для этого используется специальный алгоритм обработки изображений – метод «пиксели в точки» (рис. 4).



Рис. 4. Схема алгоритма вычисления площади эвтрофикации  
Fig. 4. Diagram of the algorithm for calculating the eutrophication area

Для данного вычисления площади необходимо подобрать такую комбинацию каналов, на которой будет четко отображаться распространение сине-зеленых бактерий и микроводорослей [Даниличева и др., 2022а, б; Даниличева, Ермаков, 2023]. Далее с помощью инструмента *SAGA «Raster values to points»* преобразовываем пиксели в точечно-векторную форму, используя информацию из растрового изображения, после чего выбираем их по расположению для дальнейшей геообработки. Для выделения точек по расположению использовалась «водная маска» Псковского озера на основе вычисленного индекса *NDWI*. С помощью инструмента «Агрегировать» происходит группировка выделенных точек, соответствующих наличию сине-зеленых бактерий и микроводорослей (рис. 5).

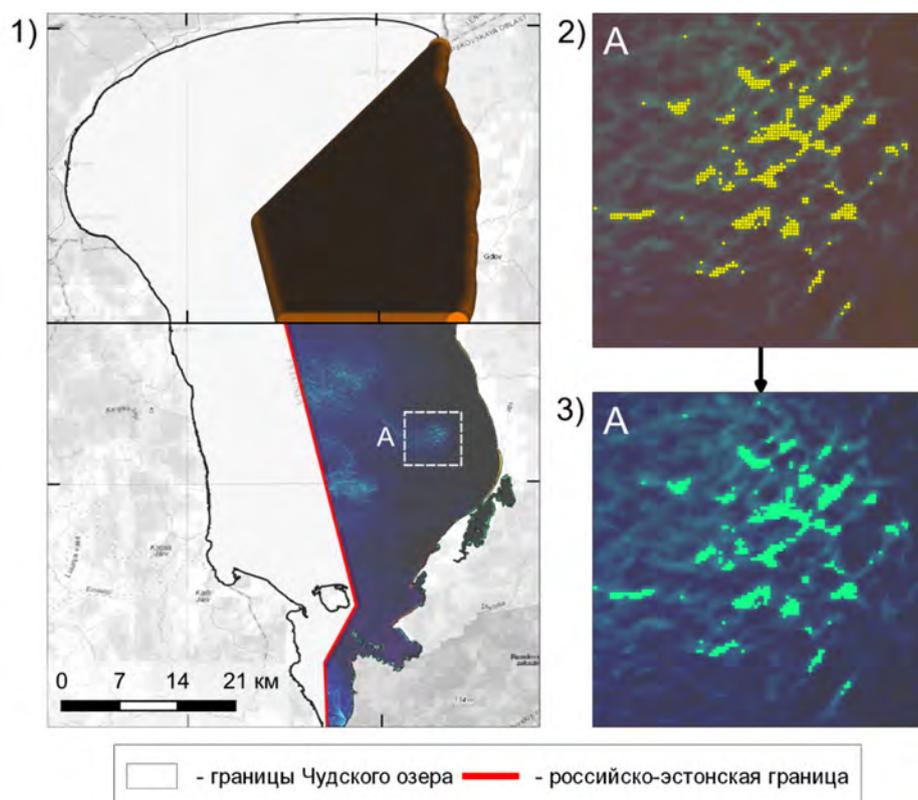


Рис. 5. Основная часть обработки изображения с помощью метода «пиксели в точки»:  
1 – преобразование значений растра в точки; 2 – сгруппированные точки, посредством инструмента «Агрегировать»; 3 – полученные области интенсивного цветения цианобактерий  
Fig. 5. The main part of image processing using the "pixels to points" method: 1 – converting raster values to points; 2 – grouped points using the aggregate tool; 3 – obtained areas of intense cyanobacteria bloom

Данный метод классификации спутниковых снимков основан на группировке пикселей схожей яркости в растрах и присвоении им одинаковых значений. После проделанных операций с помощью калькулятора полей рассчитывается площадь путем умножения количества точек на разрешение снимка. Для визуализации изменяется стиль полученного изображения (рис. 6).

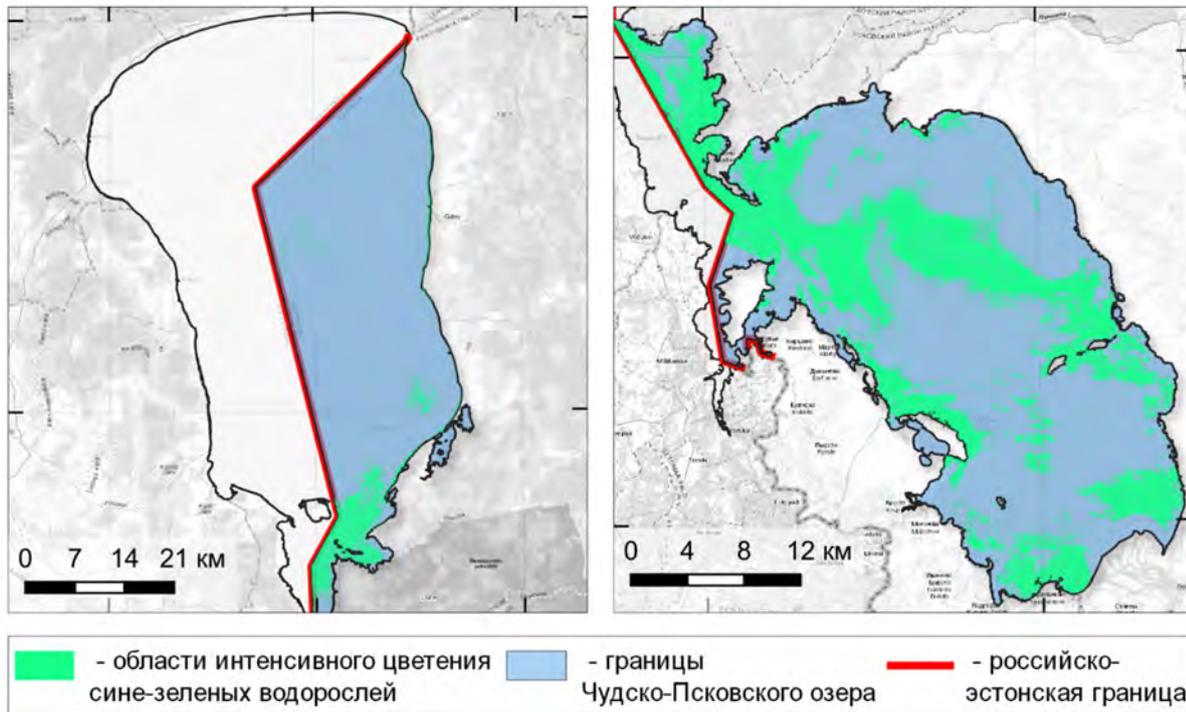


Рис. 6. Зоны эвтрофикации Чудского (слева) и Псковского (справа) озер 11 июня 2023 года  
Fig. 6. Eutrophication zones of Lake Peipsi (left) and Lake Pskov (right) lakes on June 11, 2023

Для подтверждения отсутствия или наличия эвтрофированных зон в озере готовили изображения интерполированных значений с наличием цианобактерий, характеризующих эвтрофированные зоны для периода сравниваемых лет. В качестве источника наземных данных использовались данные со станций лимнологических наблюдений для изучения Чудско-Псковского озера, предоставленные Псковским филиалом ФГБНУ «ВНИРО». Однако не все данные удалось подтвердить, поскольку наземные наблюдения отличались от спутниковых на период от 1 до 18 дней (табл. 2).

Таблица 2  
Table 2

Использованные материалы спутниковых и наземных данных  
Satellite and ground data materials used

Дата	
Спутниковые данные	Наземные наблюдения
26.05.2023	23–24.05.2023
11.06.2023	28.06.2023
13.07.2023	31.07.2023
22.09.2023	02.10.2023
11.05.2006	16.05.2006
12.06.2006	13–14.06.2006
05.07.2006	16.07.2006
16.09.2006	14–18.09.2006

Данный метод определения зоны эвтрофикации имеет свои плюсы и минусы, которые следует учитывать при его использовании.



Одним из главных преимуществ является его способность представить данные в формате точек, что облегчает их анализ и интерпретацию. Вместо того чтобы рассматривать каждый пиксель отдельно, метод объединяет идентичные по цвету пиксели в группы. Такой подход значительно сокращает объем данных и позволяет выполнять дальнейшую геообработку.

Еще одним преимуществом метода является его способность работать с мультиспектральными снимками. Спутниковые снимки часто содержат информацию о различных диапазонах электромагнитного спектра, таких как видимый свет, инфракрасное излучение и радиоволны [Fu-Liu et al., 2001; Zhang et al., 2021]. Используя метод, исследователи могут анализировать каждый из этих диапазонов отдельно и затем объединить полученные данные для создания общей картины [Абросимов, Дворкин, 2009; Кутузов, 2016].

Метод может быть использован для различных задач, например, для подсчета пород деревьев на исследуемой территории.

Однако метод также имеет свои недостатки. Такой подход подразумевает некоторую степень субъективности при определении параметров группировки пикселей в точки. Результаты анализа могут зависеть от интерпретации пользователем мультиспектрального снимка. Это может привести к некоторой степени неопределенности и потребовать дополнительной проверки результатов. Поэтому, на данном этапе использования метода необходимо верифицировать наличие эвтрофирования фактическими данными.

Метод требует наличия актуальных и качественных спутниковых снимков, преимущественно без облаков.

Кроме того, следует учитывать ограниченность информации, получаемой с помощью ДЗЗ. Спутниковые снимки дают возможность изучить только поверхностные процессы эвтрофикации озера, в то время как многие факторы, такие как подводные образования или состав донного осадка, могут оставаться незамеченными. Поэтому использование только этого метода может быть недостаточным для полного понимания проблемы эвтрофикации озера.

### Результаты и их обсуждение

В Чудско-Псковском озере цветение воды из-за сине-зеленых водорослей отмечается с начала XX века [Лаугасте и др., 2012]. Наибольшее число таксонов сине-зеленых водорослей (77) обнаружено в южной мелководной и высокоэвтрофной части водоема – Псковском озере и несколько меньше в Чудском (72) [Ястремский, 2010]. Роль сине-зеленых водорослей в Псковском озере значительно выше, чем в Чудском.

Сравнение величин относительной процентной разницы (*RPD*) по используемым каналам Landsat демонстрирует общие закономерности проявления отклонений КСЯ для разных сенсоров. Прямого сравнения снимков *TM* и *OLI* из-за отсутствия перекрытия в сроках получения снимков выполнить не удастся. Однако сопоставить различия сенсоров можно через *ETM+* [Елсаков, 2021].

Сравнение средних по снимку величин *RPD* разных сенсоров позволило установить различия для исследуемых каналов:

– для канала *NIR*:  $OLI > ETM+$  (в среднем на 0,6 %);  $ETM+ > TM$  (0,5 %)  $\Rightarrow OLI > TM$  (суммарно на 1,1 %);

для канала *Red*:  $OLI > ETM+$  (2,7 %);  $ETM+ < TM$  (1 %)  $\Rightarrow OLI > TM$  (суммарно на 1,7 %);

для *Blue*:  $OLI > ETM+$  (1,8 %);  $ETM+ < TM$  (2,8 %)  $\Rightarrow OLI < TM$  (суммарно на 1 %).

Максимальные различия отмечены для *Blue*-канала между сценами *ETM+* и *TM*, минимальные – для *NIR*-канала (0,5–0,6 %). Суммарно наименее выраженные различия между сенсорами отмечены для *Blue* и *NIR*-каналов, несмотря на высокие различия диапазонов для *NIR* канала.

Результаты сравнительного анализа площадей зоны эвтрофикации Чудского-Псковского озера в период май – сентябрь за 2006 и 2023 гг. показали, что в Псковском озере максимальные значения площади эвтрофикации наблюдались в 2006 и 2023 году в июне. В Чудском же озере максимальные значения площади эвтрофикации достигали в сентябре 2006 года, а в 2023 году – в июне (табл. 3). Данной вспышке вегетации цианобактерий в июне может способствовать ряд факторов, среди которых глобальное потепление и изменение климата, антропогенное загрязнение, а также способность цианобактерий адаптироваться к различным условиям среды [Сухаревич, Поляк, 2020]. В 2023 году средняя температура в мае составила 13,4 °С, что на 2,5 °С больше, чем в 2006 году, где среднемесячная температура была 10,9 °С. Рост температуры непосредственно мог способствовать развитию цианобактерий. Для более точного объяснения возникновения данной вспышки роста цианобактерий необходимо рассматривать совместное влияние температуры и концентрации биогенных веществ.

Таблица 3  
Table 3

Площади эвтрофикации и степени распространения цианобактерий от общей площади водоема  
The area of eutrophication and the degree of spread of cyanobacteria from the total area of the reservoir

Месяц	Чудское озеро		Псковское озеро	
	Площадь эвтрофикации, км <sup>2</sup>	Степень распространения цианобактерий от общей площади водоема, %	Площадь эвтрофикации, км <sup>2</sup>	Степень распространения цианобактерий от общей площади водоема, %
2023 год				
V	29,30	1,02	160,20	22,60
VI	86,89	3,05	236,49	33,36
VII	52,95	1,86	–	–
IX	53,19	1,87	96,05	13,55
2006 год				
V	5,84	0,21	56,06	7,91
VI	16,74	0,59	156,27	22,04
VII	22,39	0,79	–	–
IX	28,49	1,00	63,99	9,03

Площадь Чудского озера составляет 2846 км<sup>2</sup>, степень распространения цианобактерий за период исследования в 2006 году колеблется от 0,21 до 1 %, в 2023 году – от 1,02 до 3,05 %. В среднем степень покрытия площади поверхности водоема сине-зелеными водорослями в 2023 году по сравнению с 2006 годом увеличилась на 1,3 %. Площадь Псковского озера – 709 км<sup>2</sup>, степень распространения областей, покрытых цианобактериями, от общей площади водоема находится в диапазоне от 7,91 до 22,04 % в 2006 году, от 13,55 до 33,36 % в 2023 году. По сравнению с 2006 годом в среднем степень распространения цианобактерий на поверхности водоема в 2023 году увеличилась на 10,87 %.

Анализируя гистограммы, можно заметить, что интенсивность цветения воды из-за сине-зеленых водорослей значительно изменяется по сезонам в зависимости от погодных и гидрохимических условий. Обильное цветение в Псковском озере наблюдается с мая по июль, после чего площадь эвтрофикации постепенно снижается. Чудское озеро расположено севернее и является более глубоководным, что приводит к увеличению продолжительности его нагревания и сдвигу процессов развития сине-зеленых водорослей. Таким образом, в Чудском озере увеличение площади распространения цианобактерий наблюдается в августе – сентябре (рис. 7).

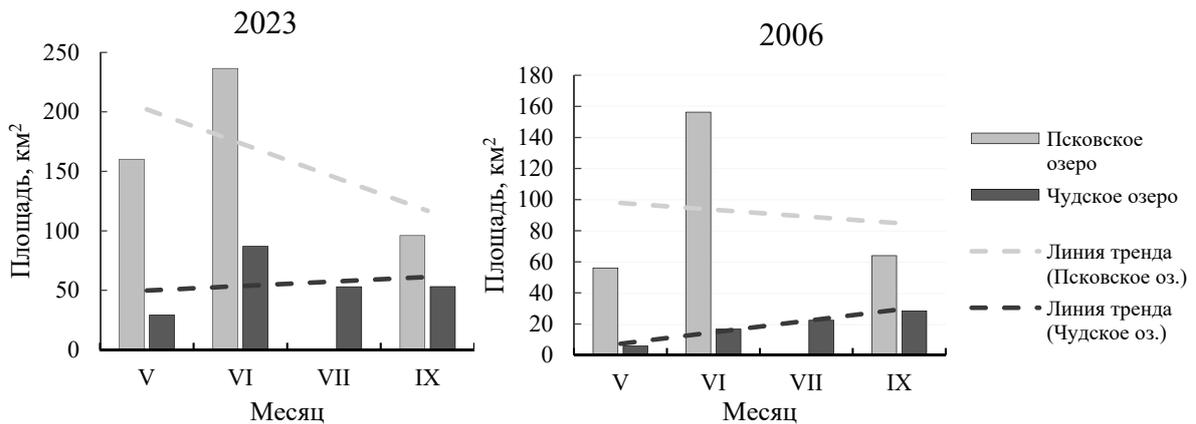


Рис. 7. Динамика площади эвтрофикации озер в 2006 и 2023 годах в зависимости от месяца  
 Fig. 7. Dynamics of the lake eutrophication area in 2006 and 2023, depending on the month

Одним из факторов, оказывающих существенное воздействие на процесс эвтрофикации, является температурный режим воды. Он непосредственно влияет на физико-химические свойства и биологические процессы. Использование данных дистанционного зондирования Земли позволяет отслеживать температурный режим воды в Чудско-Псковском водоеме. Эти данные предоставляют информацию о поверхностной температуре воды с высоким пространственным и временным разрешением.

Для развития сине-зеленых водорослей благоприятна температура от +20 °С до +34 °С; температура +29 °С является оптимальной для их роста [Lurling et al., 2013].

Цветению воды в Чудско-Псковском озере способствуют следующие благоприятные факторы, складывающиеся в летний период:

- а) повышенная освещенность и температура воды;
- б) интенсивный ход процессов минерализации отмершего фитопланктона, обеспечивающих новое пополнение воды минеральными слоями;
- в) хорошие прогреваемость воды и ее перемешиваемость даже при умеренном ветре из-за мелководности озера [Ястремский, 2016].

Как уже упоминалось, большое влияние на состояние биогенной пленки из цианобактерий оказывает ветер. Ветровой режим в Чудско-Псковском водоеме характеризуется ветрами со скоростью от 5 до 20 м/с [Тимм и др., 2012]. При скорости ветра больше 8–10 м/с пленка разрушается, скоплений водорослей на поверхности не наблюдается или появляется возможность проследить перенос водорослей ветром, как это можно увидеть в Псковском озере 11.06.2023 [Лаврова и др., 2014]. Пространственное распределение водорослей в Чудско-Псковском озере зависит главным образом от силы и направления ветра, а также температуры воды.

В целом наибольшее скопление цианобактерий отмечается в южной части Псковского озера, находящейся под влиянием вод реки Великой, вблизи Талабских островов и вдоль береговой линии. Также скопление биомассы цианобактерий происходит в зонах конвергенции течений (рис. 8). В основном зоны, покрытые цианобактериями, соответствуют наиболее мелководным и хорошо прогретым местам (рис. 9).

Сравнительный анализ эвтрофикации Чудского и Псковского озер позволяет выявить различия в динамике развития этого процесса. Одно из отличий между Чудским и Псковским озерами заключается в темпах развития эвтрофикации. В случае Чудского озера площадь эвтрофической зоны начинает увеличиваться только к августу, то есть более поздней части летнего периода. Это может быть связано с более поздним прогреванием воды. При этом, водоросли образуют плотный тонкий слой, концентрирующийся в одном месте – в южной части Чудского озера, которая является мелководной, часто с повышенными значениями температур (рис. 10, 11). Температурный контраст между районами с плавающими цианобактериями и окружающими районами может достигать 4 °С.

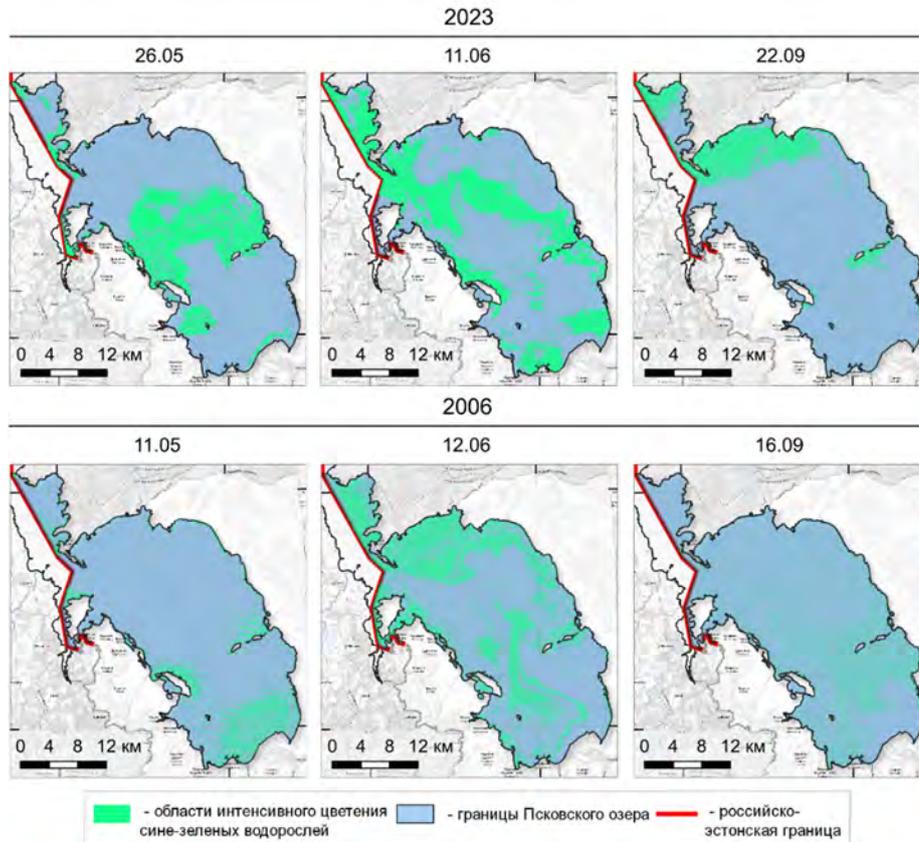


Рис. 8. Зоны эвтрофикации Псковского озера в зависимости от месяца в 2023 и 2006 гг.  
Fig. 8. Eutrophication zones of Lake Pskov depending on the month in 2023 and 2006

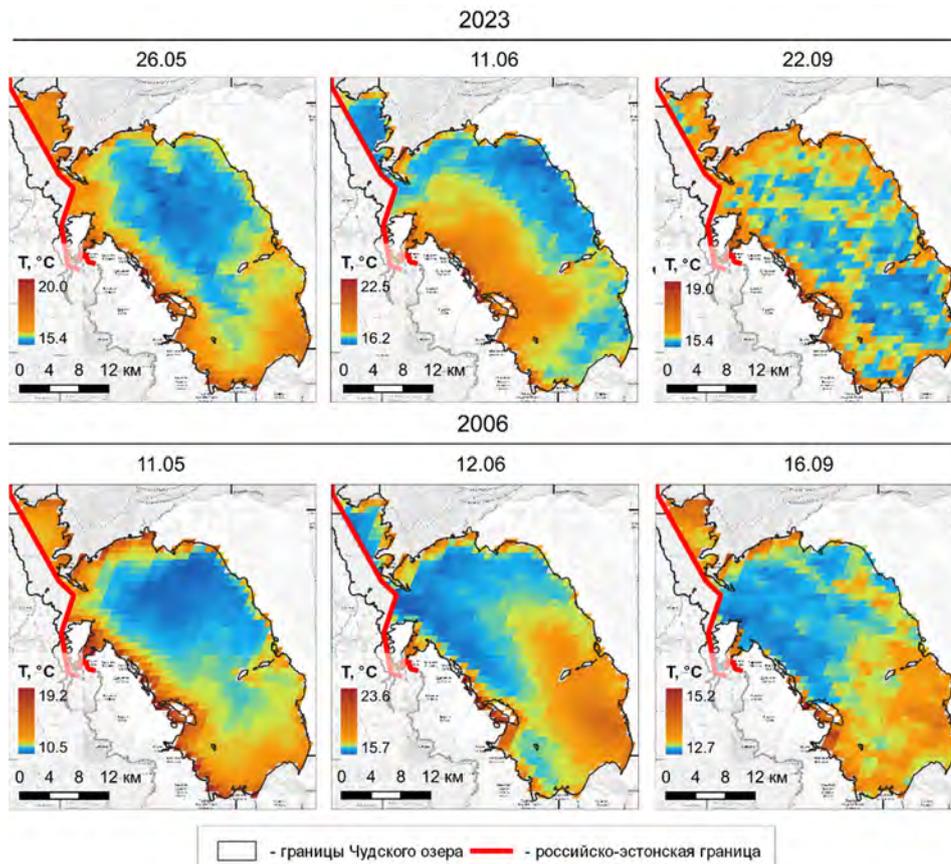


Рис. 9. Температура поверхности воды Псковского озера по данным MOD11A1 Terra MODIS  
Fig. 9. Surface temperature of the Pskov Lake water according to MOD11A1 Terra MODIS data

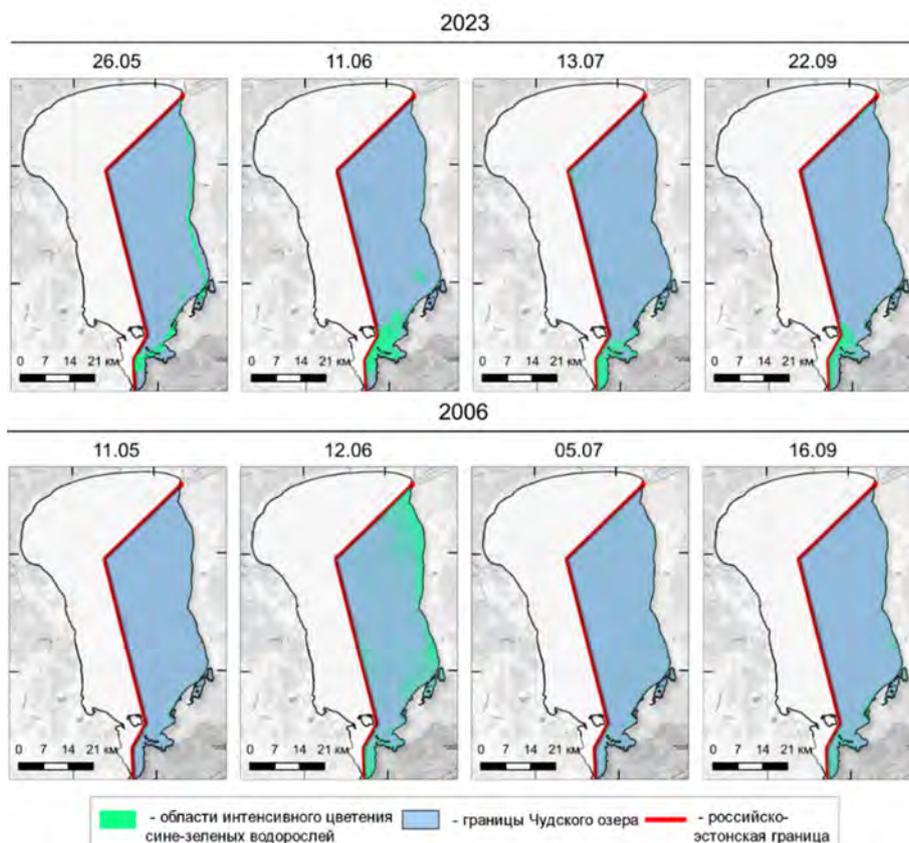


Рис. 10. Зоны эвтрофикации Чудского озера в зависимости от месяца в 2023 и 2006 гг.  
 Fig. 10. Eutrophication zones of Lake Peipsi depending on the month in 2023 and 2006

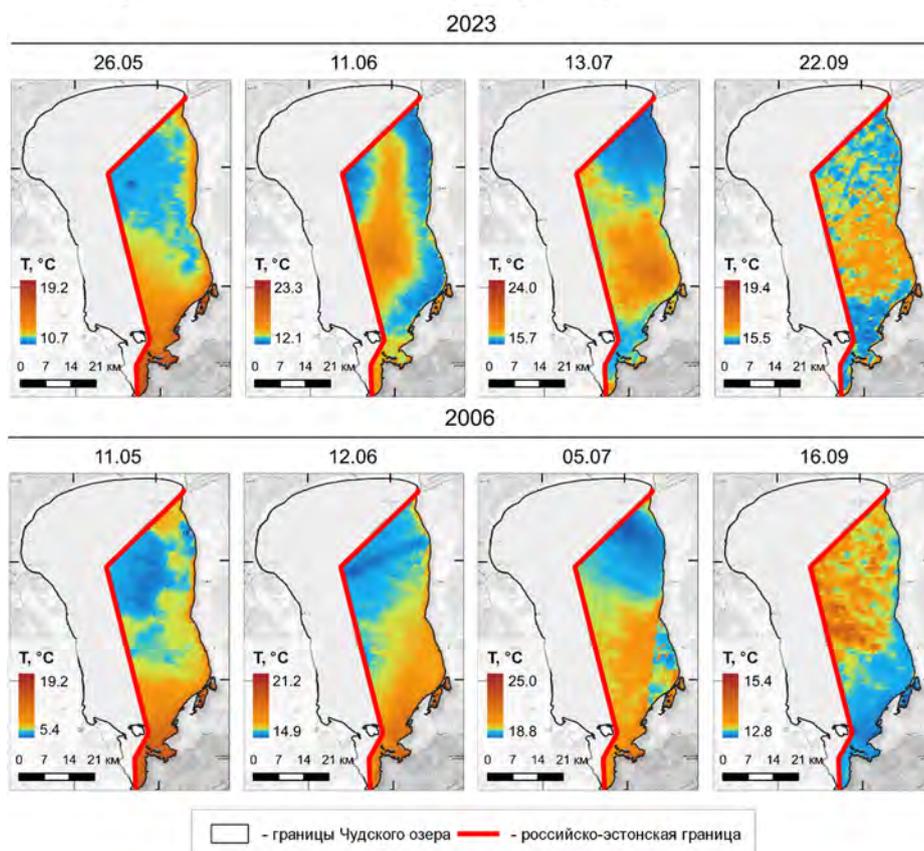


Рис. 11. Температура поверхности воды Чудского озера по данным MOD11A1 Terra MODIS  
 Fig. 11. Water surface temperature of Lake Peipsi according to MOD11A1 Terra MODIS data

В случае Псковского озера процесс эвтрофикации начинается уже с конца мая – начала летнего периода. Причиной таких ранних сроков может служить большая нагрузка питательными веществами из прилегающих территорий или другие факторы, способствующие активному развитию сине-зеленых водорослей [Gladyshev, Gubelit, 2019; Tammeorg et al., 2020].

Для верификации наличия областей интенсивного цветения цианобактерий, выявленных на спутниковых снимках, необходимо сравнить спутниковые данные с достоверно выявленными участками эвтрофикации по наземным данным. Для этого, используя данные с лимнологических станций Чудско-Псковского озера, прогнозировались места наличия цианобактерий посредством интерполяции. Затем рассчитывался коэффициент корреляции между полученными фактическими данными и спутниковыми изображениями. В результате обработки данных ДЗЗ можно заметить, что методика исследования позволяет выделить области с наиболее интенсивным цветением сине-зеленых водорослей, образующих плотный слой (рис. 12). Наиболее разреженные области, поглощающие меньшее количество солнечной радиации, вследствие чего имеют менее значительное отражение света в ИК-диапазоне, выделяются с трудом.

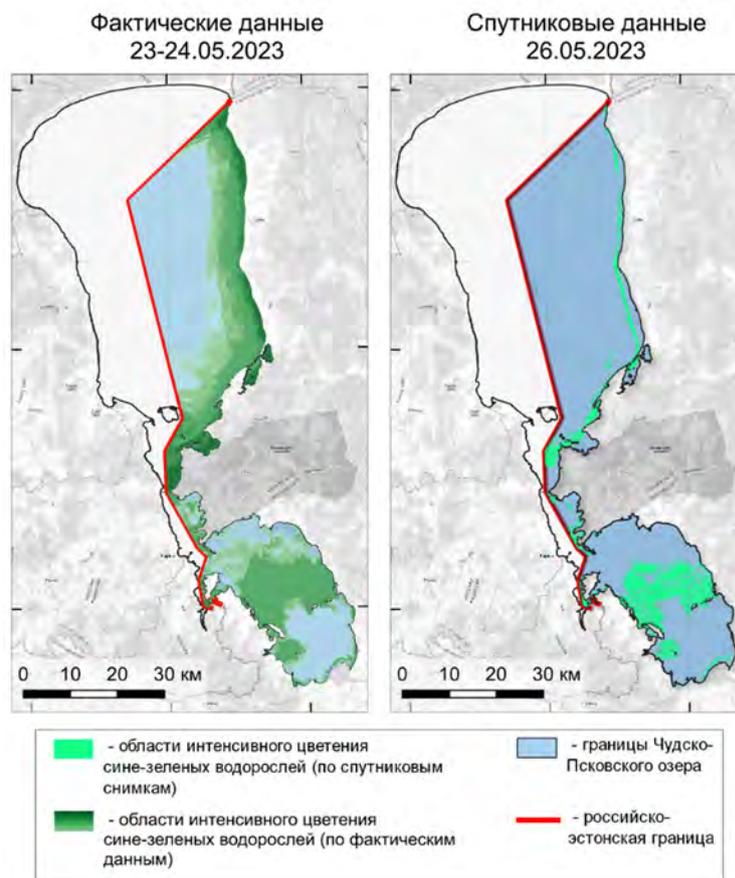


Рис. 12. Пространственное распределение областей, покрытых цианобактериями по наземным (слева) и спутниковым (справа) данным

Fig. 12. Spatial distribution of areas covered with cyanobacteria according to ground data (left) and satellite data (right)

По результатам обработки данных при сопоставлении пространственного распределения областей, покрытых цианобактериями, между спутниковыми и фактическими изображениями по близким друг к другу датам показана средняя (заметная) сила связи (коэффициент корреляции 0,50–0,70), что позволяет использовать спутниковые снимки и данный метод исследования для определения площадей эвтрофикации внутренних водоемов (табл. 4).

Таблица 4  
 Table 4

Коэффициенты корреляции между наземными и спутниковыми данными  
 Correlation coefficients between terrestrial and satellite data

Дата (спутниковые данные/фактические данные)	Коэффициент корреляции	
	Чудское озеро	Псковское озеро
2023 год		
26.05/23-24.05	0,53	0,60
11.06/28.06	0,32	0,25
13.07/31.07	0,21	–
22.09/02.10	0,36	0,25
2006 год		
11.05/16.05	0,70	0,69
12.06/13-14.06	0,68	0,61
05.07/16.07	0,30	–
16.09/14-18.09	0,65	0,70

В Псковском озере по сравнению с Чудским озером интенсивность цветения воды выше. Это объясняется несколькими факторами.

Во-первых, географическое положение озер. В Псковском озере, как упоминалось выше, на развитие цианобактерий имеют влияние воды реки Великой.

Во-вторых, объем воды в Псковском озере меньше, чем в Чудском озере. Это приводит к более высокой концентрации питательных веществ на единицу объема и обеспечивает лучшие условия для размножения сине-зеленых водорослей.

Наконец, климатические условия также играют роль в интенсивности цветения. В районе Чудского озера климат более холодный и непредсказуемый, что снижает возможность длительного и интенсивного цветения. В то же время, климатические условия в районе Псковского озера более благоприятные для развития цианобактерий.

Исследования, проведенные на основе спутниковых данных на Псковском, Чудском озерах, позволяют сделать вывод, что не всегда максимальная температура поверхности воды соответствует максимальной площади эвтрофикации (рис. 13).

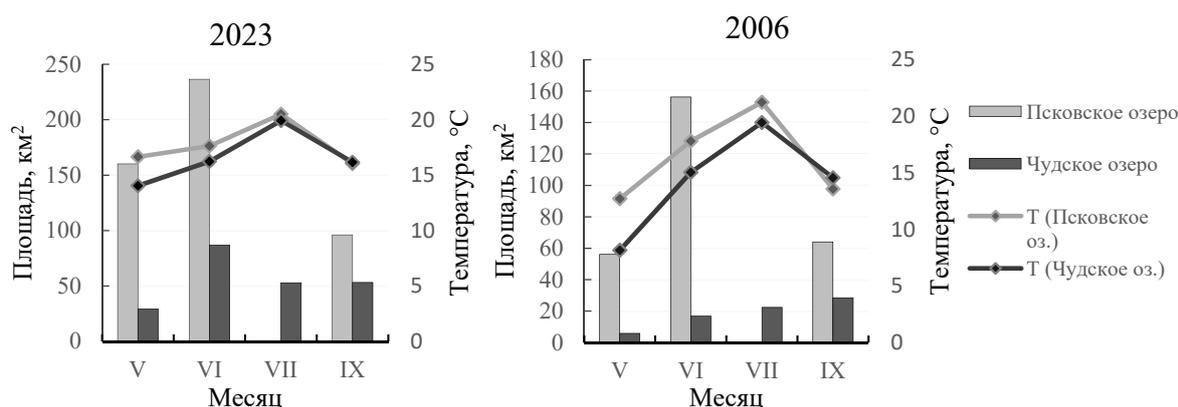


Рис. 13. Соотношение площади эвтрофикации (км<sup>2</sup>) и средней температуры поверхности воды (°С) по месяцам в Псковском, Чудском озерах за 2006 и 2023 гг.

Fig. 13. The ratio of the eutrophication area (km<sup>2</sup>) and the average water surface temperature (°C) by month in Lake Pskov and Lake Peipsi for 2006 and 2023

Например, в летний период, когда температура поверхности воды достигает своего максимума, площадь эвтрофикации может быть как высокой (например, из-за большого количества аграрных стоков), так и низкой (если происходит активное естественное очищение озера).

Весенний период характеризуется повышенной активностью биологических процессов, включая рост растений и водных организмов. В этот период площадь эвтрофикации может быть высокой из-за большого количества питательных веществ, поступающих в озеро из окружающей среды, таких как удобрения, органические отходы и дождевая вода.

Таким образом, температура не является единственным фактором, влияющим на развитие цианобактерий. Другие факторы, такие как доступность света, рН-уровень воды и наличие других органических веществ также играют важную роль.

### Заключение

Предложенная методика для определения площади эвтрофикации внутренних водоемов с использованием данных сенсоров спутников серии *Landsat* позволяет определить площади эвтрофикации, а также оценить сезонную и межгодовую изменчивость областей, покрытых цианобактериями, в Чудско-Псковском озере за исследуемый период 2006 и 2023 гг.

Сравнение спектральных характеристик красного, синего и ближнего инфракрасного диапазонов сенсоров *Landsat* (*TM/ETM+/OLI*) показало, что несмотря на сходство используемых в данном исследовании сенсоров *Landsat*, они имеют определенные различия, которые необходимо минимизировать. Наибольшие различия наблюдаются в *Blue*-канале между сценами *ETM+* и *TM*, в то время как минимальные различия отмечены в *NIR*-канале (0,5–0,6 %). В целом наименее выраженные различия между сенсорами наблюдаются в *Blue* и *NIR*-каналах, несмотря на значительные различия в диапазонах для *NIR*-канала.

На основе используемой методики построены карты распределения областей, покрытых цветением цианобактерий по данным сенсоров спутников серии *Landsat*. Визуализация данных позволила выявить особенности распределения зон эвтрофикации в каждом из озер. Так, в Псковском озере наибольшее скопление сине-зеленых водорослей отмечается в его южной части, вблизи Талабских островов и вдоль береговой линии. Также скопление биомассы цианобактерий происходит в зонах конвергенции течений. В Чудском озере сине-зеленые водоросли образуют плотный тонкий слой, концентрирующийся в одном месте – в южной части водоема.

Верификация эвтрофированных областей, выделенных по спутниковым данным на основе наземных данных со станций лимнологических наблюдений для изучения Чудско-Псковского озера, показала среднюю (заметную) силу связи (коэффициент корреляции 0,50–0,70).

Динамика площади эвтрофикации Чудско-Псковского озера с мая по сентябрь за 2006 и 2023 годы, исследованная на основе результатов разработанной методики, показала, что максимальные значения площади эвтрофикации в Псковском озере наблюдались в 2006 и 2023 году в июне, в Чудском – в 2006 в сентябре, а в 2023 году – в июне. Интенсивное цветение в Псковском озере наблюдается с мая по июль, после чего площадь эвтрофикации постепенно снижается. В Чудском озере процесс развития сине-зеленых водорослей происходит позже, увеличение площади распространения цианобактерий наблюдается в августе – сентябре. Степень распространения цианобактерий за период исследования от общей площади водоема в 2023 году, по сравнению с 2006 годом, в среднем увеличилась в Чудском озере на 1,3 %, в Псковском озере – на 10,87 %.

Отмечено, что максимальная температура поверхности воды не всегда совпадает с максимальной площадью эвтрофикации озер. Таким образом, температура не является единственным фактором, влияющим на развитие цианобактерий. Другие факторы, такие как доступность света, рН-уровень воды и наличие органических веществ, также имеют значительное значение.

### Список литературы

- Абросимов А.В., Дворкин Б.А. 2009. Возможности практического использования данных ДЗЗ из космоса для мониторинга водных объектов. *ГЕОМАТИКА*, 4: 54–63.
- Алескерова А.А., Кубряков А.А., Станичный С.В., Лишаев П.Н., Мизюк А.И. 2018. Цветение цианобактерий в Азовском море по данным сенсоров спутников серии Landsat. *Исследование Земли из космоса*, 6: 52–64. <https://doi.org/10.31857/S020596140003368-5>.
- Бабич О.О., Рада А.О., Куликова Ю.В., Сухих С.А. 2023. Изучение уровня эвтрофикации прибрежных вод Гданьского залива Балтийского моря с использованием данных дистанционного зондирования Земли. *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*, 1(217): 35–41.
- Вершинин А.О., Орлова Т. Ю. 2008. Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России. *Океанология*, 48(4): 568–582.
- Даниличева О.А., Ермаков С.А. 2023. О проявлениях биогенных пленок на спутниковых мультиспектральных изображениях эвтрофированного водоема. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 20(5): 273–284. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-5-273-284>
- Даниличева О.А., Ермаков С.А., Капустин И.А., Ермошкин А.В., Лазарева Т.Н., Лещев Г.В., Доброхотова Д.В., Сергиевская И.А. 2022а. Подспутниковые комплексные исследования зон цветения фитопланктона в Горьковском водохранилище. В кн.: *Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса (физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)*. Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 14–18 ноября 2022. Москва, Институт космических исследований Российской академии наук, 156 с.
- Даниличева О.А., Ермаков С.А., Капустин И.А., Ермошкин А.В., Лазарева Т.Н., Лещев Г.В., Доброхотова Д.В., Сергиевская И.А. 2022б. Проявление зон интенсивного цветения фитопланктона в радиолокационных сигналах при зондировании внутренних водоемов. В кн.: *Проблемы экологии Волжского бассейна. Волга-2022. Труды 7-й всероссийской научной конференции*, Нижний Новгород, 27–29 ноября 2022. Нижний Новгород, Волжский государственный университет водного транспорта, 19 с.
- Елсаков В.В. 2021. Спектральные различия характеристик растительного покрова тундровых сообществ сенсоров Landsat. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 18(4): 92–101. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-92-101>
- Карабашев Г.С., Евдошенко М.А. 2015. Спектральные признаки цветения цианобактерий в Балтийском море по данным сканера MODIS. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 12(3): 158–170.
- Кутузов А.В. 2016. Оперативный спутниковый мониторинг скоплений планктонных водорослей и количественная оценка их плотности. *Географический вестник*, 3(38): 160–168. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-3-160-168>
- Лаврова О.Ю., Соловьев Д.М., Строчков А.Я., Шендрик В.Д. 2014. Спутниковый мониторинг интенсивного цветения водорослей в Рыбинском водохранилище. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 11(3): 54–72.
- Лаугасте Р., Ныгес Т., Ястремский В., Тынно И. 2012. Водоросли. Псковско-Чудское озеро. Тарту, *Eesti Loodusfoto*, 263–283.
- Румянцев В.А., Крюков Л.Н. 2013. «Цветение» воды – угроза экологической безопасности. *Известия русского географического общества*, 145(2): 1–9.
- Сухаревича В.И., Поляк Ю.М. 2020. Глобальное распространение цианобактерий: причины и последствия (обзор). *Биология внутренних вод*, 6: 562–572. <https://doi.org/10.31857/S0320965220060170>.
- Тимм Т., Раукас А., Хаберман Ю., Яни А. 2012. Псковско-Чудское озеро. Тарту. *Eesti Loodusfoto*, 495 с.
- Чурилова Т.Я., Кривенко О.В., Суслин В.В., Ефимова Т.В., Моисеева Н.А. 2016. Первичная продукция Черного моря: спектральный подход. *Морской биологический журнал*, 1(3): 50–53. <https://doi.org/10.21072/mbj.2016.01.3.08>.

- Чурилова Т.Я., Суслин В.В., Кривенко О.В., Ефимова Т.В., Моисеева Н.А. 2016. Спектральный подход к оценке скорости фотосинтеза фитопланктона в Черном море по спутниковой информации: методологические аспекты развития региональной модели. Журнал сибирского федерального университета. Серия: Биология, 9(4): 367–384. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-367-384>
- Ястремский В.В. 2010. Оценка интенсивности «цветения» воды синезелеными водорослями в Чудско-Псковском озере. В кн.: Развитие туризма в Балтийском регионе: предпосылки, современное состояние и перспективы. Материалы международной общественно-научной конференции, Псков, 18–19 ноября 2010. Псков, Логос Плюс: 181–183.
- Ястремский В.В. 2016. Структура и продуктивность фитопланктона Чудско-Псковского озера. СПб., Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, 296 с.
- Ястремский В.В., Ястремская О.В. 2004. Роль синезеленых водорослей в экосистеме Псковско-Чудского озера. В кн.: Северо-Западная Россия: проблемы экологии и социально-экономического развития. Материалы региональной общественно-научной конференции с международным участием, Псков, 25–26 ноября 2004. Псков, Издательство Псковского областного центра народного творчества: 178–181.
- Behrenfeld M.J., Falkowski P.G. 1997. Photosynthetic Rates Derived from Satellite-Based Chlorophyll Concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(1): 1–20. <https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.1.0001>
- Bidigare R.R., Ondrusek M.E., Morrow J.H., Kiefer D.A. 1990. In Vivo Absorption Properties of Algal Pigments. *Proceedings of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, 1302: 290–302. <https://doi.org/10.1117/12.21451>
- Bidigare R.R., Prezelin B.B., Smith R.C. 1992. Bio-Optical Models and the Problems of Scaling. Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea, 43: 175–212. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2_11)
- Blondeau-Patissier D., Gower J.F., Dekker A.G., Phinn S.R., Brando V.E. 2014. A Review of Ocean Color Remote Sensing Methods and Statistical Techniques for the Detection, Mapping and Analysis of Phytoplankton Blooms in Coastal and Open Oceans. *Progress in oceanography*, 123: 123–144. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.12.008>
- Demers S., Roy S., Gagnon R., Vignault C. 1991. Rapid Light-Induced Changes in Cell Fluorescence and in Xanthophyll-Cycle Pigments of *Alexandrium Excavatum* (Dinophyceae) and *Thalassiosira Pseudonana* (Bacillariophyceae): a Photoprotection Mechanism. *Marine Ecology Progress Series*, 76: 185–193.
- Engelmann T.W. 1902. Ueber Experimentelle Erzeugung Zwechmassiger Aenderungen der Färbung pflanzenlicher Chromophylle durch farbiges Licht. *Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische abt.*: 333–335.
- Fu-Liu Xu, Shu Tao, R.W. Dawson, Beng-Gang Li. 2001. A GIS-Based Method of Lake Eutrophication Assessment. *Ecological Modelling*, 144(2–3): 231–244. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00374-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00374-X)
- Gladyshev M.I., Gubelit Y.I. 2019. Green Tides: New Consequences of the Eutrophication of Natural Waters (Invited Review). *Contemporary Problems of Ecology*, 12(2): 109–125. <https://doi.org/10.1134/S1995425519020057>
- Hoepffner N., Sathyendranath S. 1992. Bio-Optical Characteristics of Coastal Waters: Absorption Spectra of Phytoplankton and Pigment Distribution in the Western North Atlantic. *Limnology and Oceanography*, 37(8): 1660–1679. <https://doi.org/10.4319/lo.1992.37.8.1660>
- Huang W., Huang J., Wang X., Wang F., Shi J. 2013. Comparability of Red/Near-Infrared Reflectance and NDVI Based on the Spectral Response Function between MODIS and 30 Other Satellite Sensors Using Rice Canopy Spectra. *Sensors (Basel)*, 13(12): 16023–16050. <https://doi.org/10.3390/s131216023>
- Jang S.Y., Xiong Q.X., Zhu J.Q. 2014. Evaluation of Lake Eutrophication Based on the HJ-1 Satellite Multispectral Data. *Applied Mechanics and Materials*, 519: 1184–1187. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.1184>



- Jeffrey S.W., Vesk M. 1997. Introduction to Marine Phytoplankton and Their Pigment Signatures. In: *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. Paris, UNESCO Publ.: 37–84.
- Kahru M., Savchuk O.P., Elmgren R. 2007. Satellite Measurements of Cyanobacterial Bloom Frequency in the Baltic Sea: Interannual and Spatial Variability. *Marine Ecology Progress Series*, 343: 15–23. <https://doi.org/10.3354/meps06943>
- Kutser T., Metsamaa L., Strömbeck N., Vahtmäe E. 2006. Monitoring Cyanobacterial Blooms by Satellite Remote Sensing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1–2): 303–312. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.11.024>
- Lavrova O.Y., Mityagina M.I. 2016. Manifestation Specifics of Hydrodynamic Processes in Satellite Images of Intense Phytoplankton Bloom Areas. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 52(9): 974–987. <https://doi.org/10.1134/S0001433816090176>
- Lurling M., Eshetu F., Faassen E.J., Kosten S., Huszar V.M. 2013. Comparison of Cyanobacterial and Green Algal Growth Rates at Different Temperatures. *Freshwater Biology*, 58(3): 552–559. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02866.x>
- Prezelin B.B., Tilzer M.M., Schofield O., Haese C. 1991. The Control of the Production Process of Phytoplankton by the Physical Structure of the Aquatic Environment with Special Reference to Its Optical Properties. *Aquatic Sciences*, 53(2/3): 136–186. <https://doi.org/10.1007/BF00877058>
- Rowan K.S. 1989. *Photosynthetic Pigments of Algae*. Cambridge, Cambridge University Press, 266 p.
- Siegel D.A., Behrenfeld M.J., Maritorea S., McClain C.R., Antoine D., Bailey S.W., Bontempi P.S., Boss E.S., Dierssen H.M., Doney S.C., Eplee Jr R.E., Evans R.H., Feldman G.C., Fields E., Franz B.A., Kuring N.A., Mengelt C., Nelson N.B., Patt F.S., Robinson W.D., Sarmiento J.L., Swan C.M., Werdell P.J., Westberry T.K., Wilding J.G., Yoder J.A. 2013. Regional to Global Assessments of Phytoplankton Dynamics from the SeaWiFS Mission. *Remote Sensing of Environment*, 135: 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.025>
- Suslin V., Churilova T. 2016. A Regional Algorithm for Separating Light Absorption by Chlorophyll-a and Colored Detrital Matter in the Black Sea Using 480–560 nm Bands from Ocean Color Scanners. *International Journal of Remote Sensing*, 37(18): 4380–4400. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1211350>
- Suzuki K., Kishino M., Sasaoka K., Saitoh S.-I., Saino T. 1998. Chlorophyll-Specific Absorption Coefficients and Pigments of Phytoplankton off Sanriku, Northwestern North Pacific. *Journal of Oceanography*, 54: 517–526. <https://doi.org/10.1007/BF02742453>
- Tammeorg O., Nürnberg G., Horppila J., Haldna M., Niemistö J. 2020. Redox-Related Release of Phosphorus from Sediments in Large And Shallow Lake Peipsi: Evidence from Sediment Studies and Long-Term Monitoring Data. *Journal of Great Lakes Research*, 46(6): 1595–1603. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.08.023>
- Viso-Vázquez M., Acuña-Alonso C., Rodríguez J.L., Alvarez X. 2021. Remote Detection of Cyanobacterial Blooms and Chlorophyll-a Analysis in a Eutrophic Reservoir Using Sentinel-2. *Sustainability*, 13(15): 8570. <https://doi.org/10.3390/su13158570>
- Werdell P.J., McKinna L.I.W., Boss E., Ackleson S.G., Craig S.E., Gregg W.W., Lee Z., Maritorea S., Roesler C.S., Rousseaux C.S., Stramski D., Sullivan J.M., Twardowski M.S., Tzortziou M., Zhang X. 2018. An Overview of Approaches and Challenges for Retrieving Marine Inherent Optical Properties from Ocean Color Remote Sensing. *Progress in Oceanography*, 160: 186–212. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.001>
- Xu H. 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Zhang Y., Li M., Dong J., Yang H., Van Zwieten L., Lu H., Alshameri A., Zhan Z., Chen X., Jiang X., Xu W., Bao Y., Wang H.A. 2021. Critical Review of Methods for Analyzing Freshwater Eutrophication. *Water*, 13(2): 225. <https://doi.org/10.3390/w13020225>

## References

- Abrosimov A.V., Dvorkin B.A. 2009. Practical Use of Remote Sensing Data for Monitoring Water Resources. *GEOMATIKA*, 4: 54–63 (in Russian).

- Aleskerova A.A., Kubrjakov A.A., Stanichnyj S.V., Lishaev P.N., Mizjuk A.I. 2018. Cyanobacteria Bloom in the Sea of Azov According to Landsat Data. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*, 6: 52–64 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S020596140003368-5>
- Babich O.O., Rada A.O., Kulikova Yu.V., Sukhikh S.A. 2023. Study of Coastal Waters Eutrophication Level of Gdansk Bay (Baltic Sea) Using Earth Remote Sensing Data. *Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Natural Science*, 1: 35–42 (in Russian).
- Vershinin A.O., Orlova T. Ju. 2008. Toxic and Harmful Algae in the Coastal Waters of Russia. *Oceanology*, 48(4): 524–537 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0001437008040085>
- Danilicheva O.A., Ermakov S.A. 2023. On Biogenic Film Manifestations in Satellite Multispectral Images of Eutrophic Water Bodies. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 20(5): 273–284 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-5-273-284>
- Danilicheva O.A., Ermakov S.A., Kapustin I.A., Ermoshkin A.V., Lazareva T.N., Leshhev G.V., Dobrohotova D.V., Sergievskaja I.A. 2022a. Podsputnikovye kompleksnye issledovanija zon cvetenija fitoplanktona v Gor'kovskom vodohranilishhe [Subsatellite Complex Studies of Phytoplankton Bloom Zones in the Gorky Reservoir]. In: [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space (Physical Foundations, Methods and Technologies for Monitoring the Environment, Potentially Hazardous Phenomena and Objects)]. Proceedings of the 20th International Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space", Moscow, 14–18 November 2022. Moscow, Publ. Institut kosmicheskikh issledovaniy Rossiyskoy akademii nauk, 156 p.
- Danilicheva O.A., Ermakov S.A., Kapustin I.A., Ermoshkin A.V., Lazareva T.N., Leshhev G.V., Dobrohotova D.V., Sergievskaja I.A. 2022b. Projavlenie zon intensivnogo cvetenija fitoplanktona v radiolokacionnyh signalah pri zondirovanii vnutrennih vodoemov [Manifestation of Zones of Intense Phytoplankton Bloom in Radar Signals During Probing of Inland Water Bodies]. In: [Problems of Ecology of the Volga Basin. Volga-2022]. Proceedings of the 7th All-Russian scientific conference, Nizhny Novgorod, 27–29 November 2022. Nizhny Novgorod, Publ. Volzhskiy gosudarstvennyy universitet vodnogo transporta, 19.
- Elsakov V.V. 2021. Spectral Differences in Vegetation Cover Characteristics of Tundra Communities by Landsat Sensors. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 18(4): 92–101 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-4-92-101>
- Karabashev G.S., Evdoshenko M.A. 2015. Spectral Features of Cyanobacterial Bloom in the Baltic Sea from MODIS Data. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 12(3): 158–170 (in Russian).
- Kutuzov A.V. 2016. Operational Satellite Monitoring of Plankton Algae Accumulation and Quantitative Estimation of Their Density. *Geographical Bulletin*, 3(38): 160–168 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2016-3-160-168>
- Lavrova O.Yu., Soloviev D.M., Strochkov A.Ja., Shendrik V.D. 2014. Satellite Monitoring of Harmful Algae Bloom in Rybinsk Reservoir. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 11(3): 54–72 (in Russian).
- Laugaste R., Nyges T., Jastremskij V., Tynno I. 2012. Algae. Lake Pskov-Chudskoe. Tartu, Eesti Loodusfoto, 263–283 (in Russian).
- Rumyantsev V.A., Kryukov L.N. 2013. Water Bloom, a Threat to Environmental Safety. Proceedings of the Russian Geographical Society, 145(2): 1–9 (in Russian).
- Sukharevich V.I., Polyak Y.M. 2020. Global Occurrence of Cyanobacteria: Causes and Effects (Review). *Inland Water Biology*, 6: 562–572 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0320965220060170>
- Timm T., Raukas A., Haberman Ju., Jaani A. 2012. Pskovsko-Chudskoe Ozero. Tartu, Eesti Loodusfoto, 495 p. (in Russian).
- Churilova T.Ya., Krivenko O.V., Suslin V.V., Efimova T.V., Moiseeva N.A. 2016. Primary Production of the Black Sea: Spectral Approach. *Marine Biological Journal*, 1(3): 50–53 (in Russian). <https://doi.org/10.21072/mbj.2016.01.3.08>
- Churilova T.Ya., Suslin V.V., Krivenko O.V., Efimova T.V., Moiseeva N.A. 2016. Spectral Approach to Assessment of Phytoplankton Photosynthesis Rate in the Black Sea Based on Satellite Information: Methodological Aspects of the Regional Model Development. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 9(4): 367–384 (in Russian). <https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-367-384>



- Yastremskiy V.V. 2010. Ocenka intensivnosti «cvetenija» vody sinezelenymi vodorosljami v Chudsko-Pskovskom ozere [Evaluation of the Intensity of Water Blooms by Blue-Green Algae in Lake Peipus]. In: Razvitiye turizma v Baltijskom regione: predposylki. sovremennoye sostoyaniye i perspektivy [Tourism Development in the Baltic Region: Prerequisites, Current Status and Prospects]. Proceedings of the international public-scientific conference, Pskov, 18–19 November 2010. Pskov, Publ. Logos Plus: 181–183.
- Yastremskiy V.V. 2016. Struktura i produktivnost' fitoplanktona Chudsko-Pskovskogo ozera [Structure and Productivity of Phytoplankton of Lake Peipus-Pskov]. Sankt-Petersburg, Publ. Gosudarstvennyy nauchno-issledovatel'skiy institut ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaystva im. L.S. Berga, 296 p.
- Yastremskiy V.V., Yastremskaya O.V. 2004. Rol' sinezelenyh vodoroslej v jekosisteme Pskovsko-Chudskogo ozera [The Role of Blue-Green Algae in the Ecosystem of Lake Peipus]. In: Severo-Zapadnaya Rossiya: problemy ekologii i sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya [North-West Russia: Problems of Ecology and Socio-Economic Development]. Proceedings of the regional public-scientific conference with international participation, Pskov, 25–26 November 2004. Pskov, Publ. Pskov Regional Center of Folk Art: 178–181 (in Russian).
- Behrenfeld M.J., Falkowski P.G. 1997. Photosynthetic Rates Derived from Satellite-Based Chlorophyll Concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(1): 1–20. <https://doi.org/10.4319/lo.1997.42.1.0001>
- Bidigare R.R., Ondrusek M.E., Morrow J.H., Kiefer D.A. 1990. In Vivo Absorption Properties of Algal Pigments. *Proceedings of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, 1302: 290–302. <https://doi.org/10.1117/12.21451>
- Bidigare R.R., Prezelin B.B., Smith R.C. 1992. Bio-Optical Models and the Problems of Scaling. Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea, 43: 175–212. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0762-2_11)
- Blondeau-Patissier D., Gower J.F., Dekker A.G., Phinn S.R., Brando V.E. 2014. A Review of Ocean Color Remote Sensing Methods and Statistical Techniques for the Detection, Mapping and Analysis of Phytoplankton Blooms in Coastal and Open Oceans. *Progress in oceanography*, 123: 123–144. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2013.12.008>
- Demers S., Roy S., Gagnon R., Vignault C. 1991. Rapid Light-Induced Changes in Cell Fluorescence and in Xanthophyll-Cycle Pigments of *Alexandrium excavatum* (Dinophyceae) and *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae): a Photoprotection Mechanism. *Marine Ecology Progress Series*, 76: 185–193.
- Engelmann T.W. 1902. Ueber Experimentelle Erzeugung Zwechmassiger Aenderungen der Färbung pflanzenlicher Chromophylle durch farbiges Licht. *Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische abt.*: 333–335.
- Fu-Liu Xu, Shu Tao, R.W. Dawson, Beng-Gang Li. 2001. A GIS-Based Method of Lake Eutrophication Assessment. *Ecological Modelling*, 144(2–3): 231–244. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00374-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00374-X)
- Gladyshev M.I., Gubelit Y.I. 2019. Green Tides: New Consequences of the Eutrophication of Natural Waters (Invited Review). *Contemporary Problems of Ecology*, 12(2): 109–125. <https://doi.org/10.1134/S1995425519020057>
- Hoepffner N., Sathyendranath S. 1992. Bio-Optical Characteristics of Coastal Waters: Absorption Spectra of Phytoplankton and Pigment Distribution in the Western North Atlantic. *Limnology and Oceanography*, 37 (8): 1660–1679. <https://doi.org/10.4319/lo.1992.37.8.1660>
- Huang W., Huang J., Wang X., Wang F., Shi J. 2013. Comparability of Red/Near-Infrared Reflectance and NDVI Based on the Spectral Response Function between MODIS and 30 Other Satellite Sensors Using Rice Canopy Spectra. *Sensors (Basel)*, 13(12): 16023–16050. <https://doi.org/10.3390/s131216023>
- Jang S.Y., Xiong Q.X., Zhu J.Q. 2014. Evaluation of Lake Eutrophication Based on the HJ-1 Satellite Multispectral Data. *Applied Mechanics and Materials*, 519: 1184–1187. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.519-520.1184>
- Jeffrey S.W., Veski M. 1997. Introduction to Marine Phytoplankton and Their Pigment Signatures. In: *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. Paris, UNESCO Publ.: 37–84.

- Kahru M., Savchuk O.P., Elmgren R. 2007. Satellite Measurements of Cyanobacterial Bloom Frequency in the Baltic Sea: Interannual and Spatial Variability. *Marine Ecology Progress Series*, 343: 15–23. <https://doi.org/10.3354/meps06943>
- Kutser T., Metsamaa L., Strömbeck N., Vahtmäe E. 2006. Monitoring Cyanobacterial Blooms by Satellite Remote Sensing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1–2): 303–312. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.11.024>
- Lavrova O.Y., Mityagina M.I. 2016. Manifestation Specifics of Hydrodynamic Processes in Satellite Images of Intense Phytoplankton Bloom Areas. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, 52(9): 974–987. <https://doi.org/10.1134/S0001433816090176>
- Lurling M., Eshetu F., Faassen E.J., Kosten S., Huszar V.M. 2013. Comparison of Cyanobacterial and Green Algal Growth Rates at Different Temperatures. *Freshwater Biology*, 58(3): 552–559. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02866.x>
- Prezelin B.B., Tilzer M.M., Schofield O., Haese C. 1991. The Control of the Production Process of Phytoplankton by the Physical Structure of the Aquatic Environment with Special Reference to Its Optical Properties. *Aquatic Sciences*, 53(2/3): 136–186. <https://doi.org/10.1007/BF00877058>
- Rowan K.S. 1989. *Photosynthetic Pigments of Algae*. Cambridge, Cambridge University Press, 266 p.
- Siegel D.A., Behrenfeld M.J., Maritorena S., McClain C.R., Antoine D., Bailey S.W., Bontempi P.S., Boss E.S., Dierssen H.M., Doney S.C., Eplee Jr R.E., Evans R.H., Feldman G.C., Fields E., Franz B.A., Kuring N.A., Mengelt C., Nelson N.B., Patt F.S., Robinson W.D., Sarmiento J.L., Swan C.M., Werdell P.J., Westberry T.K., Wilding J.G., Yoder J.A. 2013. Regional to Global Assessments of Phytoplankton Dynamics from the SeaWiFS Mission. *Remote Sensing of Environment*, 135: 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.03.025>
- Suslin V., Churilova T. 2016. A Regional Algorithm for Separating Light Absorption by Chlorophyll-a and Colored Detrital Matter in the Black Sea Using 480-560 nm Bands from Ocean Color Scanners. *International Journal of Remote Sensing*, 37(18): 4380–4400. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1211350>
- Suzuki K., Kishino M., Sasaoka K., Saitoh S.-I., Saino T. 1998. Chlorophyll-Specific Absorption Coefficients and Pigments of Phytoplankton off Sanriku, Northwestern North Pacific. *Journal of Oceanography*, 54: 517–526. <https://doi.org/10.1007/BF02742453>
- Tammeorg O., Nürnberg G., Horppila J., Haldna M., Niemistö J. 2020. Redox-Related Release of Phosphorus from Sediments in Large And Shallow Lake Peipsi: Evidence from Sediment Studies and Long-Term Monitoring Data. *Journal of Great Lakes Research*, 46(6): 1595–1603. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.08.023>
- Viso-Vázquez M., Acuña-Alonso C., Rodríguez J.L., Alvarez X. 2021. Remote Detection of Cyanobacterial Blooms and Chlorophyll-a Analysis in a Eutrophic Reservoir Using Sentinel-2. *Sustainability*, 13(15): 8570. <https://doi.org/10.3390/su13158570>
- Werdell P.J., McKinna L.I.W., Boss E., Ackleson S.G., Craig S.E., Gregg W.W., Lee Z., Maritorena S., Roesler C.S., Rousseaux C.S., Stramski D., Sullivan J.M., Twardowski M.S., Tzortziou M., Zhang X. 2018. An Overview of Approaches and Challenges for Retrieving Marine Inherent Optical Properties from Ocean Color Remote Sensing. *Progress in Oceanography*, 160: 186–212. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.001>
- Xu H. 2006. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Zhang Y., Li M., Dong J., Yang H., Van Zwieten L., Lu H., Alshameri A., Zhan Z., Chen X., Jiang X., Xu W., Bao Y., Wang H.A. 2021. Critical Review of Methods for Analyzing Freshwater Eutrophication. *Water*, 13(2): 225. <https://doi.org/10.3390/w13020225>

*Поступила в редакцию 21.03.2024;  
поступила после рецензирования 08.08.2024;  
принята к публикации 20.08.2024*

*Received March 21, 2024;  
Revised August 08, 2024;  
Accepted August 20, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.



### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Евдокимов Сергей Игоревич**, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, Псковский государственный университет, г. Псков, Россия

**Штефуряк Алина Викторовна**, специалист лаборатории экологии и рыбохозяйственных водоемов, Псковский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПсковНИРО»), г. Псков, Россия

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sergey I. Evdokimov**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Geography, Pskov State University, Pskov, Russia

**Alina V. Shtefuryak**, Specialist of the Laboratory of Ecology and Fisheries Reservoirs, Pskov branch of FGBNU VNIRO (PskovNIRO), Pskov, Russia



УДК 528.88

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-405-415

## Особенности восстановления древесной растительности на постагрогенных землях юга Среднерусской возвышенности

Терехин Э.А.

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

**Аннотация.** В статье рассмотрены типы залежных земель юга Среднерусской возвышенности по участию древесной растительности. Выделены четыре категории залежей по этому признаку: с наличием участков полного покрытия древесной растительностью; с многочисленными отдельно стоящими деревьями; с редкими отдельно стоящими деревьями; с отсутствием древесной растительности. Типы залежей с отдельно стоящими деревьями характеризуются отсутствием статистически значимого тренда в многолетней динамике спектрально-отражательных характеристик, которая изучена на основе вегетационного индекса *NDVI*. Для залежей с наличием сплошной древесной растительности характерен многолетний тренд вегетационного индекса, но его статистическая значимость находится вблизи порогового значения. Форма участия древесной растительности на оставленных аграрных землях проявляется в их спектрально-отражательных характеристиках видимого, ближнего и коротковолнового инфракрасных диапазонов, измеренных по спутниковым данным *Sentinel-2*. Но типы залежей с отсутствием сплошной древесной растительности статистически значимо не отличаются друг от друга ни в одном из указанных диапазонов спектра. Статистически значимые отличия по отражательным характеристикам начинают появляться одновременно с формированием сомкнутых насаждений, когда величина проективного покрытия древесной растительностью отдельных залежей достигает 27–30%. Появление многочисленных отдельно стоящих деревьев при отсутствии их сплошного покрытия не приводит к формированию статистически значимых отличий спектрально-отражательных характеристик, измеренных по данным *Sentinel-2*, от залежей без древесной растительности.

**Ключевые слова:** оставленные аграрные земли, естественное облесение, многолетние ряды, Среднерусская возвышенность, *Sentinel-2*

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

**Для цитирования:** Терехин Э.А. 2024. Особенности восстановления древесной растительности на постагрогенных землях юга Среднерусской возвышенности. Региональные геосистемы, 48(3): 405–415. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-405-415

---

## Natural Afforestation of Postagrogenic Lands in the South of the Central Russian Upland

Edgar A. Terekhin

Belgorod State National Research University,  
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia  
E-mail: terekhin@bsu.edu.ru

**Abstract.** The article explores types of postagrogenic lands in the south of the Central Russian Upland, differing in natural afforestation. Four land categories are distinguished according to this feature: with areas of closed forest; with numerous isolated trees; with rare isolated trees; without forest vegetation. The abandoned lands with isolated trees and without closed forest vegetation are characterized by the absence of a statistically significant trend in the long-term dynamics of the *NDVI* vegetation index. Abandoned farmlands with areas of



closed forest have a trend, but its statistical significance is close to the threshold value. The distribution of forest vegetation on abandoned agricultural lands is manifested in the spectral reflectance of visible, near and short-wave infrared ranges derived from Sentinel-2 data. However, the types of abandoned agricultural lands without closed forest do not display any statistically significant difference from each other in any spectral range. Statistically significant differences start to appear simultaneously with the formation of such areas, when forest cover of individual land reaches 27–30 %. The appearance of numerous isolated trees in the absence of a continuous tree cover does not lead to the formation of statistically significant differences in the spectral reflectance measured using Sentinel-2 data from lands without tree vegetation.

**Keywords:** abandoned agricultural lands, natural afforestation, time series, Central Russian Upland, Sentinel-2

**Acknowledgements:** This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of State Assignment No. FZWG-2023-0011

**For citation:** Terekhin E.A. 2024. Natural Afforestation of Postagrogenic Lands in the South of the Central Russian Upland. *Regional Geosystems*, 48(3): 405–415 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-405-415

---

## Введение

Объективная оценка состояния выведенных из оборота аграрных земель выступает необходимой задачей в системе мониторинга землепользования и актуальна для разных стран [Bowen et al., 2007; Иванов и др., 2020; Fayet et al., 2022]. Распространение залежных земель обусловлено рядом причин, одна из которых – повышение продуктивности сельского хозяйства [Estel et al., 2015] и концентрация растениеводства на наиболее продуктивных землях. Вследствие нее малопродуктивные угодья выводятся из оборота. Другие причины связаны с урбанизацией и снижением численности сельского населения. Прекращение распашки обуславливает развитие процессов восстановления почвенного и растительного покрова, приводящих к появлению новых растительных формаций [Голеусов, Лисецкий, 2009; Данилов и др., 2023]. Важнейшей особенностью восстановительных процессов на постагrogenных землях разных природных зон в начале XXI века является формирование на них древесной растительности. Оно наблюдается в Северной Евразии на всем субширотном простирании от Атлантического океана до Урала и Сибири [Koroleva et al., 2018; Атутова, 2020; Velázquez et al., 2022; Широких и др., 2023]. Проблема изучения бывших пахотных земель является актуальной и для территории юга Среднерусской возвышенности [Китов, Цапков, 2015]. Регион расположен в условиях умеренного климата в лесостепной зоне, подзонах типичной и южной лесостепи на границе со степной зоной. На оставленных аграрных землях после прекращения распашки в большинстве случаев формируется древесная растительность из лиственных пород, примерами которых являются яблоня, груша, клен ясенелистный, акация и др.

К началу третьего десятилетия XXI века наиболее эффективным средством выявления и анализа состояния оставленных земель выступает комбинированное использование материалов спутниковой съемки различного пространственного разрешения и частоты получения. Применение разновременных снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения позволяет достоверно выявлять оставленные аграрные земли среди обрабатываемых земель, лесных массивов и других типов объектов земной поверхности.

Учитывая, что при отсутствии нарушений растительного покрова, процесс формирования древесной растительности продолжается непрерывно, значительный интерес представляет рассмотрение его влияния на спектрально-отражательные характеристики земель, которые могут быть изучены на основе рядов спутниковых снимков. В этой связи перспективы представляет использование информационных продуктов, содержащих многолетние ряды спектрально-отражательных характеристик объектов. К настоящему времени такие возможности предоставляют данные, создаваемые на основе снимков *MODIS*

[Zhu et al., 2021; Zhao et al., 2023; Wu et al., 2023], непрерывные архивы которых накоплены с начала XXI века. С другой стороны, объективная оценка спектрально-отражательных характеристик залежных земель с целью их дальнейшей интерпретации как показателей особенностей распространения древесной растительности обуславливает необходимость использования многозональных снимков высокого пространственного и радиометрического разрешения. Их примером являются снимки со спутников *Sentinel-2 A, B* [Курбанов и др., 2018; Vera et al., 2023; Yang et al., 2023], накопление которых ведется со второго десятилетия XXI века.

Одним из открытых, но при этом важных вопросов использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния залежных земель является анализ возможностей их спектрально-отражательных свойств для определения участков с разными видами участия древесной растительности. Среди них встречается зарастание сплошными участками лесной растительности, распространение отдельно стоящих деревьев без формирования сомкнутых насаждений. Хотя древесно-кустарниковая стадия сукцессий на них в итоге может способствовать полному покрытию залежных земель лесом, процесс распространения деревьев в условиях лесостепи может занимать десятилетия. В условиях региона иногда встречаются и залежи без древесной растительности.

Цель исследования заключалась в оценке наиболее распространенных типов оставленных аграрных земель по особенностям формирования на них древесной растительности на основе материалов дистанционного зондирования Земли и данных наземных наблюдений. Задачи исследования включали выявление наиболее типичных постагрогенных земель по особенностям распространения древесной растительности, оценку различных типов залежей по спектрально-отражательным характеристикам, определение параметров многолетней динамики отражательных свойств каждого типа залежных земель.

### Объекты и методы исследования

Физико-географические условия юга Среднерусской возвышенности обуславливают разную скорость распространения древесной растительности на постагрогенных землях, вследствие которой распространены залежи как с участками ее полного покрытия, так и единичного распространения. Исходя из анализа залежей на основе спутниковых данных и материалов полевых наблюдений, оставленные аграрные земли региона предложено разделить по этому критерию на следующие категории: 1 – залежные земли без древесной растительности; 2 – залежи с единичными отдельно стоящими деревьями, расстояние между которыми более 50 м; 3 – залежи с многочисленными отдельно стоящими деревьями, но с расстоянием между ними более 9–10 м; 4 – залежи с участками полного покрытия древесной растительностью, когда расстояние между деревьями составляет менее 9–10 м. Различные типы залежных земель по этому критерию обусловлены особенностями скорости этого процесса, которая значительно ниже, чем в подзоне северной лесостепи. Необходимо отметить, что, несмотря на то, что древесная растительность формируется на большинстве оставленных аграрных земель [Терехин, 2022], залежи, полностью покрытые древесной растительностью, представлены крайне редко. При этом распространены бывшие пахотные земли, сочетающие участки травянистой и древесной, в том числе, сплошной растительности.

Исследование выполнено на основе данных со 103 оставленных аграрных земель, расположенных на территории юга Среднерусской возвышенности (преимущественно на территории Белгородской области). Выявление залежей осуществлено на основе материалов разновременной спутниковой съемки сверхвысокого пространственного разрешения, представленной в интернет-сервисах открытого доступа. Примеры каждого типа залежей изучены в полевых условиях с целью описания фактических особенностей растительного покрова и распространения древесной растительности (табл. 1).



Таблица 1  
 Table 1

Характеристики изученных оставленных аграрных земель,  
 типичных для юга Среднерусской возвышенности  
 Parameters of the studied abandoned agricultural lands, typical for the south  
 of the Central Russian Upland

Тип	Описание	Площадь средняя, га	Число залежей	Площадь суммарная, га
1	Отсутствие древесной растительности	14,9	18	267,7
2	Единичные отдельно стоящие деревья	10,4	24	250,2
3	Многочисленные отдельно стоящие деревья	12,7	14	178,1
4	Наличие участков сплошного покрытия древесной растительностью	11,3	47	530,8
Всего		11,9	103	1226,8

Состояние постагрогенных земель оценивалось на начало третьего десятилетия XXI в. Критерии отбора залежных земель сформулированы следующим образом:

- 1) выборка должна представлять все анализируемые типы залежных земель по участию древесной растительности;
- 2) каждый объект должен непрерывно в течение предыдущих 15–18 лет находиться в залежном состоянии;
- 3) на каждый объект на конечную дату исследования должен быть доступен космический снимок сверхвысокого пространственного разрешения и снимок высокого пространственного разрешения *Sentinel-2*;
- 4) на залежах должна присутствовать древесная растительность из лиственных пород, либо древесная растительность не должна быть представлена;
- 5) время, в течение которого угодья были в залежном состоянии, должно быть максимально аналогично для всех объектов.

Для изученных залежных земель с использованием геоинформационных средств по спутниковым данным был подготовлен векторный слой. В его атрибутивную составляющую добавлены необходимые сведения. Они включали информацию об особенностях древесной растительности на залежных землях, исходя из категорий, представленных в табл. 1. Для каждой залежи также оценена площадь.

На следующем этапе для залежных земель рассчитан набор спектрально-отражательных характеристик. Он включал многолетние ряды вегетационного индекса *NDVI* периода 2006–2022 гг. и значения коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) в различных зонах спектра в 2022 году. Коэффициенты спектральной яркости являются безразмерными показателями, принимающими значения от 0 до 1 и характеризующими отражательную способность объектов земной поверхности. *NDVI* основан на отражательных характеристиках в красном и ближнем инфракрасном диапазонах. Значения вегетационного индекса получены на основе информационных продуктов *MODIS*, представляющих 16-дневные композитные изображения вегетационного индекса, создаваемые на основе атмосферно и радиометрически откорректированных снимков *MODIS*. Многолетние ряды *NDVI*, сформированные для анализа, включали значения периода вегетации каждого года с начала апреля по конец октября.

Значения спектрально-отражательных характеристик (КСЯ) были изучены в 9 зонах спектра по многозональным данным *Sentinel-2*: синем, зеленом, красном, трех крайних красных, ближнем инфракрасном и двух коротковолновых инфракрасных диапа-

зонах. Для анализа были использованы безоблачные изображения периода августа 2022 года, включающие тайлы (фрагменты снимков) *T37UCS* (24.08.2022), *T37UDS* (06.08.2022), *T37UDR* (06.08.2022). Все снимки *Sentinel-2* прошли атмосферную и радиометрическую коррекцию, в процессе которой были пересчитаны в коэффициенты спектральной яркости на нижней границе атмосферы в программе *SNAP (Sentinel Application Platform)*. Пространственное разрешение всех используемых каналов приведено к 20 м. Значения спектрально-отражательных характеристик для конкретных залежных земель вычислены методом зональной статистики.

После интеграции необходимой информации осуществлено сопоставление особенностей древесной растительности залежей, их состояния на снимках и на местности, выполнен статистический анализ спектрально-отражательных характеристик отдельных залежных земель. Статистический анализ включал изучение параметров многолетних рядов вегетационного индекса для каждого типа залежей, включая наличие и статистическую значимость тренда (на основе критерия Манна – Кендалла). На этом же этапе исследованы различия типов залежей по отражательным характеристикам в каждой зоне спектра.

### Результаты и их обсуждение

Постагrogenные земли с единичной древесной растительностью, либо ее отсутствием (1–2 Тип) уверенно отличаются между собой на снимках сверхвысокого пространственного разрешения (1 м). При этом наличие редких, одиночных деревьев не отображается на снимках высокого разрешения (10 м), в данном случае – *Sentinel-2*, синтезированных в каналах видимого диапазона наибольшей детальности (рис. 1).

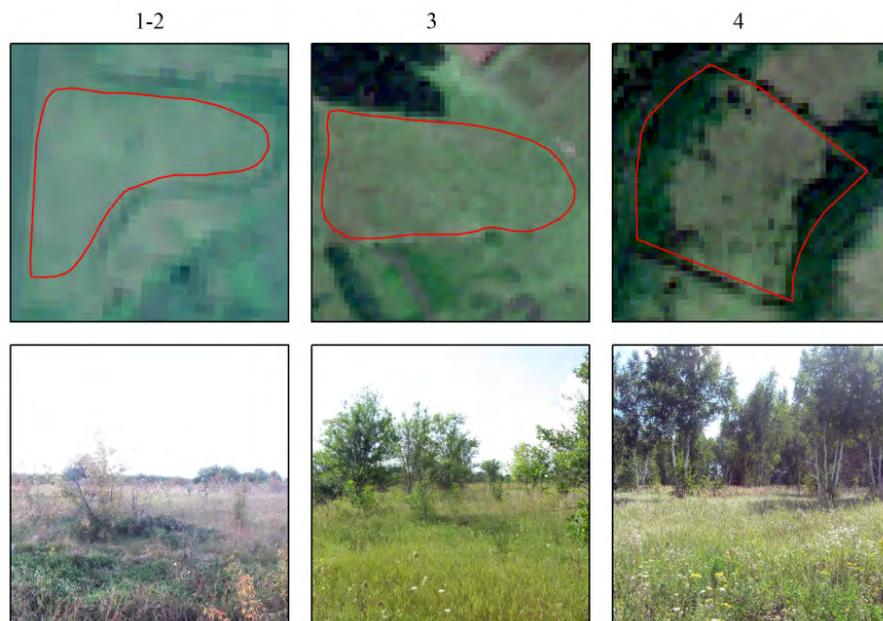


Рис. 1. Типы оставленных аграрных земель (1–4) юга Среднерусской возвышенности по особенностям покрытия древесной растительностью на многозональных снимках *Sentinel-2* (Синтез каналов 4 – 3 – 2) и на местности: 1, 2 – с редкими одиночными деревьями или без древесной растительности, 3 – с частыми одиночными деревьями, 4 – с наличием участков полного покрытия древесной растительностью

Fig. 1. Types of abandoned agricultural lands in the south of the Central Russian Upland by forest cover in *Sentinel-2* images and on the ground: 1, 2 – with rare single trees or without forest vegetation, 3 – with frequent single trees, 4 – with presence of areas with closed forest cover

Достаточно многочисленны, но одиночные деревья с расстоянием от 9–10 м между собой, не формирующие сплошного покрытия (Тип 3), обуславливают формирование

на снимках *Sentinel-2* более пятнистой текстуры. При этом такие залежи также слабо отличаются от залежей без древесной растительности. Появление участков сомкнутой растительности (Тип 4) уверенно проявляется при визуальном анализе на снимках *Sentinel-2*.

Многолетняя динамика спектрально-отражательных характеристик разных типов залежных земель (на примере индекса *NDVI*) проанализирована по следующим параметрам: графические особенности динамики, величина углового коэффициента линейного тренда, величина параметра *tau* критерия Манна – Кендалла и его статистическая значимость. Критерий Манна – Кендалла является непараметрическим показателем, характеризующим наличие непрерывной тенденции.

Из графической интерпретации многолетней динамики вегетационного индекса (рис. 2) достаточно хорошо просматривается отсутствие каких-либо тенденций для залежей без древесной растительности (Тип 1), либо ее слабая выраженность (Тип 2).

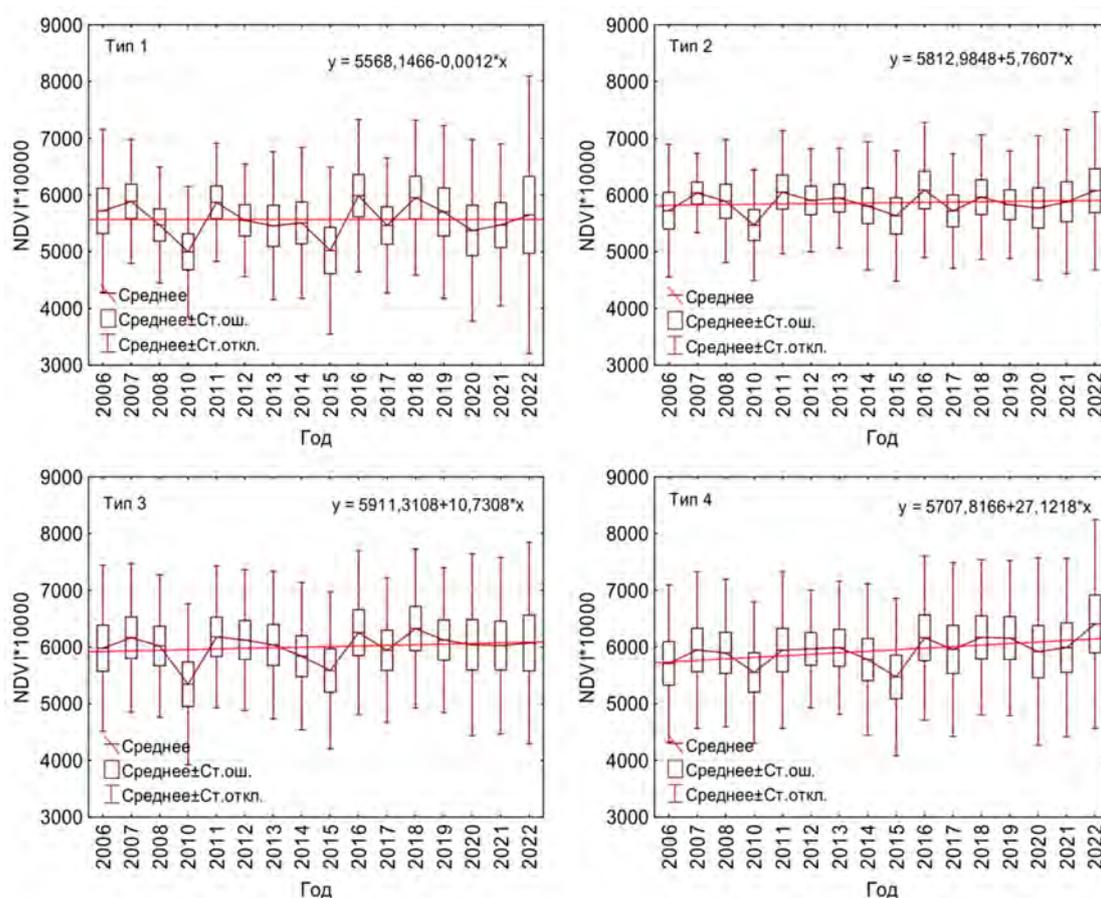


Рис. 2. Параметры многолетней динамики вегетационного индекса для различных типов залежных земель юга Среднерусской возвышенности: 1 – без древесной растительности; 2 – с редкими одиночными деревьями; 3 – с частыми одиночными деревьями; 4 – с наличием участков полного покрытия древесной растительностью

Fig. 2. Parameters of long-term dynamics of vegetation index for different types of abandoned agricultural lands in the south of the Central Russian Upland: 1 – without forest vegetation; 2 – with rare single trees; 3 – with frequent single trees; 4 – with presence of areas with closed forest cover

Сопоставление значений *NDVI* в начале и конце исследуемого периода показывает, что величина индекса изменений не претерпела и находится в диапазоне 0,5–0,6. Для залежей с многочисленной, разреженной древесной растительностью (Тип 3) начинает наблюдаться определенный положительный тренд. При этом диапазон варьирования вегетационного индекса такой же, как в предыдущем случае. Наличие выраженного тренда

наблюдается только для залежей с наличием участков сплошной древесной растительности (Тип 4).

По значениям углового коэффициента линейного тренда *NDVI* между типами залежных земель наблюдаются определенные различия. Они состоят в повышении его значений при переходе от одного типа к другому (табл. 2). Необходимо отметить, что величины углового коэффициента тренда для удобства анализа получены на основе значений *NDVI*, умноженных на 10000, т. к. для исходных значений они были бы очень малы. В то же время динамика индекса может быть нелинейной, что может ограничивать оценки на основе углового коэффициента тренда.

Таблица 2  
Table 2

Параметры многолетней динамики вегетационного индекса  
для различных типов залежных земель в 2006–2022 гг.  
Parameters of long-term dynamics of vegetation index for different types  
of abandoned lands in 2006–2022

Тип залежей по участию древесной растительности	Угловой коэффициент линейного тренда	Тан Манна – Кендалла	Уровень значимости Тан Манна – Кендалла
1	0,001	0,008	0,862
2	5,760	0,011	0,818
3	10,73	0,024	0,611
4	27,12	0,064	0,167

Показатель *tau* Манна – Кендалла (абсолютная величина *tau*) последовательно растет в ряду анализируемых типов залежей к типу с наличием участков сплошной древесной растительности. При этом для первых трех типов залежей она статистически не значима (см. табл. 2), что можно интерпретировать как отсутствие значимого многолетнего тренда. Для залежей с наличием участков сплошной древесной растительности (4 Тип) значения *tau* Манна – Кендалла существенно превышают аналогичную величину всех остальных типов оставленных аграрных земель.

Его уровень значимости находится вблизи пороговой величины. При этом отсутствие статистической значимости в целом для угодий этого типа обусловлено тем, что на этот показатель влияет не только само наличие участков сплошной древесной растительности, но их доля от общей площади угодья [Терехин, 2022]. На части Среднерусской возвышенности, располагающейся в условиях подзоны типичной лесостепи [Физико-географическое районирование ..., 1961], величина лесистости залежей (с древесной растительностью из лиственных пород), как правило, не превышает 0,3–0,4 для большинства таких земель, у которых период восстановительных сукцессий составляет до 20–25 лет.

Представление об особенностях различных типов залежных земель по участию на них древесной растительности может быть получено методом анализа их спектрально-отражательных характеристик, измеренных в конце исследуемого периода. Снимки *Sentinel-2* вследствие более низкой частоты получения данных и меньшем времени работы сенсора (с 2015 года) в сравнении с *MODIS* не позволяют сформировать многолетний ряд спектрально-отражательных признаков. Вместе с тем их преимущество заключается в более высоком пространственном разрешении (20 м), сочетающимся с высокой радиометрической точностью.

В начале видимой спектральной области, охватывающей синий (*Blue*), зеленый (*Green*) и красный (*Red*) диапазоны (табл. 3), происходит последовательное снижение коэффициентов спектральной яркости при переходе от 1 типа залежей (отсутствие древес-



ной растительности) к 4 типу (наличие участков сплошной древесной растительности. В начале крайней красной области (*Red Edge 1*) эта закономерность исчезает. Необходимо отметить, что средняя величина покрытия сплошной древесной растительностью для залежей, где такие участки присутствовали, составляла порядка 27–30 %, что можно рассматривать как величину, как минимум с которой фактор наличия сплошной растительности на залежах начинает оказывать статистически значимое влияние на их спектрально-отражательные характеристики.

Таблица 3  
 Table 3

Параметры спектрально-отражательных характеристик в видимой области спектра для различных типов залежных земель по данным *Sentinel-2* (2022)  
 Parameters of spectral reflectance in visible ranges for different types of abandoned land derived from *Sentinel-2* data (2022)

Тип залежей	Величина покрытия древесной растительности	Blue	Green	Red	Red Edge 1
1	0,00	0,142 ± 0,001	0,167 ± 0,001	0,159 ± 0,002	0,210 ± 0,002
2	0,02 ± 0,00	0,140 ± 0,001	0,166 ± 0,001	0,155 ± 0,002	0,211 ± 0,002
3	0,06 ± 0,01	0,139 ± 0,001	0,166 ± 0,002	0,156 ± 0,002	0,215 ± 0,002
4	0,27 ± 0,03	0,134 ± 0,001	0,160 ± 0,001	0,145 ± 0,001	0,202 ± 0,002

В более длинноволновой крайней красной области (*Red Edge 2*) появляется обратная не сильно выраженная закономерность увеличения спектрально-отражательных характеристик в этом же ряду, которая наблюдается также в ближней инфракрасной (*NIR*) области (табл. 4). В коротковолновой инфракрасной (*SWIR 1, 2*) части спектра вновь выявляется тенденция снижения спектрально-отражательных характеристик в ряду типов залежей 1–4, которая наблюдалась в видимой области.

Таблица 4  
 Table 4

Параметры спектрально-отражательных характеристик в крайней красной, ближней и коротковолновой инфракрасной области спектра для различных типов залежных земель по данным *Sentinel-2* (2022)  
 Parameters of spectral reflectance in NIR and SWIR ranges for different types of abandoned land derived from *Sentinel-2* data (2022)

Тип залежей	Величина покрытия древесной растительности	Red Edge2	NIR	SWIR1	SWIR2
1	0,00	0,320 ± 0,009	0,379 ± 0,011	0,340 ± 0,004	0,242 ± 0,006
2	0,02 ± 0,00	0,319 ± 0,006	0,376 ± 0,008	0,336 ± 0,006	0,236 ± 0,004
3	0,06 ± 0,01	0,323 ± 0,008	0,384 ± 0,009	0,338 ± 0,006	0,233 ± 0,005
4	0,27 ± 0,03	0,337 ± 0,004	0,407 ± 0,004	0,317 ± 0,002	0,214 ± 0,002

Таким образом, наблюдается чувствительность спектрально-отражательных характеристик залежей к формам участия на них древесной растительности. С другой стороны, оценка статистической значимости выявленных различий, проведенная по критерию наименьшей существенности разности, показала, что значимо отличается от всех остальных только 4-й тип залежных земель. Он, на уровне значимости 0,05, отличен от остальных типов постагрогенных земель. Первый, второй и третий типы залежных земель по отражательным характеристикам ни в одной зоне спектра не отличаются между собой.

### Заключение

Выведенные из оборота аграрные земли, типичные для юга Среднерусской возвышенности, можно разделить на несколько категорий по участию древесной растительности. К ним относятся залежи без древесной растительности; с единичными, редкими деревьями; с отдельно стоящими многочисленными деревьями; с наличием участков сплошной древесной растительности. Для залежей с наличием одиночных деревьев в любой форме (частая или редкая), но без участков сплошной древесной растительности не выявлено выраженных изменений в многолетней динамике вегетационного индекса (по данным *MODISQ1*) за 18-летний период восстановительных сукцессий. Она установлена только для залежей с наличием участков сплошного лесного покрова и величиной проективного покрытия крон, составляющей на конец анализируемого периода 27–30 %. В каналах видимого и коротковолнового инфракрасного диапазонов (по *Sentinel-2*) происходит последовательное снижение значений спектрально-отражательных характеристик в изученном ряду залежей. При этом статистически значимых различий по спектрально-отражательным свойствам между залежами без древесной растительности, с единичными отдельно стоящими деревьями и многочисленными отдельно стоящими деревьями, не обнаружено.

### Список литературы

- Атутова Ж.В. 2020. Современное состояние залежных угодий Тункинской котловины (юго-западное Прибайкалье). География и природные ресурсы, 2(161): 51–61. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-2\(51-61\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-2(51-61))
- Голеусов П.В., Лисецкий Ф.Н. 2009. Воспроизводство почв в антропогенных ландшафтах лесостепи. М., Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 232 с.
- Данилов Д.А., Яковлев А.А., Крылов И.А. 2023. Формирование естественных растительных ассоциаций на постагрогенных землях. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 242: 60–82. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.60-82>
- Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В. 2020. Вторичное освоение неиспользуемых угодий. Российская сельскохозяйственная наука, 2: 48–52. <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-48-52>
- Китов М.В., Цапков А.Н. 2015. Изменения площадей залежных земель на Европейской территории России за период 1990-2013 гг. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 15(212): 163–171.
- Курбанов Э.А., Воробьев О.Н., Меньшиков С.А., Смирнова Л.Н. 2018. Распознавание лесных насаждений и доминирующих древесных пород Пензенской области по данным спутника Sentinel-2. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 15(5): 154–166. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-5-154-166>
- Терехин Э.А. 2022. Особенности лесовозобновления на залежных землях Среднерусской лесостепи. Известия РАН. Серия географическая, 86(4): 594–604. <https://doi.org/10.31857/S2587556622040112>
- Широких П.С., Федоров Н.И., Туктамышев И.Р., Бикбаев И.Г., Мартыненко В.Г. 2023. Закономерности лесовосстановительных сукцессий на заброшенных сельскохозяйственных землях Башкирского Предуралья. Экология, 3: 179–187. <https://doi.org/10.31857/S036705972303006X>
- Физико-географическое районирование центральных черноземных областей. 1961. Под ред. Ф.Н. Милькова. Воронеж, Изд-во Воронежского университета, 263 с.
- Bera D., Das Chatterjee N., Bera S., Ghosh S., Dinda S. 2023. Comparative Performance of Sentinel-2 MSI and Landsat-8 OLI Data in Canopy Cover Prediction Using Random Forest Model: Comparing Model Performance and Tuning Parameters. Advances in Space Research, 71(11): 4691–4709. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.01.027>
- Bowen M.E., McAlpine C.A., House A.P.N., Smith G.C. 2007. Regrowth Forests on Abandoned Agricultural Land: A Review of Their Habitat Values for Recovering Forest Fauna, Biological



- Conservation, 140(3–4): 273–296. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.08.012>
- Estel S., Kuemmerle T., Alcántara C., Levers C., Prishchepov A., Hostert P. 2015. Mapping Farmland Abandonment and Recultivation Across Europe Using MODIS NDVI Time Series. *Remote Sensing of Environment*, 163: 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.03.028>
- Fayet C.M.J., Reilly K.H., Van Ham C., Verburg P.H. 2022. What is the Future of Abandoned Agricultural Lands? A Systematic Review of Alternative Trajectories in Europe. *Land Use Policy*, 112: 105833. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105833>
- Koroleva N.V., Tikhonova E.V., Ershov D.V., Saltykov A.N., Gavrilyuk E.A., Pugachevskii A.V. 2018. Twenty-Five Years of Reforestation on Nonforest Lands in Smolenskoe Poozerye National Park According to Landsat Imagery Assessment. *Contemporary Problems of Ecology*, 11(7): 719–728. <https://doi.org/10.1134/S1995425518070077>
- Velázquez E., Martínez-Jaraíz C., Wheeler C., Mitchard E.T.A., Bravo F. 2022. Forest Expansion in Abandoned Agricultural Lands has Limited Effect to Offset Carbon Emissions from Central-North Spain. *Regional Environmental Change*, 22(4): 132. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01978-0>
- Wu J., Jin S., Zhu G., Guo J. 2023. Monitoring of Cropland Abandonment Based on Long Time Series Remote Sensing Data: a Case Study of Fujian Province, China. *Agronomy*, 13(6): 1585. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061585>
- Yang X., Qiu S., Zhu Z., Rittenhouse C., Riordan D., Cullerton M. 2023. Mapping Understorey Plant Communities in Deciduous Forests from Sentinel-2 Time Series. *Remote Sensing of Environment*, 293: 113601. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113601>
- Zhao X., Wu T., Wang S., Liu K., Yang J. 2023. Cropland Abandonment Mapping at Sub-Pixel Scales Using Crop Phenological Information and MODIS Time-Series Images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 208: 107763. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107763>
- Zhu X., Xiao G., Zhang D., Guo L. 2021. Mapping Abandoned Farmland in China Using Time Series MODIS NDVI. *Science of the Total Environment*, 755: 142651. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142651>

## References

- Atutova Zh.V. 2020. The Current State of Fallow Lands in the Tunka Depression (Southwestern Cisbaikalia). *Geography and Natural Resources*, 2(161): 51–61 (in Russian). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-2\(51-61\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-2(51-61))
- Goleusov P.V., Lisetskii F.N. 2009. Reproduction of Soils in Anthropogenous Landscapes of Forest-Steppe Zone. Moscow, Publ. Belgorodskiy gosudarstvennyy natsionalnyy issledovatel'skiy universitet, 232 p. (in Russian).
- Danilov D.A., Yakovlev A.A., Krylov I.A. 2023. Formation of Natural Plant Associations on Post-Agrogenic Lands. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 242: 60–82 (in Russian). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2023.242.60-82>
- Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Sokolov I.V. 2020. Secondary Development of Unused Land. *Russian Agricultural Sciences*, 2: 48–52 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-2627-2020-2-48-52>
- Kitov M.V., Tsapkov A.N. 2015. Assessment of the Area of Fallow Land in the Belgorod Region and Other Regions of European Russia for the Period 1990–2013 Years. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 15(212): 163–171 (in Russian).
- Kurbanov E.A., Vorobev O.N., Menshikov S.A., Smirnova L.N. 2018. Identification of Forest Stands and Ominant Tree Species in Penza Region Using Sentinel-2 Imagery. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 15(5): 154–166 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-5-154-166>
- Terekhin E.A. 2022. Reforestation on Abandoned Agricultural Lands in the Central Russian Forest-Steppe. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*, 86(4): 594–604 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2587556622040112>
- Shirokikh P.S., Fedorov N.I., Tuktamyshev I.R., Bikbaev I.G., Martynenko V.B. 2023. Patterns of Reforestation Successions on Abandoned Agricultural Lands of the Bashkir Cis-Urals. *Èkologiya*, 3: 179–187 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S036705972303006X>
- Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie tsentral'nykh chernozemnykh oblastey [Physical-Geographical Zoning of the Central Black Earth Regions]. 1961. Ed. by F.N. Milkov. Voronezh, Publ. Voronezh University, 263 p. (in Russian).



- Bera D., Das Chatterjee N., Bera S., Ghosh S., Dinda S. 2023. Comparative Performance of Sentinel-2 MSI and Landsat-8 OLI Data in Canopy Cover Prediction Using Random Forest Model: Comparing Model Performance and Tuning Parameters. *Advances in Space Research*, 71(11): 4691–4709. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.01.027>
- Bowen M.E., McAlpine C.A., House A.P.N., Smith G.C. 2007. Regrowth Forests on Abandoned Agricultural Land: A Review of Their Habitat Values for Recovering Forest Fauna, *Biological Conservation*, 140(3–4): 273–296. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.08.012>
- Estel S., Kuemmerle T., Alcántara C., Levers C., Prishchepov A., Hostert P. 2015. Mapping Farmland Abandonment and Recultivation Across Europe Using MODIS NDVI Time Series. *Remote Sensing of Environment*, 163: 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.03.028>
- Fayet C.M.J., Reilly K.H., Van Ham C., Verburg P.H. 2022. What is the Future of Abandoned Agricultural Lands? A Systematic Review of Alternative Trajectories in Europe. *Land Use Policy*, 112: 105833. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105833>
- Koroleva N.V., Tikhonova E.V., Ershov D.V., Saltykov A.N., Gavrilyuk E.A., Pugachevskii A.V. 2018. Twenty-Five Years of Reforestation on Nonforest Lands in Smolenskoe Poozerye National Park According to Landsat Imagery Assessment. *Contemporary Problems of Ecology*, 11(7): 719–728. <https://doi.org/10.1134/S1995425518070077>
- Velázquez E., Martínez-Jaraíz C., Wheeler C., Mitchard E.T.A., Bravo F. 2022. Forest Expansion in Abandoned Agricultural Lands has Limited Effect to Offset Carbon Emissions from Central-North Spain. *Regional Environmental Change*, 22(4): 132. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01978-0>
- Wu J., Jin S., Zhu G., Guo J. 2023. Monitoring of Cropland Abandonment Based on Long Time Series Remote Sensing Data: a Case Study of Fujian Province, China. *Agronomy*, 13(6): 1585. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061585>
- Yang X., Qiu S., Zhu Z., Rittenhouse C., Riordan D., Cullerton M. 2023. Mapping Understory Plant Communities in Deciduous Forests from Sentinel-2 Time Series. *Remote Sensing of Environment*, 293: 113601. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113601>
- Zhao X., Wu T., Wang S., Liu K., Yang J. 2023. Cropland Abandonment Mapping at Sub-Pixel Scales Using Crop Phenological Information and MODIS Time-Series Images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 208: 107763. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107763>
- Zhu X., Xiao G., Zhang D., Guo L. 2021. Mapping Abandoned Farmland in China Using Time Series MODIS NDVI. *Science of the Total Environment*, 755: 142651. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142651>

*Поступила в редакцию 26.07.2024;  
поступила после рецензирования 29.08.2024;  
принята к публикации 01.09.2024*

*Received July 26, 2024;  
Revised August 29, 2024;  
Accepted September 01, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Терехин Эдгар Аркадьевич**, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Edgar A. Terekhin**, PhD in Geography, Associate Professor, Department of Natural Resources and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 528: 528.912:911.2:911.9:504:526  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-416-426

## Картографические материалы в работах по геоэкологической оценке территории

Тесленок С.А., Скурихин А.А.

Югорский государственный университет,  
Россия, 628012, Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16,  
E-mail: teslenok-sa@mail.ru, a.skurikhin98@mail.ru

**Аннотация.** В условиях современного мира, когда неуклонно растёт воздействие антропогенных факторов на естественные и в разной степени трансформированные ландшафты, соответственно, также существенно возрастает и необходимость комплексных оценок современного геоэкологического состояния таких ландшафтов, их потенциала и разработки перспективных планов оптимального развития территорий. Геоэкологические оценки актуальны как при изучении отдельных геокомплексов, небольших территорий отдельных поселений, так и для анализа ретроспективного и современного состояния и перспектив развития страны или континента в целом, позволяют не только проводить учёт и инвентаризацию, осуществлять мониторинг имеющихся природных ресурсов, но также планировать их дальнейшее освоение. Ключевой особенностью именно такой оценки в настоящее время становятся многокомпонентность и междисциплинарность, интеграция в комплекс исследования самых разнообразных данных иногда из напрямую не связанных между собой источников различной направленности. Для осуществления такой оценки исследователями разрабатывается множество методик, которые объединены одной общей идеей, но различны в путях её достижения. Однако, вне зависимости от методики оценки, невозможно представить подобное территориально-пространственное исследование без создания и использования разнообразных картографических материалов, иллюстрирующих различные количественные и качественные показатели, а главное – закономерности их распространённости и взаимосвязи. Картографирование позволяет не только оценить актуальное состояние геосистем, но также существенно упрощает выявление экологических рисков, облегчает разработку стратегий адаптации конкретной территории под оказываемое антропогенное давление. Обзор исследований, выполненных разными авторами, позволяет выявить ключевые картографические материалы, необходимые для геоэкологической оценки территорий. В данной работе приводится краткий анализ методик геоэкологической оценки территорий, предлагаемых и практически использованных различными исследователями, основное внимание при этом уделено промежуточным и итоговым картографическим материалам данных работ, а также их информационной основе. Сделаны выводы об общих принципах построения подобных материалов при геоэкологической оценке исследуемой территории.

**Ключевые слова:** геоэкологическая оценка, картографирование, устойчивость ландшафтов, географические информационные системы, пространственный анализ, зонирование территории

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по организации молодежной лаборатории в Югорском государственном университете (НИР 1022031100003-5-1.5.1) в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты».

**Для цитирования:** Тесленок С.А., Скурихин А.А. 2024. Картографические материалы в работах по геоэкологической оценке территории. Региональные геосистемы, 48(3): 416–426. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-416-426

---

## Cartographic Materials in the Works on the Geoecological Assessment of the Territory

Sergey A. Teslenok, Aleksandr A. Skurikhin

Yugra State University,  
16 Chekhov St, Khanty-Mansiysk 628012, Russia,  
E-mail: teslenok-sa@mail.ru, a.skurikhin98@mail.ru

**Abstract.** Today, when the impact of the anthropogenic factor on natural landscapes is steadily increasing, there is a growing need for comprehensive assessment of the state of such landscapes,

evaluation of their potential, and elaboration of plans for optimal development of the territory. Geo-ecological assessment is relevant both for studying small territories of a single city and for analyzing the state and prospects of the country or continent as a whole. It allows not only to inventory and monitor the available natural resources, but also to plan their further development. The key feature of such assessment is its multicomponent and interdisciplinary nature, and the integration of statistical and other data, sometimes from unrelated areas, into the research complex. In order to carry out such assessment, researchers are developing many methods, all of which are united by the same idea, but differ in the ways to achieve it. However, regardless of the specific geo-environmental assessment methodology, it is impossible to imagine such study without the use and creation of cartographic material illustrating various quantitative and qualitative indicators, and, most importantly, their distribution in the territory and their spatial relationship to each other. Mapping not only allows to assess the current state of ecosystems, but also simplifies the identification of ecological risks, and facilitates the development of strategies for adaptation of a particular territory under anthropogenic pressure. A review of the authors' research allows us to see the key cartographic materials necessary for geo-ecological assessment of territories. The paper briefly analyzes the methods of geo-ecological assessment of the territory by various researchers, focusing on the intermediate and final cartographic materials of the works, as well as their information basis. Conclusions are made about the general principles of constructing such materials for geo-ecological assessment of the studied territory.

**Keywords:** geo-ecological assessment, mapping, landscape sustainability, geographic information systems, spatial analysis, zoning of the territory

**Acknowledgements:** The research was supported by the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation to organize a new young researcher Laboratory in Yugra State University (Research number 1022031100003-5-1.5.1) as a part of the implementation of the National Project “Science and Universities”.

**For citation:** Teslenok S.A., Skurikhin A.A. 2024. Cartographic Materials in the Works on the Geoecological Assessment of the Territory. *Regional Geosystems*, 48(3): 416–426 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-416-426

---

## Введение

Геоэкологическая оценка территории представляет собой определение степени благоприятности её природно-ландшафтных условий для проживания человека и того или иного вида хозяйственной деятельности [Кочуров, 2003]. Главной целью проведения подобной оценки является выявление, анализ и прогноз потенциальных геоэкологических угроз для окружающей среды. Ключевым преимуществом именно такой оценки является её комплексность, так как геоэкологическая оценка может обобщённо включать в себя не только природные, но также экономические и социальные показатели. Актуальность такой оценки возрастает вместе с ростом степени усложнённости нашей реальности в целом и взаимоотношений в системе «человек – природа» – в частности, что обязывает к учёту всё большего числа факторов, способных повлиять на актуальное состояние природной среды и человека в самом широком смысле слова.

Для проведения геоэкологических оценок используются различные методы и подходы, основные из которых – картографический и статистический. В сочетании и тесной связи с ними часто применяется математическое моделирование, а также пространственный анализ с использованием технологий географических информационных систем (ГИС). Результаты подобной работы могут быть использованы для разработки планов по устойчивому развитию рассматриваемой территории, формулирования и последующего принятия управленческих решений, связанных с окружающей средой.

## Объекты и методы исследования

В качестве основных материалов настоящего исследования использованы материалы диссертаций и авторефератов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и



доктора наук, частично проанализированные нами ранее [Скурихин, Тесленок, 2023; Скурихин, Тесленок, Обрядин, 2024]. Главным методом исследования стал анализ описаний методик проведения исследований по проблематике геоэкологической оценки различных территорий, представленных в литературных источниках, с выделением ключевых картографических материалов, созданных авторами этих исследований. Также было уделено внимание информационной базе созданных наглядных материалов, и в редких случаях – самой методике построения карт, если по мнению авторов статьи они достаточно уникальны и представляют значительный исследовательский интерес.

### Результаты и их обсуждение

В работе С.И. Пряхина [2008] в составе результатов геоэкологического картографирования исследуемой территории представлены картосхема антропогенно-техногенной нагрузки, картосхема экологического риска, общая геоэкологическая карта и картосхема концентрации векторов латеральной миграции загрязняющих веществ. Информационной основой для построения картографических материалов антропогенно-техногенной нагрузки стали результаты сопоставления и анализа ранее составленных автором картосхем, а также результаты анализа геоэкологического состояния геологической среды (прежде всего данные о рельефе, горных породах и подземных водах, а также приземной атмосфере, поверхностных водах и почвах). В итоге на созданной карте в пределах территории анализируемого региона (юг Приволжской возвышенности, нефтегазоносные районы Волгоградской области) представлены пять зон, различающихся по уровню антропогенно-техногенного воздействия. На картосхеме экологического риска, соответственно, показаны зоны геоэкологического риска, выделенные по принципу минимальной устойчивости к антропогенному воздействию с одновременным динамичным развитием таких территорий. Блоки территорий экологического риска при этом были выделены автором по функциональному признаку (природный, техногенный, селитебный) и видовому составу (ландшафтные, геологические). Практическим итогом проведённой С.И. Пряхиным работы стало составление общей геоэкологической карты на основе методики общего геоэкологического картографирования, разработанной А.И. Жировым и А.Н. Ласточкиным [2002]. При формировании карты были выделены четыре основных блока строго фиксируемых субъектов и объектов техногенного воздействия:

- I блок – линейно-транспортная, промышленная и селитебно-промышленная системы;
- II блок – все виды антропогенного воздействия как отрицательного (изменение литогенной основы, рельефа, почв и др.), так и положительного (правда, направленного на нивелирование или предупреждение воздействий первого типа – рекультивация земель, осуществление мелиораций, посадки полезащитных лесных полос, создание и функционирование особо охраняемых природных территорий и др.) характера;
- III блок – естественные (геосистемы рек и речных долин, степные геоконплексы и др.) и антропогенно-естественные (нефтяные и газовые промыслы, линейно-транспортная инфраструктура, сельскохозяйственные угодья, полезащитные лесные полосы и др.) ландшафты;
- IV блок – виды воздействия окружающей среды на человека.

При подготовке картосхемы концентрации векторов латеральной миграции загрязняющих веществ автор выделяет линии горизонтальных потоков поверхностного стока с их вредными компонентами, а также направление и скорость ветра, уклоны рельефа и течение рек.

При проведении геоэкологической оценки экзогенных геологических процессов на территории Новой Москвы А.С. Гусевой [2021] были выполнены три этапа исследований: подготовительный, полевой, камеральный. В работе исследователя подтверждается роль и

важное экологическое значение элементов тектонического строения, поэтому началу полевых работ предшествовал проведённый линеаментный анализ территории – метод, используемый с целью выявления линейных тектонических и неотектонических структур и составления карт и схем тектонического районирования. Основой для проведения подобного анализа могут быть различные методики создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) (в том числе и детальных) и их производных [Кузьмин и др., 2007; Тесленок, Тесленок, 2014; Кузьмин и др., 2016; Тесленок и др., 2019; 2020]. Но в данном случае таковой послужила методика, разработанная С.А. Устиновым и В.А. Петровым [2016]. Для построения ЦМР были использованы данные спутниковой съёмки *SRTM*, полученные с сайта Геологической службы США USGS [United States Geological Survey, 2024]. Первый этап построения цифровой модели рельефа был осуществлён в открытом программном обеспечении *Quantum GIS* и состоял в построении векторных изолиний абсолютной высоты рельефа с шагом в 10 м. На втором этапе полученные горизонталы преобразовывали в узлы с присвоением полученным точкам прямоугольных координат X и Y. Полученные материалы со значениями высот и координатами точек далее были использованы для построения ЦМР территории, в состав которой также дополнительно была включена информация о расположении федеральных и региональных автодорог. При создании геолого-экологических карт автором использовался собранный им ранее фактический и картографический материал, материалы НПП «Георесурс», а также геологическая карта дочетвертичных образований, геологическая карта, гидрогеологическая карта и карта распределения мощности экспозиционной дозы и радионуклидов. При анализе полученных данных применялось программное обеспечение *Adobe Photoshop CS3*, *Quantum GIS* и *Golden Software Surfer 9*. Всего при подготовке диссертации А.С. Гусевой были построены семь карт, учитывающих районы проявления неблагоприятных геологических процессов.

Важной для рассмотрения методики выполнения геоэкологического анализа является работа К.В. Мячиной [2021], направленная на изучение геоэкологических особенностей ландшафтов степной зоны и их оптимизацию в условиях разработки нефтегазовых месторождений. Для выявления степени антропогенной нагрузки по данным космической съёмки использовался контрольный векторный слой объектов месторождения, построенный с использованием GPS-фиксации координат в процессе полевых исследований и дополненный с помощью ручной оцифровки по данным платформы *Google Earth* [2024]. С целью оценки эффективности дешифрирования нарушенных земель использовались данные дистанционного зондирования с космических аппаратов группировки *Landsat*, дата получения которых соотносится со сроками получения сведений для контрольного слоя. По итогам проведённой работы был построен долговременный динамический ряд нарушений на исследуемом участке территории. С целью оценки динамики фрагментации ландшафтов на следующем этапе автором проиллюстрирована пространственно-временная неоднородность земель, нарушенных в результате антропогенного воздействия, и фрагментации ландшафтов. Данная работа выполнена путём обработки и анализа результатов космической съёмки *Landsat* в программном обеспечении *ENVI* и среде *ArcGIS*. На полученной карте выделены нарушенные земли, а также показана динамика их изменения с 1988 по 2015 г. Далее была подготовлена карта изменения дорожной сети с 1988 по 2009 г. Для оценки степени развития процессов эрозии почв с применением ЦМР *SRTM3* был проведён анализ уклонов поверхности рельефа. Полученные данные ЦМР далее предполагалось использовать для иллюстрации особенностей размещения объектов нефтегазодобычи в соответствии с экспозицией склонов. На обобщённом картографическом материале динамики эрозионных процессов и структуры эрозионной сети на территории ключевых участков исследования показаны тренды активности эрозионных процессов (шесть типов), а также структура эрозионной сети (три типа), а также объекты нефтегазопромысла. Также в данной работе приводятся картографические материалы с изображением перекрытий линий поверхностного стока, взаимного расположения нефтегазовых



месторождений и водных объектов, районов повышенной сейсмической опасности, связанных с эксплуатацией нефтегазовых месторождений и др.

В исследовании Е.А. Фортыгиной [2004] рассматривается геоэкологическая оценка ландшафтов, расположенных в пределах Южного Китая. Базовыми материалами при написании данной работы послужили личные картографические, статистические и иные материалы, собранные автором во время научных стажировок на данной территории. Кроме того, при подготовке работы Е.А. Фортыгина использовала принципы регионального ландшафтного проектирования и анализа антропогенной трансформации ландшафтов, разработанные А.Г. Исаченко [1961] и В.А. Николаевым [1979] и кафедрой физической географии мира и геоэкологии МГУ имени М.В. Ломоносова. Геоэкологическая оценка территории основывалась на работах А.Г. Исаченко, Э.П. Романовой, Б.И. Кочурова, А.В. Антипова, Г.Н. Голубева, С.П. Горшкова [Фортыгина, 2004]. Основой для территориального геоэкологического анализа в рассматриваемом исследовании послужили естественные факторы формирования территории, а также особенности её ландшафтного устройства, отображённые на актуальных топографических картах. Среди природных факторов формирования территории ключевыми являлись геологическое строение, климатические условия, почвенный и растительный покров. На первом этапе работы была создана ландшафтная карта исследуемого района в масштабе 1:5 000 000. При недостатке данных для актуализации карт территории применялись космические снимки. Вторым этапом работы стал анализ созданного картографического материала в контексте оценки природного потенциала современных ландшафтов, определяющих основные направления хозяйственного освоения исследуемой территории. На следующем этапе произведён учёт основных типов землепользования и преобладающих направлений антропогенной трансформации природной составляющей геосистем. По окончании данных этапов была создана новая карта – карта использования земель Южного Китая в масштабе 1:5 000 000. Последующим этапом стал анализ последствий антропогенной деятельности, а также степени развития природно-антропогенных процессов и интенсивности стихийных бедствий. Итоговый результат исследования представлен картой геоэкологической оценки ландшафтов Южного Китая, основанной на выделении геоэкологических районов с различной степенью развития деструктивных процессов, сгруппированных в пять кластеров: благоприятное, удовлетворительное, умеренно-острое, острое, кризисное. Основой для отнесения территорий к тому или иному кластеру стали количественные показатели и экспертная оценка учёного.

Следующей работой, представляющей интерес для нашего исследования методов проведения геоэкологической оценки территории, стала работа А.М. Иванченко «Геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области» [2022]. В ней автором проведён анализ многолетнего опыта исследования территории Ростовской области и Северного Кавказа, на основе которого построена схема комплексной геоэкологической оценки рассматриваемого региона. Согласно этой схеме, первым разделом при выполнении подобных исследований является ландшафтно-экологическая дифференциация территории, в рамках которой оценивается природный потенциал ландшафтов и типы природопользования, а также проводится ландшафтно-экологическое зонирование. Вторым разделом стало установление антропогенных воздействий на окружающую среду и определение антропогенной нагрузки, в том числе на атмосферу, водные объекты, почвы. Кроме того, берётся во внимание схема размещения отходов, а также различные демографические, промышленные, сельскохозяйственные и транспортные показатели. Третий раздел основан на оценке современного состояния и степени загрязнения отдельных компонентов окружающей среды. В качестве финального раздела данная методика предполагает синергию материалов предыдущих разделов с получением итоговой комплексной геоэкологической оценки территории, включающей в себя определение степени напряжённости эко-

логической ситуации, пространственно-временные особенности её формирования, а также выявление существующих экологических проблем.

Для ландшафтных условий территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры интересен опыт Г.С. Шмойловой [2007] по геоэкологической оценке не масштабных природных геокомплексов, а локальных городских территорий Нижневартовска. Хотя исследование отличается от большинства рассмотренных нами ранее, количество, содержание и результаты этапов исследования имеют много сходного. Первым этапом исследования стал анализ территории в рамках выявления физико-географических, природно-климатических и природно-ландшафтных характеристик, а также сведений о заболеваемости населения, социально-демографических показателях и функционально-планировочной структуре города. На втором этапе выявлены особенности природно-ландшафтной дифференциации планировочной структуры Нижневартовска, проведён анализ использования городских земель, выполнено функциональное зонирование территории. На этом же этапе осуществлено выделение и картографирование городских территорий. Далее получены количественные и качественные показатели загрязняющих веществ по отдельным природным средам. На предпоследнем этапе работы автор проводит анализ и синтез построенных ранее карт с выделением территорий с различными типами геоэкологической ситуации и оценкой степени их остроты.

Актуальным примером методики оценки геоэкологического состояния ландшафтов служит работа вьетнамской исследовательницы Хоанг Тхи Зиеу Хьонг [2018]. В основе своей работы автор использовала электронную базу геоданных с набором геометрической и атрибутивной информации по всем основным природным компонентам и землепользованию исследуемой территории провинции Куанг Бинь. На основе указанных данных была создана фактографическая база данных ГИС, характеризующая природные факторы формирования ландшафтов региона. В дополнение к этому на 24 ключевых точках в течение летнего сезона были проведены исследования с целью полевого картирования и оценки их состояния. Кроме того, были использованы многочисленные статистические материалы, а также космические снимки NOAA, полученные с помощью сервиса *Google Earth* [2024], позволяющие узнать дополнительную информацию об антропогенной деятельности в пределах исследуемой территории. Среди основных характеристик ландшафта, на которых базировалось геоэкологическое картографирование территории, значатся геологическая основа, набор климатических показателей, элементы гидрографической сети, типы растительности и почвенного покрова, населённые пункты, транспортная сеть, типы землепользования и отдельные промышленные объекты. При составлении ландшафтной карты активно использовались результаты проведённых ранее полевых наблюдений, в процессе которых были изучены основные классы и подклассы ландшафтов. В процессе работы автором были созданы следующие цифровые картографические слои: геологического строения, рельефа, климатического районирования, гидрографической сети, растительного и почвенного покрова. Для оценки устойчивости территории провинции Куанг Бинь к техногенным воздействиям были использованы методические подходы М.А. Глазовской [1988] и Нгуен Ван Тхон [2018]. Оценка потенциальной эрозии почв была проведена с помощью универсального уравнения потерь почвы от эрозии (*RUSLE*) (формула Ушмеера – Смита) [Wischmeier, 1978] на основе спутниковых данных *Landsat-8* и *Landsat TM*, а в программном обеспечении *ArcGIS 10.2*. проведено определение значений *NDVI*. Для оценки степени антропогенной трансформации ландшафтов использованы подходы Е.И. Голубевой [1999] и др., далее рассчитано соотношение площадей ландшафтов с различной степенью антропогенной трансформации. Результатом описанного этапа стала карта современных ландшафтов разной степени трансформированности. Основой для оценки состояния ландшафтов стал метод балльной оценки, которая включает в себя учёт степени устойчивости территории к техногенным воздействиям, уровня антропогенной нагрузки, наличие и остроту геоэкологических проблем. Обработка данных для опре-



деления возможности использования ландшафтом исследуемой территории проведена по методике Нгуиен Сао Хуан [2018]. На основе анализа ландшафтной структуры разработана таблица-матрица ландшафтов, составлен авторский вариант ландшафтной карты провинции Куанг Бинь в масштабе 1:500 000.

В работе Л.В. Кропянко [2014], посвящённой геоэкологической оценке и районированию Азово-Черноморского побережья Российской Федерации, информационной основой исследования стали метеорологические данные для этой территории с 1903 по 2008 г., экономические и социальные статистические данные с 2008 по 2013 г., результаты опроса экспертов и анализа полученных экспертных оценок по методу анализа иерархий, электронные топографические карты, атласы и космоснимки. Оценка состояния территории по степени благоприятности окружающей среды выполнена с применением методов оценки географических объектов, шкалирования и картографирования, метода экспертных оценок и анализа разнообразных данных и их взаимосвязи [Saaty, Kearns, 1985; Закруткин, Шишкина, 1993; Коробов, Тутьгин, 2010]. С целью оценки выделены пять категорий природных факторов, включающих более двадцати показателей: ландшафтно-экологические, геолого-геоморфологические, экзогенные геологические процессы, климатические, гидрологические. По результатам оценки построен ряд картографических материалов, схожих с рассмотренными нами ранее. С учётом весового коэффициента каждой категории факторов была рассчитана обобщённая оценка рассматриваемой территории по степени благоприятности окружающей среды и функционирования хозяйственной деятельности. Территория Азово-Черноморского побережья страны была разделена на пять групп с различной геоэкологической обстановкой: неблагоприятная, малоблагоприятная, относительно-благоприятная, благоприятная, наиболее благоприятная. В четвёртой главе исследования приводится оценка оказываемой на Азово-Черноморское побережье антропогенной нагрузки с применением уникальной формулы для определения балльных оценок каждой из групп факторов антропогенной нагрузки. С помощью полученных результатов был рассчитан и интегральный показатель. Геоэкологическая оценка территории дана с использованием матрицы Мак-Кинси, представляющей собой координатную плоскость, разделённую на четыре зоны, каждая из которых отличается соотношением показателей «нагрузка» – «среда» [Тутьгин, Коробов, 2005; Коробов, 2008].

В исследовании Е.Б. Золотрубова [2007] дана геоэкологическая оценка территории Михайловского промышленного района (город Железнодорожск Курской области). Ключевым картографическим материалом данной работы является карта оценки загрязнения почвенного покрова элементами первого класса опасности в зоне влияния Михайловского ГОКа, иллюстрирующая деление территории на четыре класса относительно показателя загрязнения почв в пределах десятикилометровой зоны от места исследования. Для построения данной карты, кроме статистических материалов также были использованы результаты полевых работ, в том числе геологических, гидрогеологических и геофизических. Кроме того, в работе приводятся карты загрязнения территории отдельными видами веществ. В качестве итогового картографического материала приводится карта оценки состояния растительного покрова в зоне влияния Михайловского ГОКа по тератологическим показателям, иллюстрирующая деление рассматриваемой территории на четыре зоны: экологическая норма, экологический риск, экологический кризис и экологическое бедствие.

### **Заключение**

В исследовании приводится краткий анализ методик создания и описание полученных картографических материалов, являющихся как самостоятельными результатами, так и применяющимися учёными в процессе проведения работ по геоэкологической оценке территории. Дано описание информационной основы, используемой для построения тако-

го рода материалов. Более детально рассмотрены отдельные методы построения картографических материалов, представляющие, по мнению авторов статьи, наибольший исследовательский интерес и имеющие наибольшее практическое значение. Выполненный обзор полученных разными исследователями в различных ландшафтно-экологических и хозяйственных условиях картографических материалов в рамках геоэкологической оценки территорий может существенно упростить проведение подобных работ другими учёными на других объектах исследования. Общим принципом проведения подобных работ является первостепенное изучение отдельных факторов и характеристик, оказывающих воздействие на рассматриваемые ландшафты, таких как геологические, климатические, почвенный и растительный покров, экономические, социальные и др., с последующим получением интегральных показателей современного (а в ряде случаев и прогнозируемого) геоэкологического состояния территории. Каждый из показателей и итоговая оценка иллюстрируются соответствующими отдельными картографическими материалами.

### Список источников

- Глазовская М.А. 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М., Высшая школа, 327 с.
- Голубева Е.И. 1999. Методы диагностики состояния антропогенно трансформированных экосистем. М., МГУ. Географический факультет, 66 с.
- Жиров А.И. 2002. Методика геоэкологических исследований. СПб., Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 135 с.
- Кочуров Б.И. 2003. Экодиагностика и сбалансированное развития. М., Смоленск, Маджента, 384 с.
- United States Geological Survey. Электронный ресурс. URL: <https://www.usgs.gov/> (дата обращения: 25.08.2024).
- Google Earth. Электронный ресурс. URL: <https://www.google.com/earth/about/versions/> (дата обращения: 25.08.2024).

### Список литературы

- Гусева А.С. 2021. Геоэкологическая оценка экзогенных геологических процессов с использованием ГИС-технологий: на примере территории Новой Москвы. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 128 с.
- Закруткин В.Е., Шишкина Д.Ю. 1993. Принципы и критерии комплексного экологического районирования сельскохозяйственных территорий. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 3–4: 18–32.
- Золотрубов Е.Б. 2007. Геоэкологическая оценка территории Михайловского промышленного района. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Воронеж, 23 с.
- Иванченко А.М. 2022. Геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 24 с.
- Исаченко А.Г. 1961. Физико-географическое картирование. Л., Издательство Ленинградского университета, 268 с.
- Коробов В.Б. 2008. Экспертные методы в географии и геоэкологии. Архангельск, Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 236 с.
- Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. 2010. Классификационные методы решения эколого-экономических задач. Архангельск, Поморский государственный университет имени М. В. Ломоносова, 310 с.
- Кропянко Л.В. 2014. Геоэкологическая оценка и районирование Азово-Черноморского побережья России. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 23 с.
- Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Черкашин Е.А., Осипов Э.Ю. 2007. Цифровые модели рельефа: методика построения и возможности использования при геоморфологическом анализе. Геоморфология, 4: 33–41.
- Кузьмин С.Б., Невзорова И.В., Черкашин Е.А., Шаманова С.И. 2016. Геоинформационное картографирование на основе модели пластики рельефа и возможность ее использования при геоморфологическом анализе. Геоинформатика, 2: 19–34.



- Мячина К.В. 2021. Геоэкологический анализ и пути оптимизации ландшафтов степной зоны в условиях разработки нефтегазовых месторождений. Дис. ... док. геогр. наук. Оренбург, 276 с.
- Николаев В.А. 1979. Проблемы регионального ландшафтоведения. М., Издательство Московского университета, 160 с.
- Пряхин С.И. 2008. Геоэкологический анализ нефтегазоносных территорий юга Приволжской возвышенности в пределах Волгоградской области. Дис. ... канд. геогр. наук. Волгоград, 260 с.
- Скурихин А.А., Тесленок С.А. 2023. Направления геоэкологических исследований экосистем Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в контексте устойчивого развития региона. В кн.: Экологические проблемы использования горных лесов. Материалы II Международной научно-практической конференции, Майкоп, 23–25 ноября 2023. Краснодар, Кубанский государственный университет: 395–399.
- Скурихин А.А., Тесленок С.А., Обрядин А.А. 2024. Актуальность тематики геоэкологической оценки лесных территорий (обзор степени изученности и разработанности). Региональные геосистемы, 48(2): 254–270. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-2-254-270>.
- Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. 2019. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия. Геодезия и картография, 80(7): 30–38. <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38>.
- Тесленок К.С., Муштайкин А.П., Тесленок С.А. 2020. Изучение особенностей сельскохозяйственных угодий с использованием цифровых моделей рельефа. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 26(3): 221–228. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-3-26-221-228>.
- Тесленок К.С., Тесленок С.А. 2014. Возможности использования цифровых моделей рельефа в управлении земельными ресурсами региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 20: 358–370. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2014-1-20-358-370>.
- Тутыгин А.Г., Коробов В.Б. 2005. Оптимизация управления окружающей средой при помощи матрицы Мак-Кинси. Экономика и управление, 1: 81–85.
- Устинов С.А., Петров В.А. 2016. Использование детальных цифровых моделей рельефа для структурно-линеamentного анализа (на примере Уртуйского гранитного массива, ЮВ Забайкалье). Геоинформатика, 2: 51–60.
- Фортыгина Е.А. 2004. Геоэкологическая оценка ландшафтов Южного Китая. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 25 с.
- Хоанг Т.З.Х. 2018. Геоэкологическая оценка ландшафтов провинции Куанг Бинь (Вьетнам). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Казань, 22 с.
- Шмойлова Г.С. 2007. Геоэкологическая оценка городских территорий на примере г. Нижневартовска. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Калуга, 22 с.
- Saaty T.L., Kearns K.P. 1985. Analytical planning: The organization of systems. Oxford, Pergamon Press, 208 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. In: Science and Educational Administration, US department of Agriculture. Washington, 400 p.

## References

- Guseva A.S. 2021. Geojekologicheskaja ocenka jekzogenykh geologicheskikh processov s ispol'zovaniem GIS-tehnologij: na primere territorii Novoj Moskvy [Geoecological Assessment of Exogenous Geological Processes Using GIS Technologies: on the Example of the Territory of New Moscow]. Dis. ... cand. geol.-min. sciences. Moscow, 128 p.
- Zakrutkin V.E., Shishkina D.Yu. 1993. Principy i kriterii kompleksnogo jekologicheskogo rajonirovanija sel'skohozjajstvennykh territorij [Principles and Criteria for Integrated Ecological Zoning of Agricultural Areas]. Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki, 3–4: 18–32.
- Zolotrubov E.B. 2007. Geojekologicheskaja ocenka territorii Mihajlovskogo promyshlennogo rajona [Geoecological Assessment of the Territory of the Mikhailovsky Industrial Region]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Voronezh, 23 p.

- Ivanchenko A.M. 2022. Geojekologicheskaja ocenka sovremennogo sostojanija Rostovskoj oblasti [Geoecological Assessment of the Current State of the Rostov Region]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Rostov-na-Donu, 24 p.
- Isachenko A.G. 1961. Fiziko-geograficheskoye kartirovaniye [Physical and geographical mapping]. Leningradgrad, Publ. Leningrad University, 268 p.
- Korobov V.B. 2008. Ekspertnye metody v geografii i geojekologii [Expert Methods in Geography and Geoecology]. Arhangelsk, Publ. Pomorskiy gosudarstvennyy universitet im. M.V. Lomonosova, 236 p.
- Korobov V.B., Tutygin A.G. 2010. Klassifikacionnye metody reshenija ekologo-ekonomicheskikh zadach [Classification Methods for Solving Ecological and Economic Problems]. Arhangelsk, Publ. Pomorskiy gosudarstvennyy universitet im. M.V. Lomonosova, 310 p.
- Kropyanko L.V. 2014. Geojekologicheskaja ocenka i rajonirovanie Azovo-Chernomorskogo poberezh'ja Rossii [Geoecological Assessment and Zoning of the Azov-Black Sea Coast of Russia]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Rostov-na-Donu, 23 p.
- Kuz'min S.B., Dan'ko L.V., Cherkashin E.A., Osipov E.Yu. 2007. Digital Elevation Models: Methods of Arrangement and Possible Implication in Geomorphological Researches. *Geomorfologiya*, 4: 33–41 (in Russian).
- Kuz'min S.B., Nevzorova I.V., Cherkashin E.A., Shamanova S.I. 2016. GIS Mapping Based on the Relief's Plastic Model and the Possibility of Its Using in Geomorphological Analysis. *Geoinformatika*, 2: 19–34 (in Russian).
- Myachina K.V. 2021. Geojekologicheskij analiz i puti optimizacii landshaftov stepnoj zony v uslovijah razrabotki neftegazovykh mestorozhdenij [Geoecological Analysis and Ways of Optimizing Steppe Zone Landscapes in the Context of Oil and Gas Field Development]. Diss. ... doc. geogr. sciences. Orenburg, 276 p.
- Nikolaev V.A. 1979. Problemy regional'nogo landshaftovedenija [Problems of Regional Landscape Studies]. Moscow, Publ. Moskovskogo universiteta, 160 p.
- Pryahin S.I. 2008. Geojekologicheskij analiz neftegazonosnykh territorij juga Privolzhskoj vozvyshechnosti v predelakh Volgogradskoj oblasti [Geoecological Analysis of Oil and Gas Bearing Territories of the South of the Volga Upland Within the Volgograd Region]. Diss. ... cand. geogr. sciences. Volgograd, 260 p.
- Skurihin A.A., Teslenok S.A. 2023. Napravleniya geoekologicheskikh issledovaniy ekosistem Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry v kontekste ustoychivogo razvitiya regiona [Directions of Geoecological Research of Ecosystems of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra in the Context of Sustainable Development of the Region]. In: *Ekologicheskiye problemy ispolzovaniya gornyx lesov* [Environmental Problems of Mountain Forest Use]. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Maykop, 23–25 November 2023. Krasnodar, Publ. Kubanskiy gosudarstvennyy universitet: 395–399 p.
- Skurihin A.A., Teslenok S.A., Obryadin A.A. 2024. Relevance of Geoecological Assessment of Forest Areas (Review of Study and Development). *Regional Geosystems*, 48(2): 254–270 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-2-254-270>.
- Teslenok S.A., Manukhov V.F., Teslenok K.S. 2019. Digital Elevation Modeling of the Republic of Mordovia. *Geodesy and Cartography*, 80(7): 30–38 (in Russian). <https://doi.org/10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38>.
- Teslenok K.S., Mushtaykin A.P., Teslenok S.A. 2020. Studying the Peculiarities of Agricultural Lands With the Use of Digital Relief Models. *InterCarto. InterGIS*, 26(3): 221–228 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-3-26-221-228>.
- Teslenok K.S., Teslenok S.A. 2014. Possibility of Using Digital Terrain Models for Land Management in the Region. *InterCarto. InterGIS*, 20: 358–370 (in Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2014-1-20-358-370>.
- Tutygin A.G., Korobov V.B. 2005. Optimizacija upravlenija okruzhajushhej sredoj pri pomoshhi matricy Mak-Kinsi [Optimizing Environmental Management Using the McKinsey Matrix]. *Ekonomika i upravlenie*, 1: 81–85 (in Russian).
- Ustinov S.A., Petrov V.A. 2016. Use of Detailed Digi-Tal Relief Models for the Structural and Lineament Analysis (on Example of the Urtuysky Granite Massif, Se Transbaikalia). *Geoinformatika*, 2: 51–60 (in Russian).



- Fortygina E.A. 2004. Geojekologicheskaja ocenka landshaftov Juzhnogo Kitaja [Geoecological Assessment of Landscapes of Southern China]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Moscow, 25 p.
- Hoang T.Z.H. 2018. Geojekologicheskaja ocenka landshaftov provincii Kuang Bin' (V'etnam) [Geoecological Assessment of Landscapes of Quang Binh Province (Vietnam)]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Kazan, 22 p.
- Shmoylova G.S. 2007. Geojekologicheskaja ocenka gorodskih territorij na primere g. Nizhnevartovska [Geoecological Assessment of Urban Areas Using the city of Nizhnevartovsk as an Example]. Abstract dis. ... cand. geogr. sciences. Kaluga, 22 p.
- Saaty T.L., Kearns K.P. 1985. Analytical planning: The organization of systems. Oxford, Pergamon Press, 208 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. In: Science and Educational Administration, US department of Agriculture. Washington, 400 p.

*Поступила в редакцию 29.03.2024;  
поступила после рецензирования 07.06.2024;  
принята к публикации 03.09.2024*

*Received March 29, 2024;  
Revised June 07, 2024;  
Accepted September 03, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Тесленок Сергей Адамович**, кандидат географических наук, доцент Высшей экологической школы, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

**Скурихин Александр Александрович**, аспирант 1-го года обучения специальности 1.6.21 «Геоэкология», инженер лаборатории изучения пространственно-временной изменчивости углеродного баланса лесных и болотных экосистем средней тайги Западной Сибири, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Sergey A. Teslenok**, PhD in Geography, Associate Professor of the Higher Ecological School, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia;

**Aleksandr A. Skurikhin**, Postgraduate Student of the 1st Year of Study in 1.6.21 "Geoecology" Field of Training, Engineer of the Laboratory for Studying the Spatial and Temporal Variability of the Carbon Balance of Forest and Swamp Ecosystems of the Middle Taiga of Western Siberia, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia



УДК 911.6

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-427-440

## Особенности геоэкологического функционального зонирования отдельных сельских поселений и территорий

<sup>1</sup>Бударина В.А., <sup>2</sup>Лисецкий Ф.Н., <sup>1</sup>Косинова И.И., <sup>1</sup>Курышев А.А.

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет,  
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1

<sup>2</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: liset@bsu.edu.ru; kosinova777@yandex.ru

**Аннотация.** Значительную часть центра европейской территории России занимает сложившаяся система сельского расселения населения, которое вносит весомый вклад в социально-экономическое развитие муниципальных образований. Их трансформация обусловлена многими причинами, включая социально-экономические, экологические, демографические, инфраструктурные факторы, а также изменения в сельском хозяйстве и сельскохозяйственной политике. Актуальность проведенных исследований определяется тем, что функциональное зонирование способствует оптимизации использования земельных ресурсов, создает условия для развития сельского хозяйства, туризма, инфраструктуры и других сфер жизнедеятельности, а также способствует сохранению природных ресурсов и экологической устойчивости сельской территории. Цель работы – функциональное зонирование одного из типичных сельских поселений (Быковского) для выделения границ геоэкологических систем и определения особенностей трансформации функциональных зон за последние 30 лет. В данной работе для выделения функциональных зон использован визуально-интерактивный метод обработки данных дистанционного зондирования Земли с привлечением кадастровой информации и результатов полевого рекогносцировочного обследования территории. В результате исследований установлено, что большую часть Быковского сельского поселения занимают сельскохозяйственная (44 %), селитебная (19 %) и рекреационная (16 %) зоны. Для наиболее крупных типов геоэкологических систем проведена оценка трансформации функциональной структуры по четырем временным срезам через десятилетний интервал (1993, 2003, 2013, 2023 гг.). По результатам оценки изменения функциональных зон установлен рост площади геоэкологических систем сельскохозяйственного и лесотехнического типа и уменьшение площади геоэкологической системы водохозяйственного типа. Подобные изменения связаны с искусственным осушением территорий для дальнейшего их использования в сельском хозяйстве и высадкой лесных полос.

**Ключевые слова:** функциональное зонирование, геоэкологические системы, материалы дистанционного зондирования Земли, мультиспектральные изображения, классификация мультиспектральных изображений, *Landsat Collection 2 Level-1*, агроландшафты, сельские поселения

**Благодарности:** проект № 20180180 «Управление процессом воспроизводства экосистем в агроландшафтах» программы «Приоритет – 2030»

**Для цитирования:** Бударина В.А., Лисецкий Ф.Н., Косинова И.И., Курышев А.А. 2024. Особенности геоэкологического функционального зонирования отдельных сельских поселений и территорий. Региональные геосистемы, 48(3): 427–440. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-427-440

## Geoecological Functional Zoning Features of Individual Rural Settlements and Territories

<sup>1</sup>Victoria A. Budarina, <sup>2</sup>Fedor N. Lisetskii, <sup>1</sup>Irina I. Kosinova, <sup>1</sup>Alexander A. Kuryshev

<sup>1</sup>Voronezh State University,

1 Universitetskaya Pl., Voronezh 394018, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University,

85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia

E-mail: liset@bsu.edu.ru; kosinova777@yandex.ru

**Abstract.** The existing rural population system occupies a significant part of the center of the European territory of Russia and makes a significant contribution to the socio-economic development of



municipalities. Their transformation is due to many reasons, including the main ones are socio-economic, environmental, demographic, and infrastructural factors, as well as changes in agriculture and agricultural policy. The relevance of the research is determined by the functional zoning ability to optimize the land resources use. As a result, conditions are created for the development of agriculture, tourism, infrastructure, and other life spheres, facilitating the conservation of natural resources and environmental sustainability in rural areas. The work purpose is the functional zoning of Bykovsky rural settlement to identify the boundaries of ecological and geological systems and determine the direction of functional areas transformation over the past 30 years. A visually interactive method of processing Earth remote sensing data was used to identify functional zones. The decryption accuracy was improved by using cadastral information and field reconnaissance survey results. The research revealed the predominance of agricultural, residential, and recreational zones within Bykovsky rural settlement. The functional structure transformation assessment for 1993, 2003, 2013, 2023 was carried out. The assessment of changes in functional zones showed an increase in the area of agricultural and forestry type systems and a decrease in the water management type system area. Such changes may be associated with the artificial drainage of territories for their further use in agriculture and the planting of forest strips.

**Keywords:** functional zoning, geocological systems, Earth remote sensing materials, multispectral images, multispectral images classification, Landsat Collection 2 Level-1, agricultural landscapes, rural settlements

**Acknowledgements:** Project No. 20180180 “Management of ecosystem reproduction in agricultural landscapes” of the Priority 2030 program.

**For citation:** Budarina V.A., Lisetskii F.N., Kosinova I.I., Kuryshev A.A. 2024. Geocological Functional Zoning Features of Individual Rural Settlements and Territories. *Regional Geosystems*, 48(3): 427–440 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-427-440

---

## Введение

Значительная часть центра европейской территории России является сельской местностью. По результатам проведения Всероссийской переписи населения 2021 года зафиксировано 153157 сельских населенных пунктов, в 83,84 % из них постоянно проживают люди [Всероссийская перепись ..., 2024]. Несмотря на определенную инертность в своем развитии и устойчивость к изменяющимся условиям, сельские поселения трансформируются. Трансформации имеют много причин и обусловлены различными факторами, включая социально-экономические, экологические, демографические, инфраструктурные, а также изменения в сельскохозяйственной политике и самом сельском хозяйстве. Экономические факторы играют ключевую роль в этом процессе, так как они определяют направление развития и адаптацию сельских поселений к изменяющимся социально-экономическим условиям. Но в современном мире не менее важным фактором являются и экологические условия [Асмус и др., 2009].

Сельские поселения – это основные центры сельскохозяйственного производства, исторически предназначенные для обеспечения продовольственной безопасности и удовлетворения потребностей населения. Однако с течением времени произошли значительные изменения в сельском хозяйстве, что привело к трансформации их функциональных зон. Сельское хозяйство в прошлом было основным источником дохода для многих сельских жителей. Сельскохозяйственные угодья занимали большую часть территории сельских общин, а сельскохозяйственные предприятия были главными работодателями. Однако с развитием промышленности и сектора услуг сельское хозяйство потеряло свою привлекательность как основной источник дохода.

Экономические факторы, такие как изменение спроса на сельскохозяйственную продукцию и развитие новых технологий, способствовали изменению функциональных зон сельских поселений. Иногда наблюдается процесс обратный урбанизации, так как сельские поселения привлекают рабочую силу из городов, что приводит к развитию новых районов с жилыми зонами и инфраструктурой для работников. Функциональные зоны

разделяются на промышленные, жилые и коммерческие. Требуется большее развитие инфраструктуры [Гаева, 2010].

Антропогенные факторы могут влиять как на положительную трансформацию функциональных зон, так и на отрицательную [Мананков, 2019]. Например, сельское хозяйство может быть источником дохода и улучшения жизненного уровня сельского населения. Кроме того, развитие промышленности и туризма может привлекать инвестиции и способствовать развитию инфраструктуры. Однако антропогенные факторы также могут негативно сказываться на функциональных зонах сельских поселений. Промышленная деятельность является причиной загрязнения окружающей среды, что в свою очередь может негативно сказываться на здоровье животных, растений и состоянии водных ресурсов.

Экологические факторы являются не менее важным аспектом, влияющим на изменение функциональных зон сельских поселений, с их богатыми ресурсами и природными условиями.

Одним из основных экологических факторов является климат. Температура, осадки и ветры имеют значительное влияние на сельское хозяйство и функциональные зоны сельских поселений. Например, избыток осадков может привести к затоплению полей и нанести ущерб сельскохозяйственным культурам, разрушить сельскую инфраструктуру, а нехватка влаги может вызвать засуху, привести к сокращению в продаже сельскохозяйственных продуктов и повышению их цены.

Еще одним экологическим фактором, оказывающим влияние, является растительный покров. С различными типами растительности связаны разные функциональные зоны в сельских поселениях. Например, лесные участки могут быть использованы для лесничества и лесозаготовок, а открытые пространства благоприятствуют развитию сельскохозяйственного производства [Морозова и др., 2017]. Ключевым экологическим фактором является наличие и качество водных ресурсов.

Современная климатическая тенденция, приводящая к его аридизации, может привести к негативной трансформации продуктивности почв и понижению урожайности сельскохозяйственных культур. Более высокая температура может создавать подходящие условия для развития вредителей и болезней, что может привести к сокращению сельскохозяйственного производства и потере доходов [Груздев, 2014].

Социально-экономические факторы, с одной стороны, связаны с уровнем развития экономики и социальной сферы сельских поселений. Например, наличие разнообразных организаций и предприятий по оказанию услуг, таких как магазины, школы, медицинские учреждения, спортивные площадки и др., может привлекать новых жителей и способствовать развитию населённого пункта. С другой стороны, социально-экономические факторы влияют на структуру и функции поселений в сельской местности. Например, сельскохозяйственные предприятия могут определять основной вид трудовой деятельности и функцию сельской территории. При этом, изменение экономической ситуации и сдвиг в структуре сельского хозяйства может привести к изменениям в функциональных зонах данной местности.

Биологические аспекты влияния на функциональные зоны сельских поселений, такие как сокращение площади лесных и сельскохозяйственных угодий, приводят к снижению численности и разнообразия местных видов животных и растений. Биологические факторы также могут оказывать влияние на здоровье и благополучие жителей сельских поселений. Например, распространение инфекционных болезней, передающихся через насекомых, таких как комары и клещи, может быть связано с экологическими изменениями в окружающей среде. Как показывают исследования, неконтролируемый рост некоторых видов насекомых может привести к росту распространения инфекционных заболеваний.

Однако биологические аспекты также могут предложить возможности для развития сельских поселений. Например, использование устойчивых методов сельского хозяйства и



охраны природных ресурсов может способствовать сохранению биоразнообразия и созданию новых источников дохода для местных жителей.

Яковлевский район Белгородской области (муниципальное образование с 2018 года – Яковлевский городской округ), как и многие другие районы России, сталкивается с рядом экологических проблем [Атлас «Природные ресурсы ...», 2005; Официальный сайт органов ..., 2024]. Непосредственное влияние на геоэкологическую обстановку оказывают природные особенности изучаемой территории. Преобладающими почвами на территории района являются черноземы. По гранулометрическому составу они преимущественно суглинистые и способны аккумулировать загрязняющие вещества [Косинова и др., 2009].

Кроме природных факторов, оказывающих влияние на геоэкологическую обстановку, значительный ущерб приносит и антропогенная деятельность. Применение пестицидов, удобрений и прочих химических веществ в сельском хозяйстве приводит к загрязнению почв и неблагоприятно сказывается на здоровье растений, а затем и животных. Вырубка лесов для сельскохозяйственных или промышленных целей приводит к утрате биоразнообразия и ухудшению экологической ситуации в регионе [Голеусов и др., 2003; Авраменко и др., 2007; Сельское хозяйство ..., 2024].

Промышленные предприятия сосредоточены в определенных районах, что способствует формированию устойчивых зон загрязнения окружающей среды. В течение многих лет объем отходов от животноводческих комплексов, а также использование ядохимикатов и пестицидов продолжают увеличиваться, нанося непоправимый ущерб агроландшафтам. Влияние крупных животноводческих комплексов на окружающую среду сравнимо с воздействием промышленных объектов. Воздушное пространство вокруг этих комплексов и на несколько километров вокруг них значительно загрязнено пылью и вредными выбросами, создавая непригодные условия для проживания местного населению [Завгородняя, 2018].

### **Объекты и методы исследования**

Объект исследования: территория Быковского сельского поселения Яковлевского района Белгородской области, которое с 2018 года было упразднено при преобразовании Яковлевского района в городской округ.

Целью исследования является функциональное зонирование территории Быковского сельского поселения (58,06 км<sup>2</sup>) для выделения границ геоэкологических систем и определения направления трансформации функциональных зон за последние 30 лет.

Функциональное зонирование является важным инструментом для планирования и управления территорией [Бударина, Умывакин, 2016; Бударина и др., 2022; 2023; Зарубин и др., 2023; Лептюхова, Сергеева, 2024] и проводится с целью выявления специфики техногенного воздействия, испытываемого геоэкологическими системами района. Оно позволяет определить наиболее рациональное использование природных ресурсов, создать благоприятные условия для проживания, работы и отдыха жителей, а также разработать эффективные стратегии развития сельского поселения [Градостроительный кодекс, 2004; Костина, 2022]. Опыт применения функциональной модели рекреационной оценки сельской местности [Королева, 2018] показал, что, рассматривая типизацию сельского туризма в зависимости от наличия туристических ресурсов, целесообразно обосновать дифференцированные индикаторы рекреационной оценки ресурсов и земельных угодий для развития туризма. При использовании функционального зонирования удастся максимально учесть ландшафтно-климатические особенности проектируемой территории, что также позволяет ограничить трансформацию земель в областях с наивысшими экологическими приоритетами и сетевой связностью [Kukkala, Moilanen, 2017; Jalkanen et al., 2020].

Как правило, [МУ 2.1.7.730-99, 1999; Косинова и др., 2009] выделяют следующие основные зоны использования:

- селитебная (Cs);
- промышленная (Cp);
- водохозяйственная (Cw);
- сельскохозяйственная (Cc);
- лесохозяйственная (Cl);
- транспортная (Ct);
- складирования отходов (Co);
- рекреационная (Cr).

В данной работе для выделения функциональных зон использован визуально-интерактивный метод обработки данных, так как данный метод обладает достаточной объективностью и доступностью [Картавцева, 2021; Всероссийская перепись ..., 2024].

Основные этапы работы:

1. Подборка материалов дистанционного зондирования Земли для заданной территории из *Landsat Collection 2 Level-1* [Силкин и др., 2017].
2. Создание мультиспектральных изображений. В данной работе использовались каналы 4, 3, 2; 5, 4, 3, для *Landsat 5–7* и каналы 5, 4, 3; 6, 5, 4 для *Landsat 8*, а также тепловой канал. Данные каналы позволяют более подробно рассмотреть динамику изменения сельскохозяйственных земель.
3. Выбор эталонных участков на основе кадастровых данных и результатов полевых исследований, классификация мультиспектральных изображений.
4. Разработка картосхемы функционального зонирования территории.

### Результаты и их обсуждение

Функциональные зоны Быковского сельского поселения представляют собой различные территории, каждая из которых выполняет определенные функции и обладает своими особенностями. В ходе выполнения работы по кадастровым данным была построена карта с выделением функциональных зон (рис. 1).

Рассмотрим основные функции и особенности каждой из этих зон.

*Селитебная зона (жилая).*

Общая площадь селитебной зоны относительно всего Быковского поселения занимает 16 %. Основная концентрация жилой застройки в поселении располагается в северо-восточной части исследуемой территории. В нее входят такие объекты, как зоны отдыха, мини-парки, частные и многоквартирные дома, рестораны, школы, офисы, аптеки и прочая инфраструктура, необходимая для комфортных условий проживания и трудовой деятельности населения.

*Промышленные зоны.*

Главной задачей промышленных зон является обеспечение бесперебойных производственных процессов и предоставления рабочих мест. В рамках Быковского сельского поселения также имеются промышленные зоны, расположены они на востоке исследуемой территории. Там сосредоточены предприятия таких отраслей, как пищевая промышленность и машиностроение. Данная функциональная зона занимает 0,5 % всей территории.

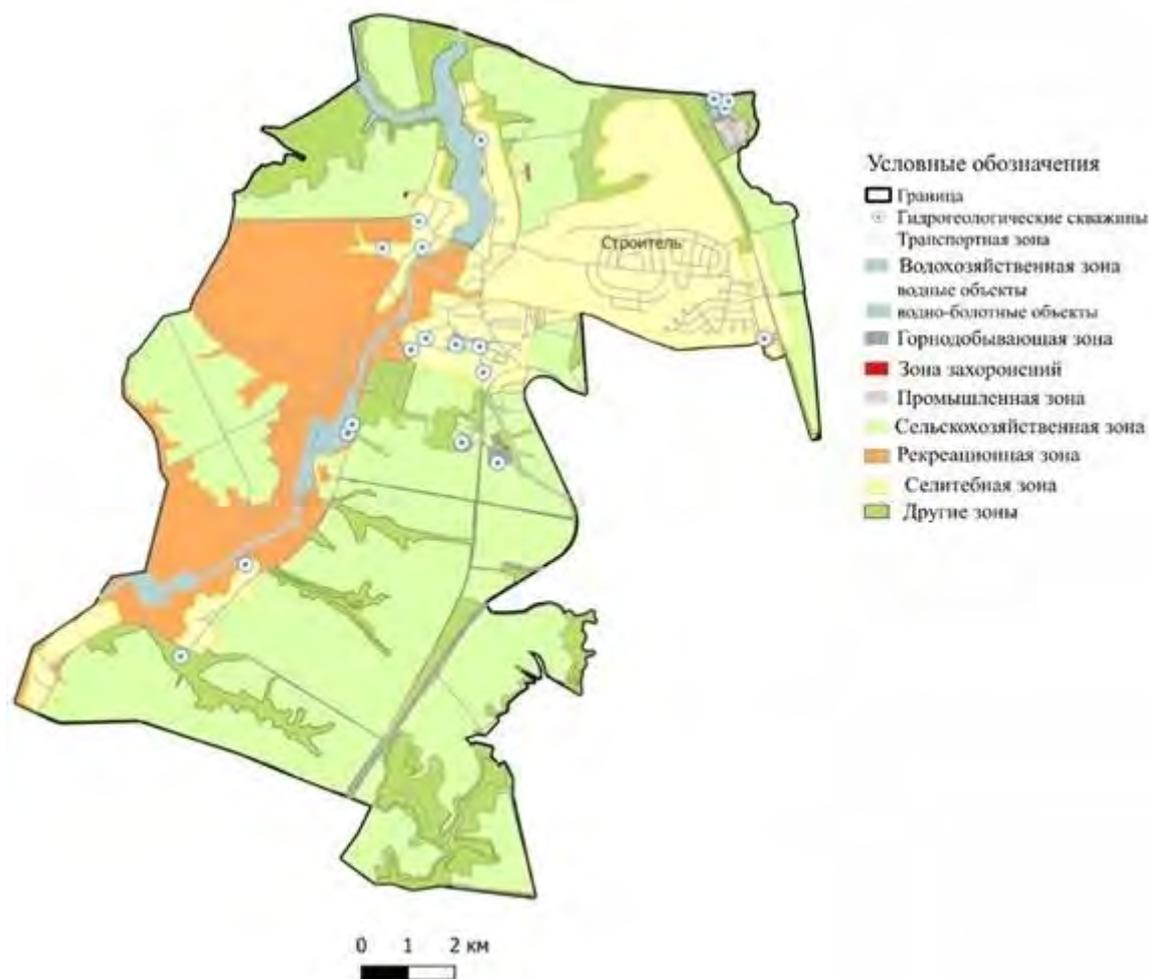


Рис. 1. Карта функциональных зон Быковского сельского поселения на 2023 год  
Fig. 1. Map of functional zones of Bykovsky rural settlement for 2023

#### *Сельскохозяйственные зоны.*

Сельскохозяйственные зоны занимают основную часть Быковского сельского поселения и располагаются повсеместно. Доля данной функциональной зоны в сельском поселении составляет 44 %. Их основная функция заключается в обеспечении продовольственной безопасности региона производством сельскохозяйственной продукции высокого качества. В этих зонах располагаются луга, теплицы, пастбища, сельскохозяйственные дворы, фермы, садоводческие товарищества, где выращивается широкий спектр культур. Развитие сельскохозяйственных зон крайне важно для Быковского сельского поселения, так как оно обеспечивает экономическое благополучие района, снабжает рабочими местами и обеспечивает высококачественной сельскохозяйственной продукцией.

#### *Рекреационные зоны.*

Эта функциональная зона занимает 16 % территории и находится на западе сельского поселения. Рекреационная зона довольно развита, здесь находятся пляжи, стадионы, скверы. Есть зона особо охраняемой территории Государственного заказника «Триречье», организованная в целях сохранения, воспроизводства и повышения численности зайца-русака, европейской косули и благородного оленя. На территории заказника произрастает большое количество лекарственных и занесенных в Красную книгу растений, таких как пион тонколистный, адонис весенний, шалфей лекарственный [Государственные природные заказники ..., 2024]. Ранее было показано [Лопина и др. 2012], что при картографировании экологического каркаса региона использование функционального зонирования территории, позволяет определить место особо охраняемых природных территорий в структуре муниципальных образо-

ваний. Развитие инфраструктуры рекреационных зон способствует улучшению качества жизни местного населения, а также привлечению туристов из других регионов, совершенствованию туристической отрасли и созданию новых рабочих мест.

*Водохозяйственная зона.*

Эта зона включает в себя все водные объекты, а среди них Ворскла – главная река Быковского сельского поселения. Кроме того, это водно-болотные объекты, ручьи, гидро-геологические скважины и дренажные каналы.

*Транспортные зоны.*

На этих территориях находится транспортная инфраструктура, включающая в себя дороги федерального назначения, железные дороги, дорожную сеть. Основное предназначение транспортных зон – обеспечение транспортной доступности и связь между различными частями территории. В Быковском сельском поселении находятся автомобильные дороги, которые соединяют населенные пункты и промышленные зоны, а также железнодорожные станции, обеспечивающие железнодорожное сообщение с другими регионами.

*Другие зоны.*

К «другим зонам» отнесены неиспользуемые территории, растительный покров на таких участках в основном представлен кустарниками и травами [Морозова и др., 2017].

На основе сопоставления площадей можно сделать вывод, что большую часть Быковского сельского поселения занимает сельскохозяйственная зона (44 %), а также селитебная (19 %) и рекреационная (16 %) (рис. 2).

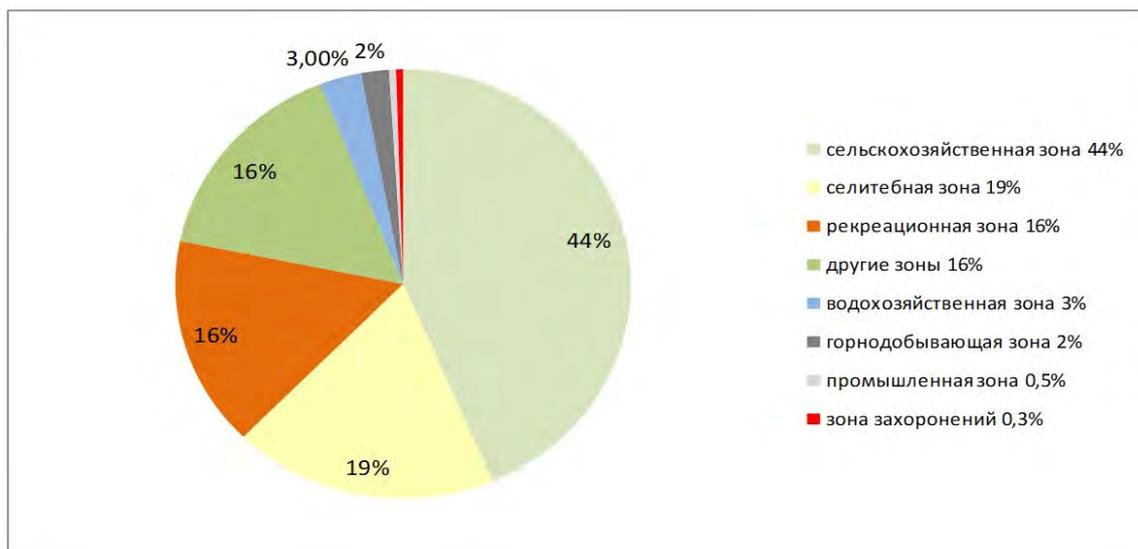


Рис. 2. Диаграмма процентного соотношения функциональных зон Быковского сельского поселения на 2023 год

Fig. 2. Percentage chart of functional zones of Bykovsky rural settlement for 2023

Для наиболее представительных типов геоэкологических систем было выполнено определение их изменения за последние 30 лет, т. к. именно в эти годы отмечался активный рост сельских поселений, что приводило к изменению агроландшафтов и структуры функциональных зон. При оценке трансформации функциональной структуры выбрано четыре временных среза через десятилетний интервал (1993, 2003, 2013, 2023 гг.). В ходе обработки используемых данных были выделены функциональные зоны, соотношенные с геоэкологическими системами. Выделено три основных типа геоэкологических систем [Косинова и др., 2009].

Зоны сельскохозяйственного использования. Они относятся к геоэкологической системе сельскохозяйственного типа. Агротехнический класс геоэкологической системы характеризуется своим собственным набором изменений литосферы. Среди них



особую роль играет деградация почв, формирующаяся в результате сельскохозяйственной деятельности. Наблюдается процесс общего снижения содержания органического вещества и плодородия почв в целом. Прежде используемые индустриальные агротехнологии приводили к загрязнению почв и развитию неблагоприятных геодинамических процессов, таких как поверхностная и линейная эрозия, суффозия, а также техногенное пыление почв. Помимо деградированных почв, агротехнические геоэкологические системы включают в себя и почвы с восстановленным плодородием. Экологическая роль данного класса геоэкологической системы проявляется в преобладании агроценозов и агробиогеноценозов. Первые представляют собой искусственные экосистемы, поддерживаемые с помощью агротехнологий, таких как обработка почв, внесение удобрений и средств защиты растений. Агроценозы являются результатом деятельности крупных сельскохозяйственных предприятий. Агробиогеноценозы в данном случае представляют собой неустойчивые экосистемы с искусственно обедненными видами природных биотических сообществ.

Лесотехнический класс геоэкологической системы играет ключевую роль в существовании биосферы. В процессе фотосинтеза зеленые растения вырабатывают органические вещества и выделяют кислород в атмосферу. Одним из основных негативных факторов является вырубка лесов. Процесс лесовоспроизводства представляет собой замену отмирающей лесной растительности новым лесом. Лесовозобновление может включать создание новых лесных массивов или посадку лесных полос разного назначения. Эффективная схема лесовозобновления способна предотвратить различные процессы, такие как эрозия почв и оползни. Фитосфера способствует созданию благоприятного экологического баланса.

Зоны заболоченных территорий приурочены к долине реки Ворсклы и повторяют конфигурацию речного русла, протягиваясь с севера на юг при общем расстоянии около 13 км. Водные объекты, выделенные в результате обработки данных, отнесены к водохозяйственному классу геоэкологической системы. Характеризуется данный класс строительством и эксплуатацией водозаборных и дренажных сооружений. В зависимости от их размеров формируются депрессионные воронки радиусом от нескольких метров до десятков километров. В результате происходит отработка, а иногда и необратимая деградация водоносных горизонтов. Эксплуатация водозаборных скважин также способствует увеличению скорости перемещения растворенных веществ. Часто это приводит к существенному увеличению гидрохимических и гидрогеохимических аномалий. В пределах самой депрессионной воронки образуется зона высушенных почв и грунтов, что отрицательно сказывается на корнях растений, особенно древесных. Геоэкологические системы водохозяйственного типа также формируются при строительстве искусственных водоемов, создании оросительных систем и техногенных водотоков. На территории Быковского сельского поселения находится 44 гидрогеологические скважины.

Анализ данных таблицы показывает, что в 1993 году большую часть территории занимала геоэкологическая система сельскохозяйственного типа. К 2003 году стала увеличиваться площадь заболоченных территорий, относящихся к водохозяйственному типу, наряду с этим отмечался рост площадей переувлажненных земель. Данные изменения, говорят о том, что на данных участках протекают неблагоприятные геоэкологические процессы. Подтопление может быть связано с увеличением количества осадков, при избыточном увлажнении происходит заболачивание территории из-за плохой водопроницаемости приповерхностных отложений. Площадь лесохозяйственного типа геоэкологической системы увеличилась к 2023 году, теперь она занимает территории, которые в 2003 году относились к влажным почвам.

Площади земель Быковского сельского поселения по данным визуально-интерактивного дешифрирования за 1993, 2003, 2013, 2023 гг.  
The land area of the Bykovsky rural settlement according to the data of visual interactive decryption for 1993, 2003, 2013, 2023.

Наименование землепокрытий	2023 год		2013 год		2003 год		1993 год	
	площадь, км <sup>2</sup>	%	площадь, км <sup>2</sup>	%	площадь, км <sup>2</sup>	%	площадь, км <sup>2</sup>	%
Влажные почвы	6,7	10	4,2	7	15,5	24	4,9	8
Сухие почвы	6,6	10	13,6	22	13,7	21,5	22,0	35
Лесопокрытые площади	14,6	23	6,8	11	9,3	14,5	4,6	7
Акватории	1,1	2	1,2	2	1,0	1,5	1,0	1,5
Зоны с.-х. использования	35,1	55	33,4	53	16,5	26	23,7	38
Заболоченные территории	–	–	3,9	6	8	12,5	6,7	10,5

К 2013 году отмечается увеличение доли геоэкологической системы сельскохозяйственного типа, а также уменьшение количества заболоченных территорий и влажных почв. На территориях незадействованных влажных и сухих почв теперь сформированы сельскохозяйственные угодья.

В 2023 году преобладающим типом на всей территории Быковского сельского поселения остается геоэкологическая система сельскохозяйственного типа. Количество заболоченных территорий из-за зарастания сократилось до минимума. Выявлено, что за последние 30 лет в рамках геоэкологических систем происходит плавное преобразование функциональных зон поселения. Особенности этого процесса за 30 лет наблюдений отражены на рис. 3.



Рис. 3. Трансформация функциональных зон Быковского сельского поселения в период 1993–2023 гг.

Fig. 3. Transformation of functional zones of Bykovsky rural settlement in the period 1993–2023



Зона лесотехнического типа с 2013 года значительно увеличилась, что может быть связано с возобновлением леса путем создания новых лесных массивов и лесных полос.

Уменьшение зоны водохозяйственного типа, по-видимому, связано с осушением под влиянием лесных массивов и расширения использования земель под сельскохозяйственные угодья.

Значительно увеличилась зона сельскохозяйственного типа. Данные изменения связаны с увеличением спроса на сельскохозяйственную продукцию, что способствовало более активному вовлечению земель в хозяйственный оборот.

### **Заключение**

Проведенные геоэкологические исследования по выявлению динамики трансформации функциональных зон территории Быковского сельского поселения Яковлевского района Белгородской области позволили сделать следующие выводы.

На исследуемой территории выделены и рассмотрены такие типы геоэкологических систем, как:

- сельскохозяйственный (с.-х. угодья, инфраструктура АПК);
- водохозяйственный (реки, ручьи, водно-болотные объекты, гидрогеологические скважины);
- селитебный (жилая застройка, общественные центры (административные, медицинские, спортивные и др.), улицы и площади, зоны зеленых насаждений общего пользования);
- лесной (природные леса; леса, возобновленные путем создания новых лесных массивов; высадки лесных полос);
- промышленный (промышленные предприятия).

Для наиболее представительных типов геоэкологических систем проведено исследование их динамики на основе визуально-интерактивного метода обработки материалов дистанционного зондирования Земли за период с 1993 по 2023 год. При оценке трансформации функциональной структуры выбрано 4 временных среза через десятилетний интервал (1993, 2003, 2013, 2023 гг.).

Выявлено увеличение площади геоэкологических систем сельскохозяйственного и лесотехнического типа при уменьшении площади водохозяйственного типа. Подобные изменения связаны с увеличением аграрных потребностей региона, что способствует увеличению площади сельскохозяйственных территорий. Увеличение такого типа геоэкологических систем, как лесохозяйственные, связано с высадкой лесных полос и созданием новых лесных массивов. Уменьшение геоэкологической системы водохозяйственного типа связано с искусственным осушением территорий для дальнейшего использования их в сельском хозяйстве.

Закономерности трансформации геоэкологических систем под влиянием изменяющихся условий природной среды проявляются в перестройке территориальной организации природно-хозяйственных систем даже за короткие промежутки времени, что удается объективно детектировать путем обработки разновременных данных дистанционного зондирования Земли.

### **Список источников**

Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области». 2005. Под ред. Ф.Н. Лисецкого, В.А. Пересадько, С.В. Лукина, А.Н. Петина. Белгород, Белгородский государственный университет, 180 с.

- Всероссийская перепись населения 2020–2021 годов. Электронный ресурс. URL: [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Всероссийская\\_перепись\\_населения\\_\(2020–2021\)](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Всероссийская_перепись_населения_(2020–2021)) (дата обращения 20.05.2024).
- Голеусов П.В., Гусев А.В., Дегтярь А.В., Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В., Петин А.Н., Петина В.И., Удянская Е.А., Чендев Ю.Г., Юдина Ю.В. 2003. География Белгородской области. М., Издательство МГУ, 64 с.
- Государственные природные заказники – Яковлевский район. Электронный ресурс. URL: <https://beluprles.ru/dokumenty/interaktivnye-karty-oopt/gosudarstvennye-prirodnye-zakazniki-borisovskij/> (дата обращения 01.04.2024).
- Градостроительный кодекс Российской Федерации: от 29.12.2004 (ред. от 31.12.2017) № 190-ФЗ. Электронный ресурс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/?ysclid=iz1aqn4ny952678951](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/?ysclid=iz1aqn4ny952678951) (дата обращения 01.04.2024).
- Груздев В.М. 2014. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории. Нижний Новгород, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 147 с.
- Картавцева Е.Н. 2021. Графическая обработка результатов полевых измерений с использованием САПР и ГИС-технологий. Томск, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 140 с.
- Мананков А.В. 2019. Урбанизация территорий и пределы техносферы. Томск, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 165 с.
- МУ 2.1.7.730-99. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. 1999. Москва, ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 19 с.
- Официальный сайт органов местного самоуправления Яковлевского городского округа. Электронный ресурс. URL: <https://yakov-go.ru/o-rajone/istoricheskaya-spravka/> (дата обращения 22.02.2024).
- Сельское хозяйство Белгородской области. Электронный ресурс. URL: <https://specagro.ru/news/202104/selskoe-khozyaystvo-belgorodskoy-oblasti/> (дата обращения 24.02.2024).
- Силкин К.Ю., Валяльщикова А.А., Курьшев А.А. 2017. Дистанционное зондирование Земли при геоэкологических исследованиях. Воронеж, Воронежский государственный университет, 64 с.

### Список литературы

- Авраменко П.М., Акулов П.Г., Атанов Ю.Г., Белоусова А.И., Вакуленко А.Г., Верютина О.С., Волынкин Ю.А., Гайворонская Н.И., Григорьев Т.Н., Дегтярь А.В., Дунаев В.А., Евдокимов В.И., Колмыков С.Н., Колчанов А.Ф., Конорева А.А., Корнилов А.Г., Красавин Н.М., Куприенко И.В., Лазебная Г.В., Лебедева М.Г., Лукин С.В., Мартыненко С.Н., Марциневская Л.В., Меленцова С.В., Пашков В.С., Петин А.Н., Петина В.И., Полякова Т.А., Присный А.В., Присный Ю.А., Селзнева Н.В., Сиротин А.А., Снегин Э.А., Соловиченко В.А., Соловьев А.Б., Степина С.Г., Таволжанская А.М., Терентьев М.В., Чендев Ю.Г., Чугунова Н.В., Шаповалов А.С., Шевченко В.П. 2007. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области. Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 556 с.
- Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. 2009. Кластерный анализ и классификация с обучением многоспектральных данных дистанционного зондирования Земли. Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии, 2(1): 23–31.
- Бударина В.А., Умывакин В.М. 2016. Методологические аспекты интегральной оценки эколого-геологического риска эрозионной деградации речных водосборов. Геориск, 1: 30–35.
- Бударина В.А., Косинова И.И., Лисецкий Ф.Н. 2022. Преобразование эколого-ресурсной и эколого-геохимической функций литосферы в пределах Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района КМА. Горный журнал, 11: 57–62.
- Бударина В.А., Игнатенко И.М., Косинова И.И. 2023. Особенности загрязнения почв и грунтов сельских поселений центральной части Белгородской области тяжелыми металлами.



- Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 4: 113–121. <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113-121>
- Гаева И.В. 2010. Влияние функций сельских населенных пунктов на развитие сельской местности (Еврейская автономная область). Вестник Бурятского государственного университета. Биология, География, 4: 20–25.
- Завгородняя Л.И. 2018. Воздействие человека на окружающую среду в Белгородской области. В кн.: Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Материалы XXII международной научно-производственной конференции, Майский, 28–29 мая 2018. Белгород, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ: 3–4.
- Зарубин О.А., Кирюшин А.В., Агеева А.Р., Рычкова О.В. 2023. Каркасный подход в функциональном геоэкологическом зонировании метагеосистем культурного ландшафта региона. Московский экономический журнал, 8(8). [https://doi.org/10.55186/2413046X\\_2023\\_8\\_8\\_409](https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_8_409).
- Королева И.С. 2018. Функциональная модель рекреационной оценки сельской местности. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42(4): 587–598. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2018-42-4-587-598>.
- Косинова И.И., Барабошкина Т.А., Косинов А.Е., Ильяш В.В. 2009. Экологическая геология Курской магнитной аномалии (КМА). Воронеж: Воронежский государственный университет, 216 с.
- Костина Д.С. 2022. Цели и задачи функционального зонирования территории города. Studnet, 5(6): 44.
- Лептюхова О.Ю., Сергеева И.А. 2024. Функциональное зонирование: вчера и сегодня. Экология урбанизированных территорий, 1: 82–92. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2024-1-82-92>.
- Лопина Е.М., Стаценко Е.А., Корнилов А.Г., Тохтарь В.К. 2012. Геоэкологическое обоснование функционального зонирования территории ботанического сада НИУ «БелГУ». Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 21(140): 174–178.
- Морозова Д.Е., Дроздова Е.А., Курганская К.А. 2017. Изучение лесопокрываемых территорий с использованием данных дистанционного зондирования (на примере Белгородской области). В кн.: теория и практика современных географических исследований. Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Теория и практика современных географических исследований», Санкт-Петербург, 07–09 апреля 2017. Санкт-Петербург, Свое издательство: 572–576.
- Jalkanen J., Toivonen T., Moilanen A. 2020. Identification of Ecological Networks for land-use planning with spatial conservation prioritization. Landscape Ecology, 35: 353–371. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00950-4>
- Kukkala A.S., Moilanen A. 2017. Ecosystem services and connectivity in spatial conservation prioritization. Landscape Ecology, 32: 5–14. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0446-y>

## References

- Avramenko P.M., Akulov P.G., Atanov Yu.G., Belousova A.I., Vakulenko A.G., Veryutina O.S., Volynkin Yu.A., Gayvoronskaya N.I., Grigoryev T.N., Degtyar A.V., Dunayev V.A., Evdokimov V.I., Kolmykov S.N., Kolchanov A.F., Konoreva A.A., Kornilov A.G., Krasavin N.M., Kupriyenko I.V., Lazebnaya G.V., Lebedeva M.G., Lukin S.V., Martynenko S.N., Martsinevskaya L.V., Melentsova S.V., Pashkov V.S., Petin A.N., Petina V.I., Polyakova T.A., Prisnyy A.V., Prisnyy Yu.A., Selezneva N.V., Sirotin A.A., Snegin E.A., Solovichenko V.A., Solovyev A.B., Stepina S.G., Tavolzanskaya A.M., Terentyev M.V., Chendev Yu.G., Chugunova N.V., Shapovalov A.S., Shevchenko V.P. 2007. Prirodnye resursy i okruzhayushchaya sreda Belgorodskoy oblasti [Natural Resources and Environment of the Belgorod Region]. Belgorod, Publ. Belgorodskiy gosudarstvennyy natsionalnyy issledovatel'skiy universitet, 556 p.
- Asmus V.V., Buchnev A.A., Pyatkin V.P. 2009. The Cluster Analysis and Classification with Training of Multispectral Data of Earth Remote Sensing. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2(1): 23–31 (in Russian).
- Budarina V.A., Umyvakin V.M. 2016. Methodological Aspects of Integrated Assessment of the Ecological-Geological Risk of Erosion Degradation of River Basins. Georisk, 1: 30–35 (in Russian).



- Budarina V.A., Kosinova I.I., Lisetskii F.N. 2022. Transformation of Ecological-Resource and Ecological-Geochemical Functions of the Lithosphere within the Starooskolsko-Gubkinsky Mining District of the KMA. *Gornyi Zhurnal*, 11: 57–62 (in Russian).
- Budarina V.A., Ignatenko I.M., Kosinova I.I. 2023. Features of Soil Contamination of Rural Settlements in the Central Part of the Belgorod Region with Heavy Metals. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 4: 113–121 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113-121>
- Gaeva I.V. 2010. The Influence of Functions of the Rural Settlements on the Development of Rural Area (Jewish Autonomous Region). *Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography*, 4: 20–25 (in Russian).
- Zavgorodnyaya L.I. 2018. Vozdeystvie cheloveka na okruzhayushchuyu sredu v Belgorodskoy oblasti [Human Impact on the Environment in the Belgorod Region]. In: *Organicheskoe sel'skoe khozyaystvo: problemy i perspektivy* [Organic Agriculture: Problems and Prospects]. Proceedings of the XXII international scientific and production conference, Maisky, 28–29 May 2018. Belgorod, Publ. FGBOU VO Belgorod SAU: 3–4.
- Zarubin O.A., Kiryushin A.V., Ageeva A.R., Rychkova O.V. 2023. Framework Approach in Functional Geoecological Zoning of Metageosystems in the Cultural Landscape of the Region. *Moscow economic journal*, 8 (8) (in Russian). [https://doi.org/10.55186/2413046X\\_2023\\_8\\_8\\_409](https://doi.org/10.55186/2413046X_2023_8_8_409).
- Koroleva I.S. 2018. Functional Model of the Recreation Assessment Countryside. *Belgorod state university scientific bulletin. Natural sciences series*, 42(4): 587–598 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2018-42-4-587-598>.
- Kosinova I.I., Baraboshkina T.A., Kosinov A.E., Iliash V.V. 2009. *Ekologicheskaya geologiya Kurskoy magnitnoy anomalii (KMA)* [Ecological Geology of the Kursk Magnetic Anomaly (KMA)]. Voronezh, Publ. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 216 p.
- Kostina D.S. 2022. Goals and Objectives of Functional Zoning of the City Territory. *Studnet*, 5(6): 44 (in Russian).
- Leptyukhova O.Y., Sergeeva I.A. 2024. Functional Zoning: Yesterday and Today. *Ecology of urban areas*, 1: 82–92 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2024-1-82-92>
- Lopina E.M., Statsenko E.A., Kornilov A.G., Tokhtar V.K. 2012. Geoecological Study of the Belgorod National Research University Botanical Garden Functional Zoning. *Belgorod state university scientific bulletin. Natural sciences series*, 21(140): 174–178 (in Russian).
- Morozova D.E., Drozdova E.A., Kurganskaya K.A. 2017. Study of Forested Areas Using Remote Sensing Data (on the Example of the Belgorod Region). In: *Theory and Practice of Modern Geographical Research. International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Theory and practice of modern geographical research"*, St. Petersburg, 7–9 April 2017. St. Petersburg, Publ. Svoye izdatelstvo: 572–576 (in Russian).
- Jalkanen J., Toivonen T., Moilanen A. 2020. Identification of Ecological Networks for land-use planning with spatial conservation prioritization. *Landscape Ecology*, 35: 353–371. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00950-4>
- Kukkala A.S., Moilanen A. 2017. Ecosystem services and connectivity in spatial conservation prioritization. *Landscape Ecology*, 32: 5–14. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0446-y>

*Поступила в редакцию 15.07.2024;  
поступила после рецензирования 11.08.2024;  
принята к публикации 20.08.2024*

*Received July 15, 2024;  
Revised August 11, 2024;  
Accepted August 20, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бударина Виктория Александровна**, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологической геологии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Victoria A. Budarina**, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Geology of Voronezh State University, Voronezh, Russia



**Лицецкий Федор Николаевич**, доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

**Fedor N. Lisetskii**, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Nature Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Косинова Ирина Ивановна**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой экологической геологии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Irina I. Kosinova**, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the Department of Ecological Geology of Voronezh State University, Voronezh, Russia

**Курьшев Александр Александрович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологической геологии, Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

**Alexander A. Kuryshhev**, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Geology of Voronezh State University, Voronezh, Russia



УДК 911.8:631.434.1

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

## Геозэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели

<sup>1</sup>Новых Л.Л., <sup>2</sup>Елисеева Н.В., <sup>3</sup>Слюсаренко Э.Е.

<sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

<sup>2</sup>Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ,  
Россия, 350016, Краснодар, ул. Зиповская, 5

<sup>3</sup>Филиал Адыгейского государственного университета,  
Россия, 352635, Краснодарский край, г. Белореченск, ул. 8 Марта, 57/1  
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

**Аннотация.** Рассмотрены перспективы осуществления геозэкологической оценки почв сельскохозяйственных территорий. Сформулированы основные геозэкологические проблемы для территорий с развитым сельским хозяйством, предложен комплекс оценочных критериев и показателей для осуществления оценки. Показана необходимость учета качества структуры почв для определения ее деградации. В почвах Белгородской области и Краснодарского края определены особенности структуры; показано, что содержание агрономически ценных фракций и водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм может служить основой для проведения геозэкологической оценки по определению уровня деградации физического состояния почвы. Различия в оценках деградации водостойчивости структуры связаны с развитием процесса оглеения.

**Ключевые слова:** геозэкологическая оценка, оценочные показатели, Белгородская область, Краснодарский край, слитые почвы, структура почвы, оглеение

**Для цитирования:** Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. 2024. Геозэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы, 48(3): 441–452. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

---

## Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators

<sup>1</sup>Larisa L. Novykh, <sup>2</sup>Natalya V. Eliseeva, <sup>3</sup>Elvira E. Slyusarenko

<sup>1</sup>Belgorod State National Research University,  
85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

<sup>2</sup>Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSIT,  
5 Zipovskaya St., Krasnodar 350016, Russia

<sup>3</sup>Branch of Adygea State University,  
57/1 8 Marta St., Belorechensk, Krasnodar Territory, 352635, Russia  
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

**Abstract.** The aim of the study was comprehensive: on the one hand, – consideration of the features of the geo-ecological assessment of soils used in agricultural production and the main approaches to the methodology for such assessment; on the other hand, – defining indicators of the structural and aggregate composition of the soil and water resistance of the structure, which can be used as indicators of the degree of physical degradation of soils. As a result, we considered the perspectives for the implementation of the geo-ecological assessment of soils in agricultural areas. The main geo-ecological problems for territories



with developed agriculture were formulated, a set of assessment criteria and indicators was proposed. The need of taking into account the quality of soil structure to determine its degradation was shown. Various soils have been studied in the Belgorod region (typical virgin and arable chernozems and meadow-chernozemic soils), as well as merged soils of the Krasnodar Territory (gray forest soils, chernozems, rice soils), and the features of their structure have been determined. It has been shown that the content of agronomically valuable fractions and water-resistant aggregates larger than 0.25 mm can serve as the basis for a geo-ecological assessment to determine the level of degradation of the physical state of the soil. Differences in the estimates of the water resistance degradation of the structure are associated with the development of the gluing process.

**Keywords:** geo-ecological assessment, estimated indicators, Belgorod region, Krasnodar Territory, merged soils, soil structure, gluing

**For citation:** Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E. 2024. Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators. Regional Geosystems, 48(3): 441–452 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452

---

## Введение

Одним из актуальных направлений исследований природных комплексов и их компонентов является оценка состояния для выделения антропогенной составляющей и определения последствий изменений на фоне природных процессов. В связи с этим растет внимание к геоэкологической оценке отдельных компонентов природной среды, в том числе почв [Пашков, Закирина, 2019; Зеленская, Маринина, 2021; Bayrakov, 2022]. Из-за продолжающегося формирования геоэкологической науки ряд аспектов ее содержания уточняется и развивается. В связи с этим не все авторы разделяют точку зрения о необходимости геоэкологической оценки отдельных компонентов. Так, по мнению [Белозерский, Дмитриев, 2007, с. 20], «...геоэкология не сводима к исследованию какой-либо одной из геоболочек планеты».

Разработка понятия геоэкологической оценки представлена в работе [Дмитриев и др., 2016]. Такая оценка включает геоэкологическую регламентацию и геоэкологическое нормирование.

Почва, вследствие ее важной роли в поддержании устойчивости биосферы и обеспечении населения продовольствием, постоянно привлекает внимание ученых, проводящих оценку. Этому посвящены и статьи [Дубровина, 2018; Ильинская, 2019; Онищенко и др., 2021], и объемные монографии [Богатырев и др., 2017]. По нашему мнению, геоэкологическая оценка элементов педосферы возможна, т. к. она включает не только изучение почв, но и исследование фрагментов других геоболочек планеты (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы), а также антропогенного пресса на почвы той или иной территории. В то же время требуют уточнения вопросы соотношения хорошо разработанной и активно используемой агроэкологической оценки почв с обсуждаемой геоэкологической, а также отбор параметров для проведения такой оценки.

Геоэкологическая оценка почв проводится достаточно давно, но до недавнего времени, а зачастую и сейчас, она называется экологической, что вполне объяснимо, исходя из временных рамок развития геоэкологии: термины «экологическое состояние», «экологическая оценка» употреблялись значительно раньше, в то время как геоэкология окончательно сформировалась внутри географии в начале 1990-х годов [Белозерский, Дмитриев, 2007]. В работах [Яковлев и др., 2009; Терехова и др., 2014] рассматриваются элементы геоэкологической оценки, хотя исследования заявлены как экологическая оценка почв.

«Исторически люди привыкли характеризовать свое воздействие на окружающую природу как загрязнение последней» [Белозерский, Дмитриев, 2007, с. 20]. В связи с такой

«привычкой» геоэкологическая оценка почв прежде всего стала развиваться там, где наблюдается интенсивное загрязнение, т. е. в районах воздействия промышленности, транспорта, городов [Басова и др., 2010; Sukiasyan, Kirakosyan, 2020; Novikova, 2023]. При этом результаты исследований сами авторы справедливо называют эколого-геохимической оценкой [Серета и др., 2018].

Цель исследования включала рассмотрение особенностей геоэкологической оценки почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, и основных подходов к методике такой оценки, а также определение показателей структурно-агрегатного состава почвы и водоустойчивости структуры, которые могут быть использованы в качестве индикаторов физической деградации почв.

#### Объекты и методы исследования

В основу геоэкологической оценки почв нами были положены принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния территорий, разработанные И.С. Копыловым [2011]. На современном этапе основной задачей является определение оценочных показателей и разработка шкал оценок.

Объектами изучения послужили некоторые почвы двух регионов России (Краснодарского края и Белгородской области), местоположение которых на территории России показано на рис. 1. Общими особенностями регионов является повышенная антропогенная нагрузка, связанная с сельскохозяйственным производством: земли сельскохозяйственного назначения занимают в Белгородской области более 70 % территории, а в Краснодарском крае – около 62 %.



Рис. 1. Регионы России, где проводились исследования [Novykh et al, 2022]  
Fig. 1. Regions of Russia where studies were conducted [Novykh et al, 2022]

Выбор разнообразных почв для исследования обусловлен необходимостью характеристики почв с разным уровнем оценки. В Белгородской области изучены целинный и пахотный варианты чернозема типичного и лугово-черноземной почвы. Целинный вариант чернозема исследован на территории заповедного участка «Ямская степь», остальные объекты – на территории Белгородского района.

В Краснодарском крае изучение почв проводилось на территории Белореченского района (изучены серые лесные глеевые почвы и слитые черноземы) и на участке рисовой оросительной системы (пос. Белозерный в Прикубанском внутригородском округе города Краснодара). Здесь исследовались так называемые рисовые почвы. Термин не входит в официальную классификацию почв Краснодарского края, но кубанские почвоведы широ-



ко используют такое название, что обусловлено значительной трансформацией всех свойств почв вследствие конвергенции под влиянием периодического затопления, т. е. при длительном использовании под посевы риса исходные разные почвы приобретают общие черты.

Характеристика некоторых изученных участков представлена в работах [Novykh et al., 2021; 2022]. Определение структурно-агрегатного состава почв и водоустойчивости структуры проводилось по методике Н.И. Саввинова. Определены содержание глыб (агрегаты размером более 10 мм), пыли (агрегаты размером менее 0,25 мм), агрономически ценных фракций (АЦФ, агрегаты размером от 0,25 до 10 мм). По их значениям рассчитывали коэффициент структурности. При анализе водоустойчивости определяли содержание водопрочных агрегатов размером  $> 0,25$  мм и коэффициент водоустойчивости.

Анализ публикаций показывает, что критерии разделения фракций по размерам у разных авторов различаются. Так в работе [Лисецкий, Зеленская, 2022] авторы, вслед за И.Б. Ревутом, относят к фракции глыб агрегаты размером более 7 мм, тогда агрономически ценной фракцией являются агрегаты размером от 7 до 0,25 мм, что повлияет на оценку структуры. Нами использованы традиционные представления о размерах глыбистой фракции более 10 мм, т. к. такие значения встречаются в литературе чаще и представлены в предлагаемых оценочных шкалах [Теории и методы..., 2007].

Параметры для оценки полученных результатов представлены в работах [Novykh et al., 2021, 2022].

Статистическая обработка результатов включала проведение кластерного анализа методом ближайшего соседа с одиночной связью; в качестве меры близости было выбрано евклидово расстояние. Анализ проводили в программе *Statistica 10.0*.

### Результаты и их обсуждение

Анализ ситуации при разном типе использования территории показывает, что на участках промышленного освоения или городской застройки основными педоэкологическими проблемами являются загрязнение почв или прямое уничтожение почвенного покрова. С этим связано направление геоэкологической оценки таких территорий. На участках сельскохозяйственного использования выделяются иные геоэкологические проблемы:

- снижения плодородия почвы, вследствие длительной эксплуатации территории;
- деградации физического и химического состояния почвы вследствие эрозии или обработки почвы, что обусловлено господством склонового типа рельефа в Белгородской области, распространением некоторых изучаемых почв в предгорных районах Краснодарского края и длительным сельскохозяйственным использованием;
- загрязнения почв веществами, поступающими с удобрениями и мелиорантами.

Для характеристики выделенных проблем комплекс оценочных критериев и показателей должен включать следующие группы:

- 1) основные агрохимические показатели для оценки плодородия почвы;
- 2) показатели физического состояния почвы для оценки его деградации;
- 3) содержание микроэлементов-загрязнителей (тяжелых металлов) и иных веществ (остаточных количеств пестицидов), загрязняющих почву.

Выделение основных агрохимических показателей казалось простым вопросом, т. к. в регионах утверждены законы «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения» [Об обеспечении..., 2005; Об обеспечении..., 2020]. Мы полагали, что в этих законах даны перечни основных показателей плодородия почв, которые должны быть близки, т. к. в обоих регионах господствующим типом почв являются черноземы. Но оказалось, что в Белгородской области к показателям плодородия почв, в соответствии с указанными законами, относят 5 параметров (содержание органического вещества в пахотном горизонте, кислотность в кислых почвах, щелочность в щелочных почвах, содер-

жание подвижного фосфора, содержание обменного калия), а в Краснодарском крае число таких показателей возрастает до 11, т. к. к названным выше добавляются: содержание подвижной серы, микроэлементов, остаточного количества пестицидов, тяжелых металлов, нитрификационная способность почв, показатели радиологической безопасности.

Таким образом, перечень показателей плодородия почв в Законе Краснодарского края шире. В то же время в обоих документах плодородие почв оценивается только по их химическим свойствам, физические свойства почв и их влияние на плодородие игнорируются. С этим нельзя согласиться, т. к. «плодородие почвы – это способность почвы удовлетворять потребность конкретных растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы воздухом и теплом» [Вальков и др., 2002, с. 539], т. е. без оптимальных физических свойств поддержание плодородия почв невозможно, т. к. благоприятный водный и воздушный режимы почвы обеспечивает ее структура.

Поэтому при геоэкологической оценке почв необходимо рассмотрение ее важнейших физических свойств, позволяющих судить о физической деградации почв. Однако встает вопрос о выборе показателей. Этот вопрос до сих пор не решен в рамках агроэкологической оценки почв, т. к. разными авторами предлагается широкий спектр агрофизических показателей, включающих гранулометрический состав, объемную массу, коэффициент структурности, количество водопрочных агрегатов, твердость и др. На основании опыта изучения агрофизических свойств почв в исследуемых регионах считаем, что наглядными параметрами, отражающими физическое состояние почвы, является ее структурно-агрегатный состав и водоустойчивость структуры.

Для характеристики разнообразия структуры ниже представлены дендрограммы распределения исследуемых почв по некоторым показателям. На рис. 2 показано распределение изученных почв по результатам «сухого» просеивания почвы: содержанию глыб, пыли и АЦФ. Буквы Б и К показывают регион, к которому относится данная почва. Название типа почвы, угодья, где она развита, а также генетического горизонта представлено ниже (см. табл. 2).

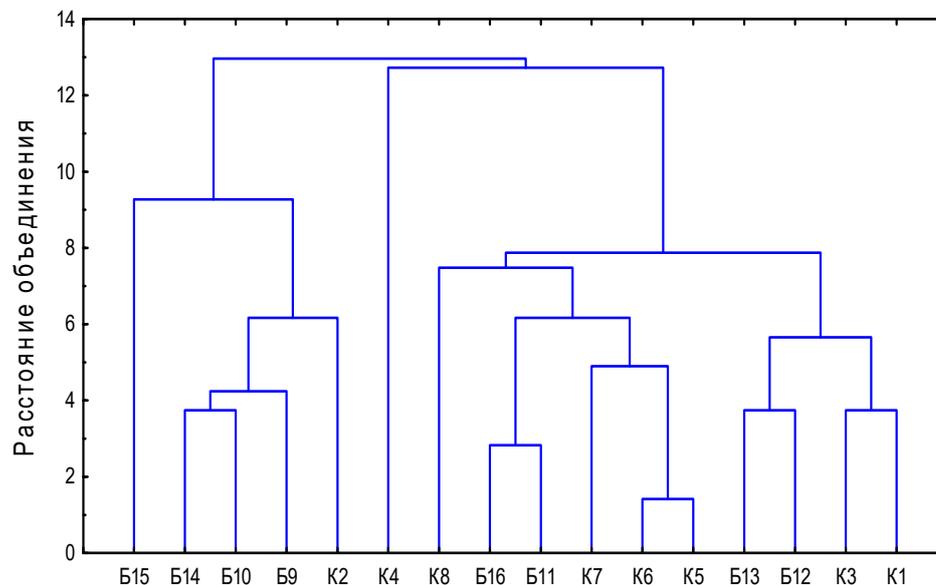


Рис. 2. Дендрограмма распределения изученных почв по особенностям структурно-агрегатного состава

Fig. 2. Dendrogram of the distribution of the studied soils according to the features of the structural and aggregate composition

Очевидно, нет четкого разделения почв регионов по анализируемому показателю. На высшем уровне выделяется 2 кластера, один из которых включает 5 объектов, а вто-

рой – 11. В первом господствуют почвы Белгородской области (80 %), во втором преобладают почвы Краснодарского края (64 %). Выделяются 3 объекта, особенности структуры которых мало напоминают другие почвы – К4, Б15 и К8, т. е. пахотный горизонт одной из серых лесных глеевых почв и подпахотный горизонт слитого чернозема (Краснодарский край) и пахотный горизонт лугово-черноземной почвы (Белгородская область).

На рис. 3 показано распределение изученных почв по содержанию водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм.

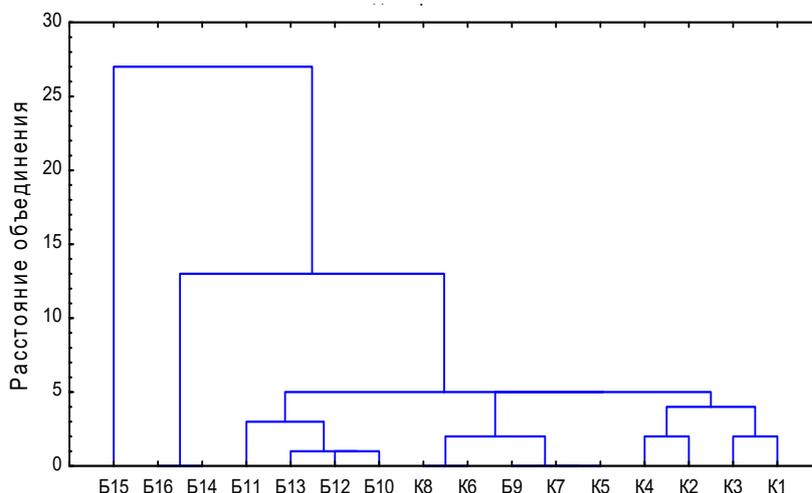


Рис. 3. Дендрограмма распределения изученных почв по сумме содержания водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм  
Fig. 3. Dendrogram of the distribution of the studied soils by the sum of the content of water-bearing aggregates larger than 0.25 mm

Закономерности распределения почв по водоустойчивости структуры иные, т. к. происходит хорошо выраженная группировка почв по отдельным регионам. В целом на дендрограмме можно обозначить 5 кластеров разной степени сложности. Первый выделяется на самом высшем уровне и включает только один объект – Б15, это уже называемый ранее пахотный горизонт лугово-черноземной почвы, т. е. по особенностям структуры и ее водоустойчивости данный горизонт значительно отличается от других изученных почв Белгородской области.

Второй кластер делится на 2 группы, одна из которых также подразделяется на три составляющих. На высшем уровне второго кластера обособляются почвы Б14 и Б16, отражающие средние части профиля целинной и пахотной лугово-черноземных почв.

Группа объектов Б10–Б13 относится к Белгородской области, но она разнородная, т. к. включает водоустойчивость структуры в целинном черноземе (горизонт А), целинной лугово-черноземной почвы (горизонт А) и в пахотном и подпахотном горизонтах чернозема типичного. Таким образом, названные три кластера включают только объекты Белгородской области.

Вторая группа третьего кластера имеет сложный состав: из 5 объектов 4 относятся к почвам Краснодарского края. Объект Белгородской области – дерновый горизонт целинного типичного чернозема (Б9). Появление этого объекта в группе пахотных горизонтов слитых почв (К5 и К7) объясняется тем, что значения водоустойчивости близки, но для целинного чернозема они обусловлены генетическими особенностями почвы, а для пахотных горизонтов слитых почв – проявлением блочности структуры в результате слитизации [Богатырев и др., 2017].

В заключительной группе представлены К1–К4, т. е. серые лесные глеевые почвы Краснодарского края.

Для оценки качества структуры почвы с помощью балльной оценки были разработаны критерии для выделения отдельных баллов. Ранги показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Table 1

Ранжирование показателей для оценки структурно-агрегатного состава почв и водоустойчивости структуры  
Ranking of indicators of the structural and aggregate composition of soils assessment and water resistance structure

Параметр	Оценка состояния параметра, баллы и уровень деградации				
	Отличное, 1 – отсутствует	Хорошее, 2 – низкий	Удовл., 3 – средний	Неудовл., 4 – высокий	Плохое, 5 – очень высокий
Содержание АЦФ, %	Более 80	60–80	40–60	20–40	Менее 20
СВ1, %	Более 70	55–70	40–55	20–40	Менее 20
СВ2, %	60–80	40–60, 80–85	20–40, 85–90	10–20, 90–95	Менее 10, более 95

Примечание: СВ1 – оценка водоустойчивости структуры по Долгову и Бахтину; СВ2 – оценка водоустойчивости структуры по Кузнецовой (с авторскими дополнениями). Оценка состояния параметра: Удовл. – удовлетворительное; Неудовл. – неудовлетворительное

Оценки для содержания АЦФ и суммы водопрочных агрегатов взяты из работ [Вальков и др., 2002; Теории и методы..., 2007]. Авторские дополнения к оценке водоустойчивости структуры по Кузнецовой состоят в том, что избыточно высокая водоустойчивость (содержание водоустойчивых агрегатов размером более 0,25 мм превышает 80 %) оценивается как неблагоприятный фактор повышения деградации структуры, поэтому баллы деградации нарастают как при уменьшении содержания водоустойчивых агрегатов относительно оптимальных значений (уровень 60–80 % считается отличным), так и при увеличении этого параметра.

Мы не приводим ранжирование значений коэффициентов структурности и водоустойчивости, т. к. предварительный анализ результатов показал, что их применение для оценки не добавляет информативности к результатам, полученным на основе АЦФ и СВ2.

Сначала была проведена оценка качества структуры с использованием параметров АЦФ и СВ1. Однако практически все почвы Краснодарского края показали отсутствие деградации структуры, что не соответствует действительности, т. к. именно физические свойства слитых почв ограничивают их биологическую продуктивность.

Результаты оценки структуры исследованных почв на основе содержания АЦФ и СВ2 приведены в табл. 2.

Для почв Краснодарского края преобладает оценка 3 балла (средний уровень деградации структуры), хотя среди серых лесных глеевых почв встречаются варианты и низкого, и высокого уровня деградации. Для почв Белгородской области характерны низкий и средний уровни деградации структуры.

Иная картина обнаружена для водоустойчивости структуры: пахотные горизонты слитого чернозема и рисовой почвы показывают отсутствие деградации, в подпахотных горизонтах проявляется низкий уровень деградации. В то же время в поверхностных горизонтах серых лесных глеевых почв уровень деградации водоустойчивости структуры – от среднего до высокого. В большинстве изученных почв Белгородской области деградация водоустойчивости структуры отсутствует (оценка 1 балл), за исключением лугово-черноземных почв, где на целинном участке в горизонте АВ наблюдается низкий уровень деградации, а в пахотной почве деградация водоустойчивости структуры изменяется от средней до низкой.



Известно, что лугово-черноземные почвы отличаются от черноземов проявлением процесса оглеения. Этот процесс широко развит при слитогенезе, поэтому лугово-черноземные почвы Белгородской области по своей водоустойчивости приближаются к проанализированным почвам Краснодарского края, в которых отмечена слитость.

Таблица 2  
Table 2

Оценка уровня деградации параметров структуры исследованных почв  
Assessment of the structural parameters of the studied soils degradation level

№ почвы	Почва, угодье, горизонт	Содержание АЦФ			СВ		
		%	Баллы	Оценка	%	Баллы	Оценка
К1	Серая лесная глеевая, пашня, Ар	58	3	С	89	3	С
К2	Серая лесная глеевая, пашня, Ар	75	2	Н	93	4	В
К3	Серая лесная глеевая, пашня, Ар	61	2	Н	87	3	С
К4	Серая лесная глеевая, пашня, Ар	31	4	В	95	3	С
К5	Рисовая почва, пашня, Ар	50	3	С	80	1	О
К6	Рисовая почва, пашня, Арр	49	3	С	82	2	Н
К7	Чернозем слитой, пашня, Ар	52	3	С	80	1	О
К8	Чернозем слитой, пашня, А1	40	3	С	82	2	Н
Б9	Чернозем типичный, целина, Ad	67	2	Н	80	1	О
Б10	Чернозем типичный, целина, А	70	2	Н	74	1	О
Б11	Чернозем типичный, пашня, Ар	44	3	С	70	1	О
Б12	Чернозем типичный, пашня, Арр	58	3	С	75	1	О
Б13	Лугово-черноземная, целина, А	55	3	С	73	1	О
Б14	Лугово-черноземная, целина, АВ	69	2	Н	57	2	Н
Б15	Лугово-черноземная, пашня, Ар	76	2	Н	30	3	С
Б 16	Лугово-черноземная, пашня, Арр	44	3	С	57	2	Н

Примечание: оценка уровня деградации: О – отсутствует, Н – низкий, С – средний, В – высокий, ОВ – очень высокий.

Таким образом, проведенная геоэкологическая оценка уровня деградации структуры почвы показывает, что в проанализированных почвах преобладает ее средний уровень. Деградация водоустойчивости структуры в регионах заметно отличается, что связано с развитием процесса оглеения.

### Заключение

Анализ представлений о геоэкологической оценке показал, что такая оценка может проводиться для элементов педосферы, но существуют проблемы ее соотношения с существующими оценками, а также отбора параметров для ее проведения. При разных типах использования территории геоэкологическая оценка почв будет различаться в связи с проявлением разных геоэкологических проблем.

В ходе исследования определены основные геоэкологические проблемы для территорий сельскохозяйственного использования, предложен комплекс оценочных критериев и показателей, рассмотрен параметр структуры почвы как перспективный показатель для оценки физической деградации почвы.

Установлено, что для изученных почв Краснодарского края преобладает средний уровень деградации структуры, для исследованных почв Белгородской области характерны низкий и средний уровни деградации. Деградация водоустойчивости структуры в регионах отличается: в условиях Краснодарского края она заметно выше, что связано с широким распространением процесса оглеения.

Представленные результаты охватывают только проблему деградации физического состояния почв. Для проведения полноценной геоэкологической оценки почв необходима дальнейшая разработка балльных критериев для оценки содержания основных агрохимических показателей и элементов или соединений, загрязняющих почву вследствие внесения удобрений и мелиорантов.

### Список источников

- Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.И. 2002. Почвоведение (почвы Северного Кавказа). Краснодар, Советская Кубань, 728 с.
- Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края: Закон Краснодарского края: от 29 марта 2005 года № 848-КЗ (в редакции от 08.02.2024 г. № 5073-КЗ). Электронный ресурс. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=140011880&backlink=1&&nd=140007193> (дата обращения 20.07.2024).
- Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Белгородской области: Закон Белгородской области: от 18 июня 2020 года № 488 (с изм. от 23 ноября 2020 года). Электронный ресурс. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 14.06.2024).

### Список литературы

- Басова И.А., Иоина М.А., Глухова Е.Н. 2010. Геоэкологическое состояние почвенного покрова в горнопромышленных регионах. Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле, 1: 16–20.
- Белозерский Г.Н., Дмитриев В.В. 2007. Становление геоэкологии как важный этап в развитии географии XX столетия. Известия Российской Академии Наук. Серия Географическая, 2: 19–28.
- Богатырев Л.Г., Маслов М.Н., Бенедиктова А.И., Макаров М.И. 2017. Оценка почв и земель (основные показатели и критерии). М., МАКС Пресс, 192 с.
- Дмитриев В.В., Федорова И.В., Бирюкова А.С. 2016. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть IV. Интегральная оценка экологического благополучия наземных и водных геосистем. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География, 2: 37–53. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.204>.
- Дубровина И.А. 2018. Агроэкологическая оценка почв типичных агроландшафтов Карелии. В кн.: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. М., Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова: 56–59. <https://doi.org/10.25680/6814.2018.43.32.108>
- Зеленская Е.Я., Маринина О.А. 2021. Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова. Региональные геосистемы, 45(2): 258–268. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268>.
- Ильинская И.Н. 2019. Оценка и изменчивость агроэкологических свойств почв чернозёмов южных северо-западной сельскохозяйственной зоны Ростовской области. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды, 18 (181): 5–13.
- Копылов И.С. 2011. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий. Современные проблемы науки и образования, 6: 285.
- Лисецкий Ф.Н., Зеленская Е.Я. 2022. Ампелопедологические особенности географических районов виноградарства Крыма. Почвоведение, 12: 1540–1556. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600688>
- Онищенко Л.М., Климьякина Е.Н., Олдырева А.Ю. 2021. Оценка почв учхоза «Краснодарское». В кн.: Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар,



- 23 апреля 2021. Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина: 218–222.
- Пашков С.В., Закирина А.О. 2019. Геоэкологическая оценка состояния почв Северо-Казахстанской области. Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки, 3(35): 46–51. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.35.3.04>
- Середа Л.О., Куролап С.А., Яблонских Л.А. 2018. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов. Воронеж, Научная книга, 196 с.
- Теории и методы физики почв. 2007. Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. М., Гриф и К, 616 с.
- Терехова В.А., Пукальчик М.А., Яковлев А.С. 2014. «Триадный» подход к экологической оценке городских почв. Почвоведение, 9: 1145–1152. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14090123>
- Яковлев А.С., Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Шулакова Е.А. 2009. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества. Почвоведение, 8: 984–995.
- Bayrakov I. 2022. Geocological Assessment of the Soil Cover of the Chechen Republic. RT&A, Special Issue, 3(66(17)): 119–123.
- Novikova S.A. 2023. Assessment of the Impact of Vehicle Emissions on the Geocological State of Soils and Vegetation in the Cities of the Irkutsk Agglomeration. RUDN Journal of Ecology and Life Safety, 31(4): 533–543. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-533-543>.
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 16–22 August, 3.1: 465–472. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 949: 012099.
- Sukiasyan A., Kirakosyan A. 2020. Ecological Evaluation of Heavy Metal Pollution of Different Soil-Climatic Regions of Armenia by Biogeochemical Coefficients. DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy, 1(2): 94–102.

## References

- Basova I.A., Ioina M.A., Gluhova E.N. 2010. Geocological Condition of the Soil Covers in Mining Regions. Izvestiya Tula State University. Nauki o Zemle, 1: 16–20 (in Russian).
- Belozerskiy G.N., Dmitriyev V.V. 2007. Stanovleniye geoekologii kak perelomnyy etap razvitiya geografii KHKH veka [The Formation of Geocology as a Critical Stage in the Development of Geography in the Twentieth Century]. Novosti Rossiyskoy akademii nauk. Seriya Geograficheskaiy, 2: 19–28.
- Bogatyrev L.G., Maslov M.N., Benediktova A.I., Makarov M.I. 2017. Assessment of Soil and Land (Key Indicators and Criteria). Moscow, Publ. MAKS Press, 192 p. (in Russian).
- Dmitriev V.V., Fedorova I.V., Birykova A.S. 2016. Approaches to Assessment and GIS Mapping of Sustainability and Environmental Well-Being of Geosystems. Part IV. Integrated Assessment of Ecological Well-Being of Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Vestnik Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya, Geografiya, 2: 37–53 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu07.2016.204>.
- Dubrovina I.A. 2018. Agroekologicheskaya otsenka pochv tipichnykh agrolandshaftov Karelii [Agroecological Assessment of Soils in Typical Agricultural Landscapes of Karelia]. In: Novyye rezul'taty metodov i issledovaniy landshaftov Yevropy, Sredney Azii i Sibiri [New Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow, Publ. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut agrokhimii imeni D.N. Pryanishnikova: 56–59. <https://doi.org/10.25680/6814.2018.43.32.108>
- Zelenskaya E.Ya., Marinina O.A. 2021. Geocological Assessment of Soils in the Main Areas of Viticulture of the Crimean Peninsula. Regional Geosystems, 45(2): 258–268 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268>.

- Ilyinskaya I.N. 2019. Evaluation and Agroecological Variability of Soil Properties of Southern Chernozems of the Northwest Agricultural Zone of the Rostov Region. Transactions of Taurida Agricultural Science, 18 (181): 5–13 (in Russian).
- Kopylov I.S. 2011. Principles and Criteria of the Integrated Estimation of the Geo-Ecological Condition of the Natural and Urbanized Territories. Modern problems of science and education, 6: 285 (in Russian).
- Lisetskiy F.N., Zelenskaya E.Ya. 2022. Ampelopedological Peculiarities of Geographical Areas of Crimea Viticulture. Eurasian Soil Science, 55(12): 1813–1828 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/s1064229322700065>
- Onishchenko L.M., Klimyakina E.N., Oldyreva A.Y. 2021. Soil Assessment of the Uchkhoz "Krasnodarskoe". In: Current Problems and Prospects for the Development of Land and Property relations. Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference, Krasnodar, 23 April 2021. Krasnodar, Publ. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin: 218–222 (in Russian).
- Pashkov S.V., Zakirina A.O. 2019. Geoecological Assessment of Soils Condition in North Kazakhstan Oblast. MCU Journal of Natural Sciences, 3(35): 46–51 (in Russian). <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2019.35.3.04>
- Sereda L.O., Kurolap S.A., Yablonskikh L.A. 2018. Ekologo-geokhimicheskaya otsenka tekhnogenogo zagryazneniya pochvennogo pokrova promyshlennykh gorodov [Ecological and Geochemical Assessment of Technogenic Pollution of the Soil Cover of Industrial Cities]. Voronezh, Publ. Nauchnaya kniga, 196 p.
- Teorii i metody fiziki pochv [Theory and Methods of Soil Physics]. 2007. Moscow, Publ. Grif i K, 616 p.
- Terekhova V.A., Pukalchik M.A., Yakovlev A.S. 2014. The Triad Approach to Ecological Assessment of Urban Soils. Eurasian Soil Science, 47(9): 952–958 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229314090129>
- Yakovlev A.S., Gendugov V.M., Glazunov G.P., Yevdokimova M.V., Shulakova Ye.A. 2009. Methodology for the Environmental Assessment of the Soil State and Regulation of the Soil Quality. Eurasian Soil Science, 42(8): 916–925. <https://doi.org/10.1134/S1064229309080109>
- Bayrakov I. 2022. Geoecological Assessment of the Soil Cover of the Chechen Republic. RT&A, Special Issue, 3(66(17)): 119–123.
- Novikova S.A. 2023. Assessment of the Impact of Vehicle Emissions on the Geoecological State of Soils and Vegetation in the Cities of the Irkutsk Agglomeration. RUDN Journal of Ecology and Life Safety, 31(4): 533–543. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-533-543>.
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, 16–22 August, 3.1: 465–472. DOI: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Tesheva S.A., Voloshenko I.V., Slyusarenko E.E. 2022. Degradation of the Structure of Meadow-Chernozem Soils in Different Eco-Industrial Conditions. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 949: 012099.
- Sukiasyan A., Kirakosyan A. 2020. Ecological Evaluation of Heavy Metal Pollution of Different Soil-Climatic Regions of Armenia by Biogeochemical Coefficients. DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture, and Energy, 1(2): 94–102.

*Поступила в редакцию 08.08.2024;  
поступила после рецензирования 27.08.2024;  
принята к публикации 30.08.2024*

*Received August 08, 2024;  
Revised August 27, 2024;  
Accepted August 30, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.



### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Новых Лариса Леонидовна**, кандидат биологических наук, доцент, Институт наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Елисеева Наталья Волеславовна**, доктор географических наук, профессор, Академия маркетинга и социально-информационных технологий – ИМСИТ, г. Краснодар, Россия

**Слюсаренко Эльвира Евгеньевна**, кандидат биологических наук, доцент, Филиал Адыгейского государственного университета, г. Белореченск (Краснодарский край), Россия

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**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 Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Natalya V. Eliseeva**, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Academy of Marketing and Social and Information Technologies – IMSIT, Krasnodar, Russia

**Elvira E. Slyusarenko**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Branch of Adyge State University, Belorechensk (Krasnodar Territory), Russia



УДК 631.42+631.45

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465

## Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнопромышленных предприятий

Полетаев А.О., Севрюков И.С.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85  
E-mail: poletaev@bsu.edu.ru, 1668537@bsu.edu.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты мониторинга содержания в почве тяжелых металлов и мышьяка для железорудного района КМА и особенности загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком поверхностного слоя почв агроландшафтов, расположенных вблизи промышленных зон Лебединского и Стойленского ГОКов. Путем анализа растров интерполированных значений загрязнителей выявлено уменьшение содержания в поверхностном слое почвы Mn, Fe, Ni, Zn, Ba и увеличение содержания Cu и Pb по мере удаления от отвала окисленных кварцитов ЛГОКа. При удалении от отвала мело-мергельных пород СГОКа уменьшается в поверхностном слое почвы содержание Fe, Ni, As и возрастает содержание Zn и Ba. Выявлено, что согласно уточненному суммарному показателю концентрации (Zy), уровень загрязнения вблизи отвала окисленных кварцитов ЛГОКа и отвала мело-мергельных пород СГОКа является слабым или отсутствует. Проведен попарный корреляционный анализ и выявлены ассоциации тяжелых металлов: Ni и Cr, Ba и Mn, Ba и Zn, Ni и Mn, Zn и Cr, Zn и Mn, Zn и Ni, Ba и Ni, Ba и Sr около отвала окисленных кварцитов ЛГОКа, и ассоциация Pb и Cu вблизи отвала мело-мергельных пород СГОКа.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы и металлоиды (ТММ), загрязнение почв, Курская магнитная аномалия, горнопромышленный комплекс, уточненный суммарный показатель концентрации (Zy)

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

**Для цитирования:** Полетаев А.О., Севрюков И.С. 2024. Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнопромышленных предприятий. Региональные геосистемы, 48(3): 453–465. DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465

---

## Spatial Distribution of Heavy Metals and Arsenic in Soils Near Mining Enterprises

Arseniy O. Poletaev, Ilya S. Sevryukov

Belgorod State National Research University,  
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

E-mail: poletaev@bsu.edu.ru, 1668537@bsu.edu.ru

**Abstract.** The article considers the results of monitoring heavy metal and arsenic content in the soil of the iron ore region of the KMA and the features of pollution with heavy metals and arsenic of the surface soil layer of agricultural landscapes located near the industrial zones of Lebedinsky and Stoilensky mining and processing plants. By analyzing the rasters of interpolated values of pollutants, we revealed a decrease in the content of Mn, Fe, Ni, Zn, Ba in the surface soil layer and an increase in the content of Cu and Pb with increasing distance from the dump of oxidized quartzites of LGOK. As the distance from the dump of SGOK chalk-marl rocks increases, the content of Fe, Ni, As in the surface soil layer decreases, and the content of Zn and Ba rises. It was revealed that according to the refined total concentration indicator (Zy), the level of pollution near LGOK oxidized quartzites dump and SGOK chalk-marl rocks dump is weak or absent. A pairwise correlation analysis was carried out and the associations of heavy metals were identified: Ni and Cr, Ba and Mn, Ba and



Zn, Ni and Mn, Zn and Cr, Zn and Mn, Zn and Ni, Ba and Ni, Ba and Sr near LGOK oxidized quartzites dump, and the association of Pb and Cu near SGOK chalk-marl rocks dump.

**Keywords:** heavy metals and metalloids (HMMs), soil pollution, Kursk magnetic anomaly, mining complex, refined total concentration index (Zy)

**Acknowledgements:** This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of State Assignment No. FZWG-2023-0011.

**For citation:** Poletaev A.O., Sevryukov I.S. 2024. Spatial Distribution of Heavy Metals and Arsenic in Soils Near Mining Enterprises. *Regional Geosystems*, 48(3): 453–465 (in Russian). DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465

## Введение

Активное загрязнение окружающей среды, в частности почвенного покрова, тяжелыми металлами при нарастающей техногенной нагрузке в горнодобывающих районах сопровождается увеличением рисков для здоровья человека [Yang et al., 2023], ввиду этого является актуальным совместное изучение рисков, учитывающих как загрязнение окружающей среды, так и воздействие на здоровье человека [Ahmad et al., 2021; Zhou et al., 2024]. При оценке рисков деградации почв вследствие поступления в них тяжелых металлов важно осуществлять мониторинг качества почв. Он реализуется при использовании различных систем оценки качества почв, которые учитывают содержание тяжелых металлов в почве. В настоящее время такие системы оценки качества почв используются в России, Германии, Нидерландах, США, Канаде [Semenkov, Koroleva, 2020]. В России в настоящее время отсутствие гигиенических нормативов допустимого уровня содержания тяжелых металлов в почве по всем показателям вредности является препятствием для проведения полной оценки качества почвы [Волошенко и др., 2022].

Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе, для которого отмечается средняя напряженность эколого-хозяйственного состояния [Некрич, 2007], проводился многократно в ходе научных исследований [Котенко и др., 2003; Лисецкий и др., 2004; 2011; Гонеев и др., 2011; Замотаев и др., 2017]. В состав Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района входят техногенные ландшафты, образованные в ходе освоения месторождений железных руд [Петин, Игнатенко, 2016], от которых на прилегающие территории (где широко представлены агроландшафты интенсивного использования) поступают тяжелые металлы.

Загрязнение почвы происходит в результате осаждения на ее поверхности пыли, которая переносится воздушными потоками преимущественно на юго-восток, северо-запад и запад от предприятий горнопромышленного комплекса, являющихся площадными источниками загрязнения [Бударина и др., 2023], при этом наиболее интенсивное загрязнение проявляется в радиусе 5 км от рудников и отвалов [Лисецкий и др., 2004].

В результате этого агроландшафты, находящиеся вблизи предприятий горнопромышленного комплекса, подвергаются активному техногенному воздействию, при этом в поверхностном слое почвы накапливаются токсичные элементы (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb и As) [Корнилов и др., 2023; Полетаев, Лисецкий, 2023], которые являются спутниками железных руд [Замотаев и др., 2017]. Загрязнение почв пылевыми выбросами способствует снижению продуктивности и качества продукции агроценозов [Стифеев и др., 2021], наряду с этим происходит аккумуляция тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах [Лисецкий и др., 2008]. Это является негативным процессом, однако проведение фиторемедиации с помощью специально подобранных сельскохозяйственных культур может снизить уровень загрязнения почв тяжелыми металлами [Андреева и др., 2009; Deng et al., 2024], так как тяжелые металлы преимущественно концентрируются в верхнем

слое почвенного профиля и не распространяются вглубь почвы, особенно при щелочной реакции почвенного раствора [Бауэр и др., 2023].

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования выбраны почвы агроландшафтов, расположенные вблизи промышленных зон Лебединского и Стойленского ГОКов, и подверженные длительному аэротехногенному загрязнению с отвала окисленных кварцитов ЛГОКа и отвала меломергельных пород СГОКа. Предмет исследования – результаты загрязнения почв тяжелыми металлами и мышьяком (As). Выбор объектов исследования обусловлен тем, что ранее были выявлены наибольшие концентрации Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb и As на пахотных землях, расположенных к северо-западу и юго-западу от отвала окисленных кварцитов ЛГОКа (ключевой участок № 1), а также к югу от с. Котеневка, с. Верхнечуфичево, северная граница которых примыкает к границе промышленной зоны, вблизи которой расположен отвал меломергельных пород СГОКа (ключевой участок № 2) [Полетаев, Лисецкий, 2023]. Эта особенность распределения ТММ в поверхностном слое почвы была выявлена по результатам анализа почвенных образцов, отобранных в апреле 2021 года. Для обнаружения дополнительных и более детальных особенностей распределения загрязнителей в апреле 2024 года был проведен отбор почвенных образцов на ключевых участках № 1 и № 2 на пахотных землях, а также в лесных массивах и на залежных землях в почвенном слое 0–20 (30) см. Пробоотбор почвенных образцов в лесных массивах и на залежных землях был сделан для сравнения содержания токсичных элементов в верхнем слое почвы данных экосистем с их содержанием в верхнем слое пахотных земель. Пробоотбор почвенных образцов проводился по методу «конверта» на водоразделах и приводораздельных поверхностях, чем и обусловлено неравномерное пространственное распределение точек пробоотбора и наличие на ключевых участках областей с низкой плотностью точек пробоотбора. С помощью точек пробоотбора 2024 года частично была увеличена плотность обеспечения данными в определенных частях ключевых участков, при этом в областях, менее обеспеченных данными, снижена точность интерполированных данных о содержании в поверхностном слое почвы токсичных элементов.

В качестве фоновых значений были приняты данные о содержании токсичных элементов в поверхностном слое почвы (0–20 см), полученные в 2006 году [Лисецкий, Голеусов, 2006]. Конечно, почвы Ямской степи уже на 2006 год являлись условно фоновыми из-за возросшей техногенной нагрузки, однако, ввиду отсутствия более современных данных о фоновых значениях содержания токсичных элементов, наиболее подходящих для оценки загрязнения почв вблизи Лебединского и Стойленского ГОКов, эти данные являются наиболее пригодными для использования. Современное состояние почв Ямской степи уже не может быть рассмотрено в качестве эталона почвенно-экологического мониторинга.

Содержание в почвенных образцах ТММ определяли с помощью рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV», моделирование пространственного распределения загрязнителей осуществлялось с помощью ПО *ArcGIS 10.5*.

### Результаты и их обсуждение

Значения содержания в почвенных образцах ТММ представлены в таблице.

Для выявления особенностей пространственного распределения содержания ТММ в поверхностном слое почвы была проведена с помощью ПО *ArcGIS 10.5* (модуль «*Geostatistical Analyst*») интерполяция значений методом ОВР (обратно взвешенных расстояний). Карты-схемы интерполяции значений содержания ТММ в почвенном слое 0–20 (30) см показаны на рис. 1, 2.



Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвенных образцах,  
отобранных на ключевых участках № 1, № 2  
Content of heavy metals and arsenic in soil samples selected in key areas No. 1, No. 2

№ точки	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Ba	Pb
	мг/кг		%	мг/кг						
Ключевой участок № 1										
21–1	94,80	633,40	3,08	42,40	20,80	68,53	8,94	113,46	470,91	18,51
21–2	96,46	627,19	3,11	42,52	21,93	65,02	10,67	115,03	473,29	15,94
21–3	87,19	625,64	3,14	43,51	18,80	64,87	7,82	114,78	482,32	21,21
21–4	84,73	632,40	3,04	40,45	17,22	63,69	9,63	115,05	477,29	14,22
21–5	80,54	628,58	3,10	41,05	23,87	66,28	10,37	118,76	477,97	16,25
21–6	80,46	670,23	3,11	40,39	23,37	67,02	11,60	110,59	489,79	14,94
21–7	78,28	659,79	н/д	41,34	22,98	66,96	7,11	113,83	476,46	19,51
21–8	86,72	653,38	3,07	41,23	19,41	65,94	9,07	109,64	473,08	22,01
21–9	83,09	604,27	2,93	38,65	23,32	61,30	7,40	112,71	480,44	23,74
21–10	86,20	624,20	3,06	40,55	6,82	65,34	9,40	135,66	476,59	20,91
21–11	79,28	687,95	3,02	40,46	23,01	63,41	4,72	111,42	483,92	28,13
21–12	86,85	606,11	3,01	40,72	21,09	61,68	4,82	113,92	462,69	29,01
24–8	81,58	610,43	2,97	41,41	32,52	59,01	7,30	109,45	476,49	25,58
24–9	73,39	493,90	2,81	37,68	31,20	60,43	8,17	101,23	461,49	20,02
24–10	69,74	470,80	2,77	36,68	29,16	45,53	8,71	90,91	408,42	17,43
24–11	75,41	541,93	2,70	38,38	31,03	32,15	7,78	118,84	447,29	29,28
24–13	72,85	627,89	3,02	38,11	32,04	57,16	8,33	106,98	472,24	19,90
24–14	75,98	615,40	2,94	39,38	32,73	62,74	5,13	112,02	494,31	26,87
Ключевой участок № 2										
21–13	82,31	590,14	3,15	41,93	24,22	65,24	11,58	120,52	464,46	16,16
21–14	83,64	913,54	3,06	42,11	22,80	70,02	10,86	111,80	512,43	17,00
21–15	89,76	860,08	3,12	42,58	37,57	73,47	10,46	109,42	514,17	21,84
21–16	87,09	760,87	3,24	43,61	24,06	72,88	9,48	101,54	495,86	20,99
21–17	84,96	835,38	2,89	40,08	34,47	66,29	11,47	100,74	504,85	18,07
21–18	83,61	742,39	3,05	41,50	23,16	74,65	10,96	108,14	488,00	17,41
21–19	85,32	836,18	3,00	42,17	21,10	69,75	9,29	112,88	504,89	16,88
21–20	114,55	819,16	2,99	39,96	30,58	66,49	7,71	101,63	483,85	20,98
21–21	84,64	804,81	3,21	43,39	22,13	71,14	8,62	98,38	476,99	23,83
21–22	88,34	659,82	3,27	44,82	18,13	68,45	8,61	105,52	486,92	23,34
21–23	98,24	730,94	3,12	42,44	21,63	67,11	9,81	98,98	505,68	20,91
21–24	91,02	642,10	3,25	45,65	25,75	69,24	11,63	108,33	494,30	18,10
24–1	83,75	346,55	3,06	41,41	35,98	66,12	7,93	137,45	471,30	28,89
24–2	84,72	666,56	3,16	44,36	36,04	65,72	8,31	115,66	474,63	25,32
24–3	84,54	537,55	3,17	43,03	36,60	70,57	4,62	116,95	516,62	28,11
24–4	64,11	1261,83	2,44	37,32	30,22	62,92	7,61	110,51	479,68	24,92
24–5	88,65	843,99	3,00	39,22	33,67	65,70	3,67	114,78	492,71	29,00
24–6	83,04	837,34	2,77	40,19	33,79	68,05	5,82	129,80	498,58	26,63
24–7	91,68	906,87	2,89	40,30	33,82	65,26	4,49	115,86	508,97	31,93

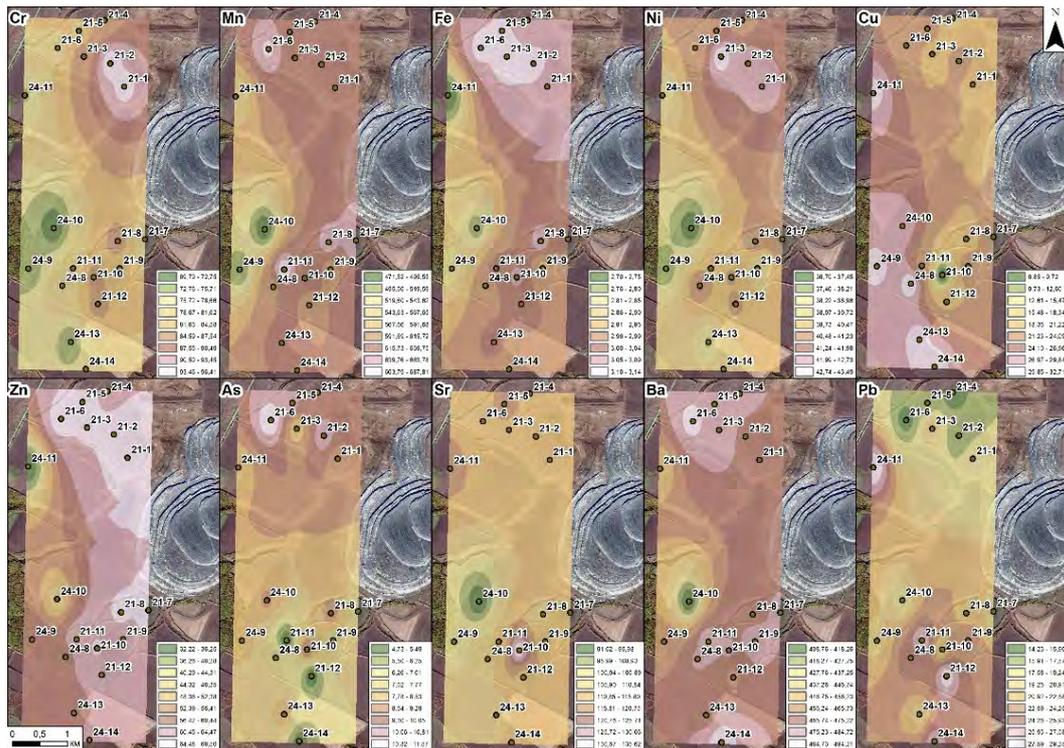


Рис. 1. Карты-схемы интерполяции значений содержания тяжелых металлов и мышьяка в слое почвы 0–20 (30) см (ключевой участок № 1)

Fig. 1. Scheme maps of interpolation of values of heavy metals and arsenic content in the soil layer 0–20 (30) cm (key area No. 1)

По результатам геохимического обследования 2021 и 2024 гг. почв ключевого участка № 1 (пахотные земли, расположенные к северо-западу и юго-западу от отвала окисленных кварцитов ЛГОКа) были построены карты-схемы интерполяции значений содержания ТММ. Интерполяция проведена методом обратно взвешенных расстояний (ОВР). При отображении интерполированных растров было по умолчанию оставлено количество классов (9) и метод классификации – равный интервал. Точка 24–9 расположена внутри лесного массива. Наименьшие значения содержания выделяются темно-зеленым цветом, наибольшие – светло-розовым (см. рис. 1).

Выявлены следующие основные закономерности:

1. Содержание Cr и Ni имеет сходное распределение – к северо-западу от отвала наблюдаются наибольшие значения содержания, к юго-западу интенсивность загрязнения данными металлами спадает, к западу – минимальное содержание.

2. Содержание Mn, Fe и Ba увеличивается к северо-западу от отвала, но, в отличие от Cr и Ni, также активно загрязняют почву к юго-западу, к западу – минимальное содержание.

3. Значительно различается пространственное распределение Cu и Zn – если содержание Cu увеличивается при отдалении от отвала, то содержание Zn напротив уменьшается при отдалении от отвала. При этом не выделяются отдельно северо-западная и юго-западная части ключевого участка по интенсивности загрязнения, оно нарастает/уменьшается «единым фронтом».

4. Схожий контраст выделяется у As и Pb, в отличие от Cu и Zn он выделяется не с северо-востока на юго-запад, а с севера на юг. Содержание As максимальное на севере и снижается к югу, содержание Pb минимальное на севере и увеличивается к югу.

5. У содержания Sr нет ярко выраженных векторов распределения, лишь точечно проявлены области высокого и низкого содержания данных загрязнителей.
6. Для лесного массива (точка 24–9) характерно пониженное содержание Cr, Mn, Ni, в поверхностном слое почвы наряду с повышенным содержанием Cu.

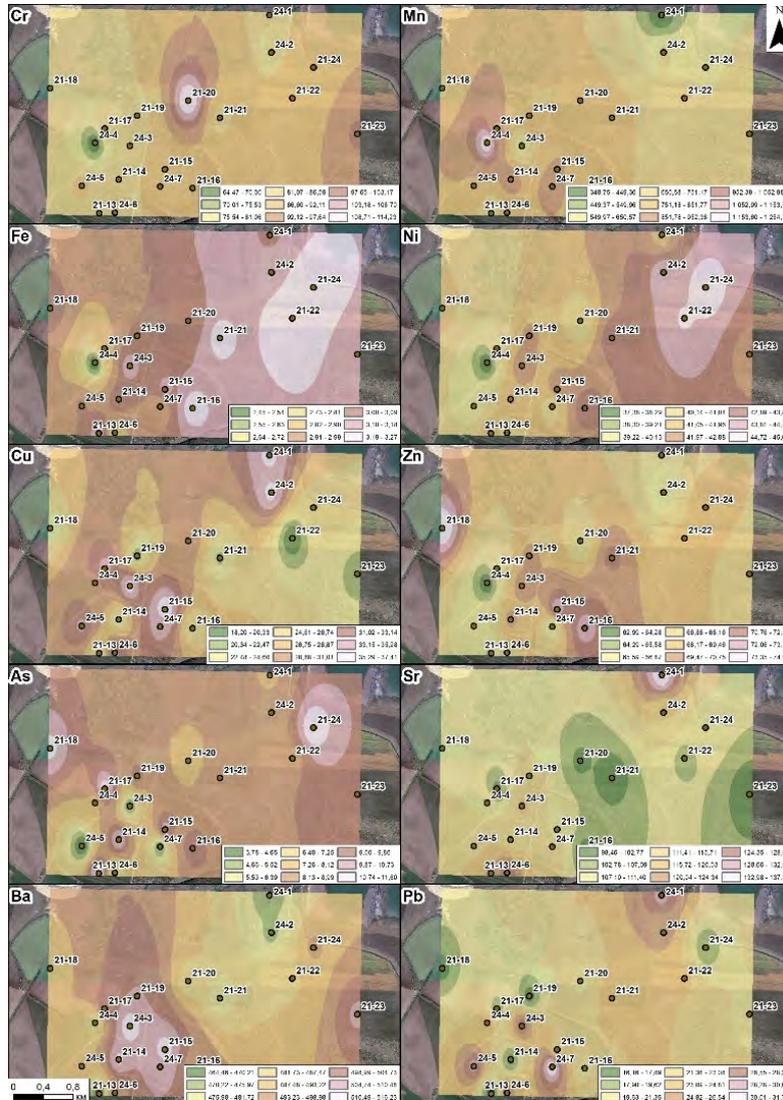


Рис. 2. Карты-схемы интерполяции значений содержания тяжелых металлов и мышьяка в слое почвы 0–20 (30) см (ключевой участок № 2)  
 Fig. 2. Scheme maps of interpolation of values of heavy metals and arsenic content in the soil layer 0–20 (30) cm (key area No. 2)

По результатам геохимического обследования 2021 и 2024 гг. на ключевой участок № 2 (пахотные земли, расположенные к югу от с. Котеневка, с. Верхнечуфичево, северная граница которых примыкает к границе промышленной зоны, вблизи которой расположен отвал мело-мергельных пород СГОКа) были построены карты-схемы интерполяции значений содержания тяжелых металлов и мышьяка. Интерполяция проведена методом обратного взвешенных расстояний (ОВР), при отображении интерполированных растров было по умолчанию оставлено количество классов (9) и метод классификации – равный интервал. Точка 24–1 расположена на залежных землях, 24–4 – в лесном массиве. Наименьшие значения содержания выделяются темно-зеленым цветом, наибольшие – светло-розовым (см. рис. 2).

Выявлены следующие основные закономерности:

1. Условно можно дифференцировать ключевой участок № 2 на восточную и западную части. Восточная часть наиболее загрязнена Fe, Ni, As, в меньшей степени Cr, Cu, Sr, Ba, Pb.
2. Содержание загрязнителей в западной части неоднородное для Fe, Cu, As – области высокого содержания соседствуют с областями низкого содержания.
3. Есть схожесть у Mn, Ba и Zn – их содержание повышается при удалении от промышленной зоны с северо-востока на юго-запад.
4. Для Sr, Pb и Cu характерно повышенное содержание вблизи границы промышленной зоны на северо-востоке (в этом и есть их отличие от Mn и Ba). В восточной части ключевого участка № 2 для Ba и Sr характерны прямо противоположные тенденции.
5. Также прямо противоположные тенденции характерны для Cr и Sr применительно к центральной и восточной части ключевого участка. У Cr в центре и на восточной периферии имеются области повышенного содержания, между ними область более низкого содержания, и у Sr, напротив, в центральной и восточной части области низкого содержания, между ними область повышенного содержания.
6. Для лесного массива (точка 24–4) характерно пониженное содержание Cr, Fe, Ni, Zn, Ba в поверхностном слое почвы наряду с повышенным содержанием Mn. Для залежных земель (точка 24–1) характерно повышенное содержание Cu, Sr и Pb и пониженное содержание Mn, Ba.

Таким образом, анализ распределения содержания ТММ как на ключевом участке № 1, так и на ключевом участке № 2 показывает, что одни загрязнители наиболее интенсивно накапливаются в поверхностном слое почвы ближе к границе промышленной зоны и по мере удаления от нее их содержание в почве уменьшается (например, Mn, Fe, Ni, Zn, Ba на ключевом участке № 1, Fe, Ni, As на ключевом участке № 2), другие – напротив накапливаются на значительном удалении от границы промышленной зоны, а вблизи самой границы промышленной зоны их содержание снижено (например, Cu, Pb на ключевом участке № 1, Zn, Ba на ключевом участке № 2). Но для понимания того, как в целом загрязнен ТММ поверхностный слой почвы агроландшафтов вблизи промышленной зоны Лебединского и Стойленского ГОКов, дополнительно был рассчитан уточненный суммарный показатель концентрации ( $Z_y$ ) по формуле [Косинова, Соколова, 2015]:

$$Z_y = \sum_{i=1}^n K_k - \log_2 n,$$

где  $K_k$  – коэффициент концентрации каждого из элементов относительно фона,  $n$  – количество элементов.

Ранее был проведен расчет показателей  $Z_c$  для территорий, показанных на рис. 1, 2 – по данным, полученным в 2021 году [Полетаев, Лисецкий, 2023] по формуле, предложенной Ю.Е. Саеом [Саеи и др., 1990; Vodyanitskii, 2010]. Но у показателя  $Z_c$  существуют недостатки [Косинова, Соколова, 2015], одним из которых является учет при его расчете только тех ТММ, по которым наблюдается превышение фоновых значений. Ввиду этого наиболее предпочтительно использовать уточненный суммарный показатель концентрации ( $Z_y$ ), т. к. он позволяет учитывать все вещества, даже не превышающие фон. Для расчета показателя  $Z_y$  в качестве фоновых показателей концентраций ТММ были использованы данные 2006 года, полученные по результатам анализа почв в заповеднике «Ямская степь» на глубине 0–20 см [Лисецкий, Голуусов, 2006]. При расчете показателя  $Z_y$  были учтены Cr, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ba, Pb (Fe не был учтен, т. к. иначе была бы исключена точка 21–7 ввиду отсутствия по ней данных о содержании этого элемента, Mn не был учтен, т. к. отсутствуют достоверные данные о фоновом содержании данного элемента в почве), пространственное распределение показателя  $Z_y$  представлено на рис. 3.

Показатель  $Zy$  на ключевом участке № 1 достигает наибольших значений в северной части участка (наиболее выделяются точки 21–2, 21–6), в западной части ближе к центру участка наблюдаются наименьшие значения (точка 24–10), в восточной части прослеживается зона повышенных значений  $Zy$ , при этом она протягивается с северо-востока на юго-запад с максимумом в точке 24–8.

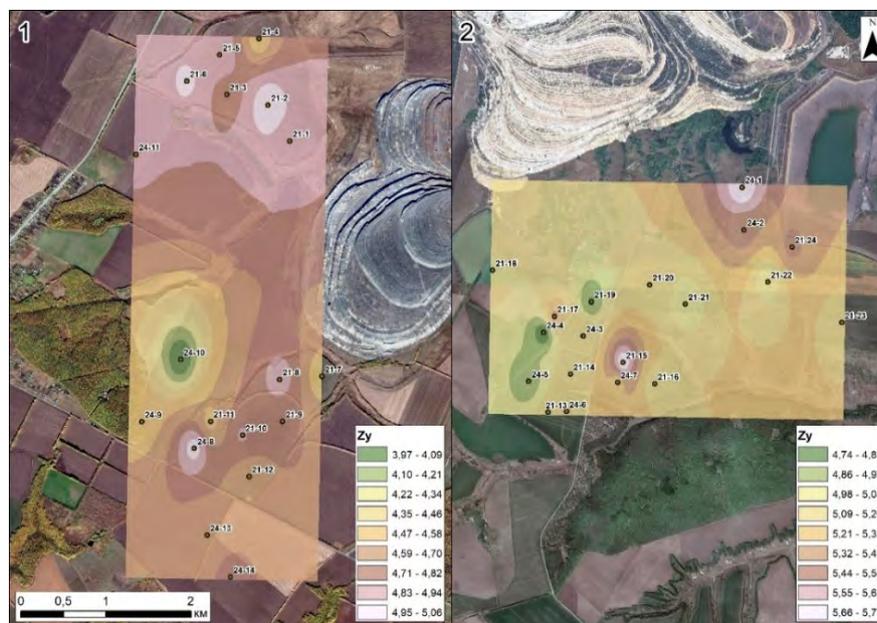


Рис. 3. Карты-схемы распределения показателя  $Zy$  на ключевом участке № 1 (1) и на ключевом участке № 2 (2)  
 Fig. 3. Fig. 3. Scheme maps of the distribution of the  $Zy$  indicator in key area No. 1 (1) and in key area No. 2 (2)

Таким образом, можно предположить, что воздушный перенос пыли от отвала окисленных кварцитов ЛГОКа наиболее часто происходит в северо-западном и юго-западном направлениях, а в западном направлении он наименее выражен. Показатель  $Zy$  на ключевом участке № 2 достигает наибольших значений в северо-восточной части участка (точка 24–1) и по направлению к югу и юго-западу уменьшается, наименьшие значения наблюдаются в юго-западной части участка (точки 24–4, 24–5). Наблюдается аномально высокое значение  $Zy$  в точке 21–15, несмотря на значительную удаленность от отвала мело-мергельных пород СГОКа. Диапазон значений  $Zy$  составляет на ключевом участке № 1 от 3,97 до 5,06, и на ключевом участке № 2 от 4,74 до 5,77, т. е. почвы ключевого участка № 2 более загрязненные по сравнению с почвами ключевого участка № 1. Но при этом, согласно эколого-геохимической оценке, уровень загрязнения на ключевых участках отсутствует ( $Zy < 5$ ) или слабый ( $5 < Zy < 10$ ).

Был выполнен попарный корреляционный анализ между рядами значений содержания Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Ba, Pb на ключевых участках № 1 и № 2. Использование попарного корреляционного анализа обусловлено тем, что он позволяет определить наличие взаимозависимостей содержания разных химических элементов в почвах [Корнилов и др., 2023]. Результаты данного анализа показаны на рис. 4.

На ключевом участке № 1 высокая корреляционная положительная связь наблюдается для пар: Ni – Cr ( $r = 0,81$ ), Ba – Mn ( $r = 0,80$ ), Ba – Zn ( $r = 0,70$ ), и средняя корреляционная положительная связь для пар: Ni – Mn ( $r = 0,68$ ), Zn – Cr ( $r = 0,54$ ), Zn – Mn ( $r = 0,67$ ), Zn – Ni ( $r = 0,63$ ), Ba – Ni ( $r = 0,55$ ), Ba – Sr ( $r = 0,51$ ). Для ключевого участка № 2 выявлена только одна средняя корреляционная положительная связь Pb – Cu

( $r = 0,59$ ). Наличие химического родства подтверждается у следующих пар: Ni – Mn, Zn – Mn, Ba – Mn [Водяницкий, 2008], соответственно Ni, Zn и Ba являются манганофилами – этим и обусловлено наличие высокой и средних корреляционных положительных связей.

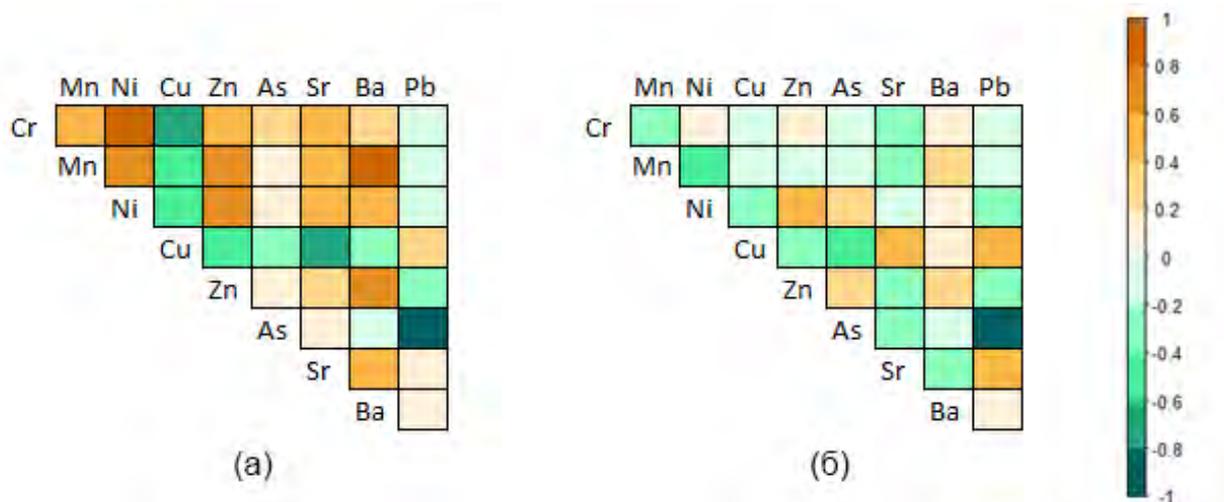


Рис. 4. Корреляционные матрицы, построенные по результатам попарного корреляционного анализа для ключевых участков № 1 (а) и № 2 (б)  
Fig. 4. Correlation matrices constructed based on the results of pairwise correlation analysis for key areas No. 1 (a) and No. 2 (b)

### Заключение

В результате проведенного исследования было выявлено, что на пахотных землях, расположенных около отвала окисленных кварцитов ЛГОКа, выявлен тренд постепенного уменьшения содержания в почве таких загрязнителей, как Mn, Fe, Ni, Zn, Ba по мере удаления от отвала, за исключением Cu и Pb, содержание которых наоборот возрастает. На пахотных землях, расположенных вблизи отвала мело-мергельных пород СГОКа, выявлено постепенное уменьшение содержания в почве загрязнителей Fe, Ni, As по мере удаления от отвала, за исключением Zn и Ba, содержание которых наоборот возрастает. Согласно уточненному суммарному показателю концентрации ( $Z_y$ ) уровень загрязнения вблизи отвала окисленных кварцитов ЛГОКа и отвала мело-мергельных пород СГОКа является слабым или отсутствует. Попарный корреляционный анализ тяжелых металлов (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb) и металлоида (As) позволил выявить ассоциации: Ni и Cr, Ba и Mn, Ba и Zn, Ni и Mn, Zn и Cr, Zn и Mn, Zn и Ni, Ba и Ni, Ba и Sr около отвала окисленных кварцитов ЛГОКа, и ассоциацию Pb и Cu вблизи отвала мело-мергельных пород СГОКа. Ассоциированные тяжелые металлы обладают сходством в пространственном распределении, которое тем выше, чем сильнее сила корреляционной связи.

### Список литературы

- Андреева И.В., Байбеков Р.Ф., Злобина М.В. 2009. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами. *Природообустройство*, 5: 5–10.
- Бауэр В.В., Сартакова О.Ю., Горелова О.М. 2023. Фиторемедиация как перспективный метод очистки почв от тяжелых металлов. *Ползуновский вестник*, 2: 160–165. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.021>.
- Бударина В.А., Игнатенко И.М., Косинова И.И. 2023. Особенности загрязнения почв и грунтов сельских поселений центральной части Белгородской области тяжелыми металлами. *Вестник ВГУ. Серия: Геология*, 4: 113–121. <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113-121>.



- Водяницкий Ю.Н. 2008. Сродство тяжелых металлов и металлоидов к фазам-носителям в почвах. *Агрохимия*, 9: 87–94.
- Волошенко И.В., Новых Л.Л., Новых Е.А. 2022. Предложения по совершенствованию перечня характеристик почв при проведении инженерно-экологических изысканий. *Региональные геосистемы*, 46(1): 132–142. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-132-142>.
- Гонеев И.А., Чепелев О.А., Голеусов П.В. 2011. Общие закономерности распространения тяжелых металлов в почвах зоны влияния горнорудных предприятий КМА. *Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета*, 3–1(19): 192–199.
- Замотаев И.В., Иванов И.В., Михеев П.В., Белобров В.П. 2017. Трансформация и загрязнение почв в районах добычи железных руд (обзор литературы). *Почвоведение*, 3: 370–384. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17030121>
- Корнилов А.Г., Чендев Ю.Г., Дорошенко М.В. 2023. Фоновые почвенно-геохимические исследования в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе Курской магнитной аномалии. *Успехи современного естествознания. Географические науки*, 11: 69–77. <https://doi.org/10.17513/use.38145>.
- Косинова И.И., Соколова Т.В. 2015. Методологические особенности оценки экологического состояния донных отложений искусственно созданных водных объектов. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, 3: 113–121.
- Котенко Е.А., Морозов В.Н., Кушнеренко В.К., Анисимов В.П. 2003. Геоэкологические проблемы КМА и пути их решения. *Горная промышленность*, 2: 12–16.
- Лисецкий Ф.Н., Боровлев А.Э., Чепелев О.А., Терехин Э.А., Ломиворотова О.М. 2011. Мониторинг техногенного воздействия в действующих и вновь создаваемых промышленных районах (на примере Белгородской области). *Экологические системы и приборы*, 7: 30–35.
- Лисецкий Ф.Н., Голеусов П.В. 2006. Геоэкологические исследования современного состояния природных сред в зоне влияния Курской магнитной аномалии. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, 1: 222–225.
- Лисецкий Ф.Н., Свиридова А.В., Кухарук Н.С., Голеусов П.В., Чепелев О.А. 2008. Аккумуляция тяжелых металлов в растениеводческой продукции зоны техногенеза. *Вестник Оренбургского государственного университета*, 10(92): 142–149.
- Лисецкий Ф.Н., Чендев Ю.Г., Голеусов П.В., Чепелев О.А. 2004. Загрязнение почвы тяжелыми металлами в зоне Курской магнитной аномалии. *Научные труды Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана*, 10: 286–291.
- Некрич А.С. 2007. Оценка эколого-хозяйственного состояния территорий Старооскольского, Губкинского и Яковлевского административных районов Белгородской области. *Проблемы региональной экологии*, 4: 28–33.
- Петин А.Н., Игнатенко И.М. 2016. Минерально-сырьевые ресурсы богатых железных руд Белгородского района Курской магнитной аномалии. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 25(246): 138–142.
- Полетаев А.О., Лисецкий Ф.Н. 2023. Использование мониторинговых данных и ГИС-технологий для корректировки границ санитарно-защитных зон в связи с развитием Старооскольско-Губкинского промышленного района. *Геополитика и экогеодинамика регионов*, 9(3): 338–347.
- Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. 1990. *Геохимия окружающей среды*. М., Недра, 335 с.
- Стифеев А.И., Никитина О.В., Лазарев В.И., Зиновьев Р.А. 2021. Агроэкологическое состояние почвенного покрова на территории железорудных месторождений Курской магнитной аномалии. *Агрохимия*, 7: 57–63. <https://doi.org/10.31857/S0002188121070103>
- Ahmad W., Alharthy R.D., Zubair M., Ahmed M., Hameed A., Rafique S. 2021. Toxic and Heavy Metals Contamination Assessment in Soil and Water to Evaluate Human Health Risk. *Scientific Reports*, 11: 17006. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94616-4>.
- Deng S., Zhang X., Zhu Y., Zhuo R. 2024. Recent Advances in Phyto-Combined Remediation of Heavy Metal Pollution in Soil. *Biotechnology Advances*, 72: 108337. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2024.108337>.

- Semenkov I., Koroleva T. 2020. Heavy Metals Content in Soils of Western Siberia in Relation to International Soil Quality Standards. *Geoderma Regional*, 21: e00283. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00283>.
- Vodyanitskii Y.N. 2010. Equations for Assessing the Total Contamination of Soils with Heavy Metals and Metalloids. *Eurasian Soil Science*, 43: 1184–1188. <https://doi.org/10.1134/S106422931010011X>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. *Environmental Pollution*, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>.
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. *Science of the Total Environment*, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>.

### References

- Andreeva I.V., Baibekov R.F., Zlobina M.V. 2009. Phytoremediation of the Soils Contaminated with Heavy Metals, 5: 5–10 (in Russian).
- Bauer V.V., Sartakova O.Yu., Gorelova O.M. 2023. Phytoremediation as a Promising Method of Soil Purification from Heavy Metals. *Polzunovskiy VESTNIK*, 2: 160–165 (in Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2023.02.021>.
- Budarina V.A., Ignatenko I.M., Kosinova I.I. 2023. Features of Soil Contamination of Rural Settlements in the Central Part of the Belgorod Region with Heavy Metals. *proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 4: 113–121 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113-121>.
- Vodyanitsky Yu.N. 2008. Srodstvo tyazhelykh metallov i metalloidov k fazam-nositelyam v pochvakh [Affinity of Heavy Metals and Metalloids to Carrier Phases in Soils]. *Agrochemistry*, 9: 87–94.
- Voloshchenko I.V., Novykh L.L., Novykh E.A. 2022. Proposals for Improving the List of Soil Characteristics During Engineering and Environmental Surveys. *Regional Geosystems*, 46(1): 132–142 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-132-142>.
- Goneev I.A., Chepelev O.A., Goleusov P.V. 2011. Obshchiye zakonomernosti rasprostraneniya tyazhelykh metallov v pochvakh zony vliyaniya gornorudnykh predpriyatiy KMA [General Patterns of Heavy Metal Distribution in Soils of the Influence Zone of Mining Enterprises of KMA]. *Uchenyye zapiski. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta*, 3–1(19): 192–199.
- Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Belobrov V.P. 2017. Transformation and Contamination of Soils in Iron Ore Mining Areas (a Review). *Eurasian Soil Science*, 50(3): 359–372 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229317030127>
- Kornilov A.G., ChendeV Yu.G., Doroshenko M.V. 2023. Background Soil-Geochemical Studies in the Starooskolsko-Gubkinsky Mining District of Kursk Magnetic Anomaly. *Advances in current natural sciences. Geographical Sciences*, 11: 69–77 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/use.38145>.
- Kosinova I.I., Sokolova T.V. 2015. Methodological Features Assessment of Ecological Conditions Sediments of Artificially Created Water Bodies. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology*, 3: 113–121 (in Russian).
- Kotenko E.A., Morozov V.N., Kushnerenko V.K., Anisimov V.P. 2003. Geoekologicheskiye problemy KMA i puti ikh resheniya [Geoecological Problems of KMA and Ways of Their Solution]. *Gornaya promyshlennost*, 2: 12–16.
- Lisetskii F.N., Borovlev A.E., Chepelev O.A., Terekhin E.A., Lomivorotova O.M. 2011. Monitoring Technogenic Influence in Acting and Newly Created Industrial Areas (for Example, the Belgorod Region). *Ecological Systems and Devices*, 7: 30–35 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Goleusov P.V. 2006. Geological Investigations of Natural Waters Modern Condition in a Zone of Influence of Kursk Magnetic Anomaly. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geology*, 1: 222–225 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Sviridova A.V., Kuharuk N.S., Goleusov P.V., Chepelev O.A. 2008. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v rasteniyevodcheskoy produktsii zony tekhnogeneza [Accumulation of



- Heavy Metals in Plant Products of the Technogenesis Zone]. Bulletin of the Orenburg State University, 10(92): 142–149.
- Lisetskii F.N., Chendev Yu.G., Goleusov P.V., Chepelev O.A. 2004. Zagryazneniye pochvy tyazhelymi metallami v zone Kurskoy magnitnoy anomalii [Soil Pollution with Heavy Metals in the Kursk Magnetic Anomaly Zone]. Nauchnyye trudy Federalnogo nauchnogo tsentra gigiyeny im. F.F. Erismana, 10: 286–291.
- Nekrich A.S. 2007. Assessment of Ecological-Economic Status of Starooskolskiy, Gubkinskiy and Yakovlevskiy Districts of Belgorodskaya Oblast. Problems of Regional Ecology, 4: 28–33 (in Russian).
- Petin A.N., Ignatenko I.M. 2016. Mineral-Raw Material Resources of Rich Iron Ores of Belgorod District of the Kursk Magnetic Anomaly. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series, 25(246): 138–142 (in Russian).
- Poletaev A.O., Lisetskii F.N. 2023. The Use of Monitoring Data and GIS Technologies to Adjust the Boundaries of Sanitary Protection Zones in Connection with the Development of the Stary Oskol and Gubkin Industrial Region. Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions, 9(3): 338–347 (in Russian).
- Sayet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A. I., Sargsyan S.Sh. 1990. Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Environmental Geochemistry]. Moscow, Publ. Nedra, 335 p.
- Stifeev A.I., Nikitina O.V., Lazarev V.I., Zinoviev R.A. 2021. Agroecological State of the Soil Cover on the Territory of Iron Ore Deposits of the Kursk Magnetic Anomaly. Agrochemistry, 7: 57–63 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121070103>
- Ahmad W., Alharthy R.D., Zubair M., Ahmed M., Hameed A., Rafique S. 2021. Toxic and Heavy Metals Contamination Assessment in Soil and Water to Evaluate Human Health Risk. Scientific Reports, 11: 17006. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94616-4>.
- Deng S., Zhang X., Zhu Y., Zhuo R. 2024. Recent Advances in Phyto-Combined Remediation of Heavy Metal Pollution in Soil. Biotechnology Advances, 72: 108337. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2024.108337>.
- Semenkov I., Koroleva T. 2020. Heavy Metals Content in Soils of Western Siberia in Relation to International Soil Quality Standards. Geoderma Regional, 21: e00283. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00283>.
- Vodyanitskii Y.N. 2010. Equations for Assessing the Total Contamination of Soils with Heavy Metals and Metalloids. Eurasian Soil Science, 43: 1184–1188. <https://doi.org/10.1134/S106422931010011X>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. Environmental Pollution, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>.
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. Science of the Total Environment, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>.

*Поступила в редакцию 29.07.2024;  
поступила после рецензирования 23.08.2024;  
принята к публикации 09.09.2024*

*Received July 29, 2024;  
Revised August 23, 2024;  
Accepted September 09, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Поletaев Арсений Олегович**, кандидат географических наук, инженер отдела нормирования источников загрязнения **Arseniy O. Poletaev**, Candidate of Geographical Sciences, Engineer of the Department for Air Pollution Sources Standardization of the Federal



воздуха Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Regional Center for Aerospace and Ground Monitoring of Objects and Natural Resources, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

**Севрюков Илья Сергеевич**, магистрант Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

**Ilya S. Sevryukov**, Master Student of the Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia



УДК 910.1+910.3  
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-466-476

## **Эстетическое направление в географии: тематика и динамика исследований последних десятилетий**

**Гайденко Е.М.**

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

**Аннотация.** В статье представлен библиометрический анализ публикаций, посвященных эстетической оценке и эстетическим свойствам ландшафта. Проанализированы тематика и динамика исследований в области эстетической географии, представленных на четырех цифровых ресурсах – платформах научного цитирования (научные статьи, материалы конференций, монографии, диссертации). Оценка динамики публикационной активности авторов в данной статье осуществлялась на основе поискового запроса на четырех системах научного цитирования. Представленным библиометрическим анализом охвачены публикации как отечественных, так и зарубежных ученых, вышедшие в период с 1980 по 2024 г. Проанализирована динамика публикаций за отдельные годы и пятилетние периоды, ключевые этапы и взлеты активности. Проведено сравнение количества публикаций по странам, выделены наиболее активные регионы. Выявлено количество и проанализирована тематика диссертационных работ, представленных на соискание ученой степени кандидата/доктора географических наук. По результатам анализа выявлены тенденции и паттерны в научных исследованиях, проводимых в рамках эстетического направления в географии.

**Ключевые слова:** эстетическая география, эстетическая оценка ландшафтов, библиометрический анализ, публикационная активность, диссертации

**Для цитирования:** Гайденко Е.М. 2024. Эстетическое направление в географии: тематика и динамика исследований последних десятилетий. Региональные геосистемы, 48(3):466–476. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-466-476

---

## **Aesthetic Direction in Geography: Themes and Dynamics of Research in Recent Decades**

**Elena M. Gajdenko**

Belgorod State National Research University,  
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia  
E-mail: lopina@bsu.edu.ru

**Abstract.** The article presents a bibliometric analysis of publications devoted to aesthetic assessment and aesthetic properties of the landscape. The analysis was focused on the topics and dynamics of research into aesthetic geography presented in four digital resources – on scientific citation platforms (in scientific articles, conference materials, monographs, and dissertations). The dynamics of the authors' publication activity were evaluated on the basis of a search query in four scientific citation systems. The presented bibliometric analysis covers publications by both domestic and foreign scientists published from 1980 to 2024. The dynamics of publications for individual years and five-year periods, key stages and surges of activity were analyzed. A comparison of the number of publications by country was carried out, and the most active regions were identified. The number of dissertations submitted for the degree of Candidate/Doctor of Geographical Sciences has been revealed and analyzed. The analysis reveals trends and patterns of aesthetic geography research.

**Keywords:** aesthetic geography, aesthetic assessment of landscapes, bibliometric analysis, publication activity, dissertations

**For citation:** Gajdenko E.M. 2024. Aesthetic Direction in Geography: Themes and Dynamics of Research in Recent Decades. *Regional geosystems*, 48(3): 466–476 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-466-476

## Введение

В последнее время эстетическое направление в географии развивается весьма динамично, подтверждением служит появление новых трудов, в том числе монографий, публикаций, подготовка и защита ряда диссертационных работ. Эстетическое направление в географии действительно прошло значительные этапы развития, начиная с первой половины XX века и до наших дней. В 1920–1930-х годах работы таких ученых, как А. Геттнер и В.П. Семенов-Тянь-Шанский, сыграли ключевую роль в развитии ландшафтной эстетики. А. Геттнер заложил основы для дальнейшего изучения взаимосвязи человека и природы с акцентом на визуальные и эмоциональные аспекты ландшафта. Его идеи о том, что красота ландшафта должна рассматриваться как одна из важнейших географических категорий, действительно подчеркивают необходимость учитывать эстетические факторы в территориальном планировании и управлении природными ресурсами. С другой стороны, идеология, доминировавшая в СССР, сделала акцент на «рациональном использовании» природных ресурсов, часто в ущерб эстетическим и культурным аспектам окружающей среды. Это влияние ограничивало развитие эстетического направления и, как следствие, природоохранных исследований.

К началу 90-х годов XX века, с изменением политической ситуации и возрастанием интереса к экологии и охране окружающей среды, наметилась новая волна интереса к эстетическим аспектам в географии. Такие ученые, как Д.Л. Арманд и А.Г. Исаченко, начали развивать геоэкологические подходы, акцентируя внимание на взаимосвязи культурного и природного ландшафтов [Арманд, 1971]. Но до 1990-х гг. разработка вопросов эстетики восприятия в России (бывшем СССР) не получила должного развития и ограничилась лишь отдельными публикациями. В начале 2000-х годов интерес к научным исследованиям в области эстетической географии в последние годы заметно возрос, о чем может свидетельствовать проведенный автором анализ.

## Объекты и методы исследования

Оценка динамики публикационной активности авторов в данной статье осуществлялась на основе поискового запроса на четырех цифровых ресурсах: Академия Google, eLibrary, Scilit и Dissert Cat.

Академия Google [2024] является обширной поисковой системой, содержащей множество материалов (несколько миллионов научных работ) по всем научным областям как в открытом, так и закрытом доступе. В базе Академии Google содержатся научные статьи, авторефераты и диссертации, обзоры, научные доклады и авторефераты ученых всего мира.

eLibrary [2024] фокусируется на российских исследованиях, предлагая доступ к научным статьям, журналам, аналитическим обзорам и другим полезным материалам, причем большинство контента доступно для всех пользователей. Журналы, входящие в состав данной платформы, являются авторитетными и рецензируемыми ВАК и/или РИНЦ. На данной площадке также представлены аналитические и информационные обзоры.



В отличие от Академии Google, на eLibrary размещаются только труды отечественных исследователей. В данной статье представлен количественный анализ публикаций отечественных авторов на русском языке.

Dissert Cat [2024] выделяется как крупнейшая научная сеть в Рунете, сосредотачиваясь на защищенных и тщательно проверенных исследованиях, таких как авторефераты, диссертации и монографии. Она предлагает разнообразный доступ к своим материалам, включая открытое описание, доступное каждому пользователю, и полный текст научных работ, доступный только для зарегистрированных и подписанных пользователей.

Scilit [2024] – бесплатная и всеобъемлющая платформа-агрегатор контента для научных публикаций, в основном зарубежных: статьи, материалы конференций, диссертации, патенты, книги.

Каждый из этих ресурсов представляется полезным для научных исследований. Дополнительный анализ исследований на этих ресурсах может помочь найти нужную информацию.

Работа с ресурсами основывается на классической схеме, состоящей из нескольких последовательных этапов: поиск информации (понимание темы исследования и выбор подходящих ключевых слов), использование разных источников (параллельный поиск в поисковых системах и специализированных ресурсах может существенно увеличить объем найденной информации), формулирование запросов, чтение и скачивание, систематизация всех собранных данных.

Для подробного библиометрического анализа публикаций в области эстетической географии рассматривались несколько ключевых аспектов:

Динамика публикаций: позволяет проследить как изменялся интерес к эстетической географии с течением времени, выявить пики активности, а также возможные спады, которые могут быть связаны с изменениями в научных приоритетах или финансировании.

Географическое распределение: анализ публикаций по странам может дать представление о том, где исследования в данной области наиболее развиты, и какие страны вносят значительный вклад в развитие эстетического направления в географии.

Диссертационные работы: исследование тематики диссертаций может помочь выявить, какие вопросы остаются недостаточно изученными и требуют дальнейших исследований. Это может стать основой для будущих исследований и проектов.

Тематика исследований: важно проанализировать, какие основные темы развиваются в рамках эстетической географии. Это могут быть работы, посвященные восприятию ландшафта, исследованию эстетических предпочтений различных групп населения, а также экологическим аспектам, связанным с эстетикой.

### **Результаты и их обсуждение**

В данной статье была проанализирована публикационная активность за период с 1980 по 2024 г.

В таблице содержатся данные по количеству научных публикаций на сайтах Академии Google, на eLibrary, в которых рассмотрены вопросы эстетической географии.

Поиск проводился по двум вариантам словосочетаний «эстетическая оценка ландшафта» и «эстетические свойства ландшафта». Поиск указанных словосочетаний – путем анализа названий публикаций, ключевых слов, аннотации. Источники поиска – статьи в журналах, книги, материалы конференций, диссертации.

На сайте eLibrary анализировались те статьи, которые вошли в библиографическую базу данных научных публикаций российских ученых и индекс цитирования научных статей (РИНЦ). Результаты таблицы позволяют проследить существенную динамику в публикационной активности за последние 40 лет. В каждом пятилетнем периоде, на основе анализа результатов поиска в Академии Google, отмечено более чем двукратное увеличе-

ние. Динамика публикаций на eLibrary (РИНЦ) в целом схожа, исключением является 2023 год (2024 год не может быть учтен, поскольку данные были собраны только за период с 01.01.2024 по 30.06.2024).

Количество научных публикаций на сайтах Академии Google и на eLibrary  
Number of scientific publications in Google Scholar sites and eLibrary

Годы	Результаты поиска по запросам на сайтах			
	Академия Google		eLibrary (РИНЦ)	
	Эстетическая оценка ландшафта	Эстетические свойства ландшафта	Эстетическая оценка ландшафта	Эстетические свойства ландшафта
2020–2024*	12800	7800	375	315
2015–2019	14700	9810	457	378
2010–2014	7870	5450	604	637
2005–2009	3410	2430	229	245
2000–2004	1080	829	36	33
1995–1999	296	233	15	13
1990–1994	125	95	9	12
1985–1989	108	83	2	4
1980–1984	65	68	0	0
Всего	40454	26748	1728	1638

\*В 2024 году количество публикаций учитывалось за период с 1 января по 30 июня.

Для последующего библиометрического анализа данных можно рассмотреть кривую публикаций, размещенных на платформе Scilit (рис. 1).

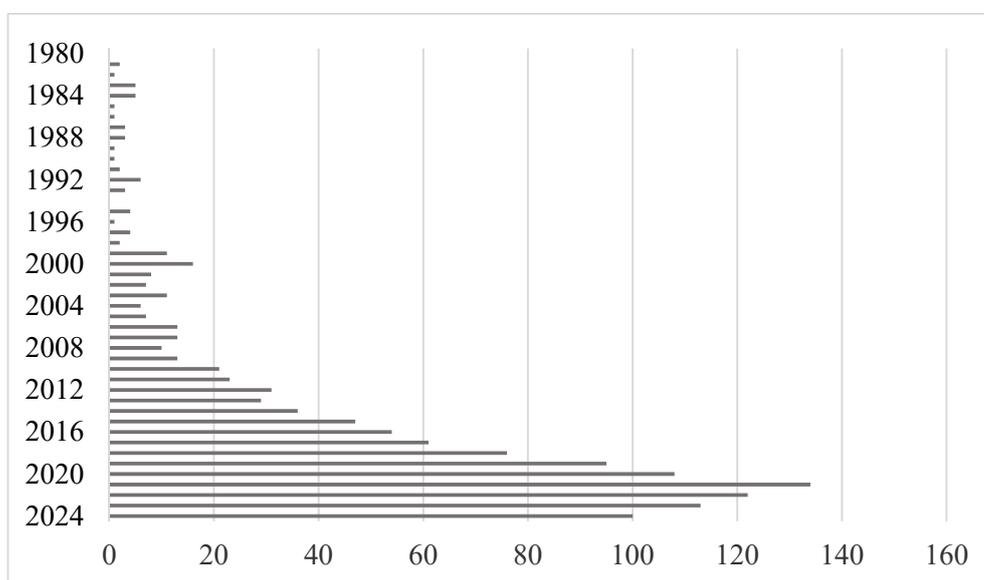


Рис. 1. Количество публикаций на платформе Scilit  
Fig. 1. Number of publications on the Scilit platform

Исследования в области эстетической географии активно проводятся в различных странах, и некоторые из них выделяются наиболее ярко благодаря сложившимся традициям в области науки и искусства, а также развитию экологической и социально-экономической теории.

На рис. 2 представлена группировка публикаций по странам. В 2024 году количество публикаций учитывалось за период с 1 января по 30 июня.

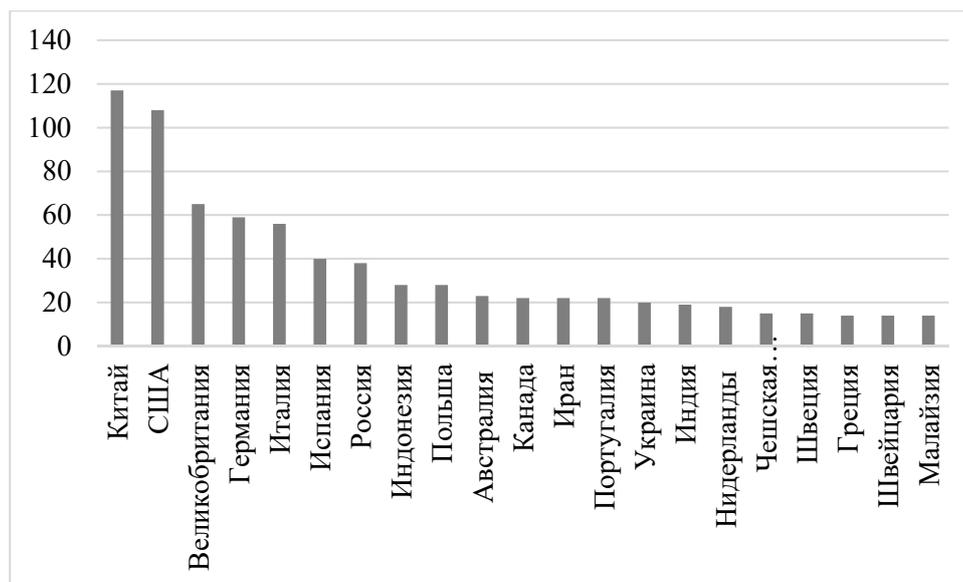


Рис. 2. Количество публикаций по странам на платформе Scilit  
 Fig. 2. Number of publications by country on the Scilit platform

Одним из лидеров в исследованиях эстетической географии являются США. Университеты, такие как Гарвард, Стэнфорд и UC Berkeley, активно изучают взаимодействие человека и природного окружения, уделяя внимание культурным, социальным и психологическим аспектам восприятия ландшафта. В Великобритании эстетическая география также имеет сильные позиции, особенно в контексте культурной географии. Канада, с ее разнообразными природными ландшафтами, активно изучает экологическую эстетику и важность сохранения биоразнообразия. Канадские исследователи часто рассматривают вопросы, связанные с идентичностью, природой и искусством. Австралия также выделяется своими исследованиями в области эстетической географии, особенно с учетом разнообразия ее природных экосистем и культурных традиций коренных народов. Исследования широко охватывают взаимодействие культуры, природы и искусства. В Германии активно исследуются темы, связанные с культурной экоэстетикой, урбанистической географией и отношением человека к природному окружению. Здесь находятся некоторые из ведущих научных центров, занимающихся устойчивым развитием и природоохранной деятельностью. Скандинавские страны, имея богатую природу и высокую степень экологического сознания, также активно занимаются исследованиями в области эстетической географии, акцентируя внимание на устойчивом развитии и восприятии природы. Исследования в области эстетики ландшафтов в Китае представляют собой многогранное направление, которое объединяет философские, культурные, экологические и научные аспекты. С учетом возросшей динамики исследования китайских ученых имеют важное значение как для китайского общества, так и для глобальной науки в целом.

Основной тренд – во всех этих странах наблюдается рост интереса к вопросам устойчивого развития, экологической эстетики и воздействия городской среды на общество. Использование новых технологий, таких как геоинформационные системы (ГИС), также способствует углублению исследований.

Научная сеть «Dissert Cat» позволяет выявить диссертации на соискание ученой степени кандидата/доктора географических наук, в которых рассмотрены вопросы эстетической географии. За период с 1985 по 2024 г. насчитывается 27 диссертаций на соискание ученой степени кандидата/доктора географических наук (рис. 3). Поиск осуществлялся по словосочетанию «эстетическая география». Брались во внимание только диссертации по географическим специальностям. Анализировалось содержание

работ для выявления принадлежности исследования диссертации к эстетическому направлению. В Dissert Cat не размещены на данный момент диссертации, защита которых состоялась в 2023 и 2024 гг. Тематика диссертационных исследований 2023 года и первой половины 2024 года анализировалась по объявлениям о защитах, публикуемых на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

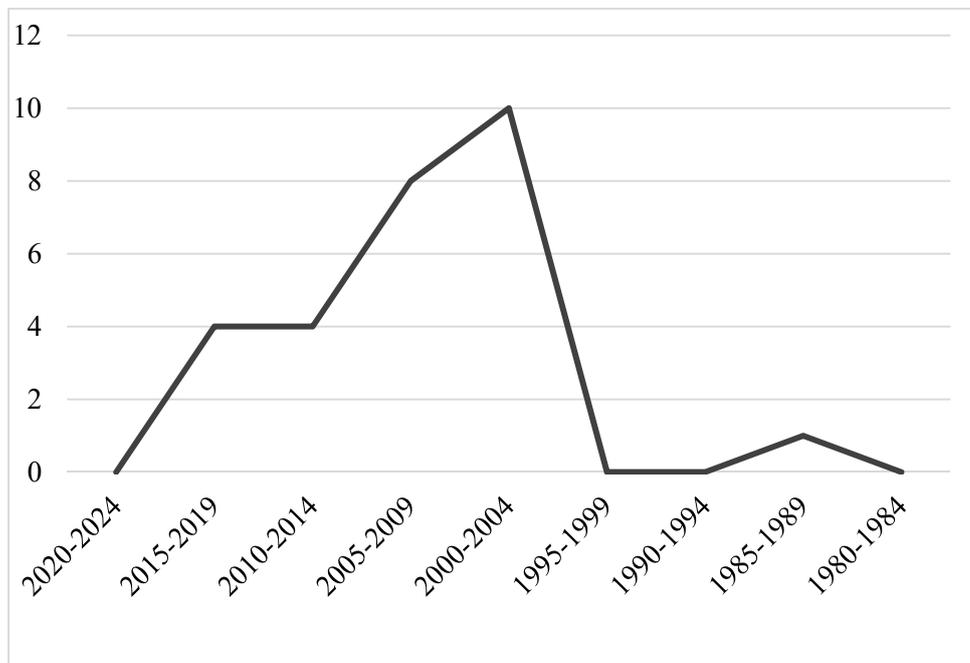


Рис. 3. Количество защищенных диссертаций на соискание ученой степени кандидата/доктора географических наук, в которых рассмотрены вопросы эстетической географии  
Fig. 3. The number of defended dissertations for the degree of candidate/doctor of geographical sciences, which examine issues of aesthetic geography

Пик защит пришелся на период с 2005 по 2009 г., в том числе защита диссертации автора статьи. Если анализировать только публикационную активность, то можно отметить спад ее активности. За период с 2020 года по настоящее время не было защищено ни одной диссертации. Стоит отметить, что многие исследователи, защитившие указанные диссертации, продолжают свои исследования в данном направлении, в том числе автор статьи [Дирин, Попов, 2010; Назаренко и др., 2015; Бибаева, 2022; Гайденок, 2023]. Большинство диссертационных работ по исследованной тематике защищались по научным специальностям «Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов» и «Экономическая, социальная и политическая география». Отдельные работы соответствовали паспорту специальности «Геоморфология и эволюционная география» и «Геоэкология».

Тематика эстетической оценки ландшафтов является широко обсуждаемой в научных кругах, и многие диссертации исследуют данный аспект. Основные направления рассмотренных диссертаций:

- Методы оценки эстетической ценности ландшафтов (разработка и применение различных качественных и количественных методов оценки эстетики природных и городских ландшафтов; исследование влияния культурных контекстов на восприятие ландшафтов).
- Эстетика городских пространств и агроландшафтов (анализ визуальных компонентов городской среды и их влияние на восприятие, роль зеленых зон в городских ланд-



шафтах, функциональность и социальные аспекты, анализ эстетической ценности сельских ландшафтов).

– Культурная идентичность и ландшафт (культурное наследие формирует эстетические предпочтения и восприятие окружающей среды).

– Технологические подходы к оценке ландшафтов (использование геоинформационных систем (ГИС) для визуализации эстетических характеристик ландшафтов, оценка эстетических свойств в контексте рекреационных исследований).

Эстетика ландшафтов является междисциплинарной областью, охватывающей различные аспекты исследования и восприятия природных и культурных пространств. Очевидно, что тематика диссертационных работ подтверждает междисциплинарный характер. Наибольшее их число соответствует паспортам специальностей «Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия», «Лесоустройство и лесная таксация», «Экология», «Агролесомелиорация и защитное лесоразведение, озеленение населенных пунктов» и «Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними».

Возросший в последние годы интерес к научным исследованиям в области эстетической географии можно связать с несколькими факторами, которые отражены в соответствующих тематиках:

Увеличение городской урбанизации. С ростом городов возникает необходимость в осмыслении их эстетического восприятия. Это включает изучение городской среды, ее визуальных и чувственных характеристик, а также общественного восприятия городской архитектуры и зеленых пространств [Лабушева, 2022; Lopina, 2022; Zhang et al., 2022; Albaladejo-García et al., 2023].

Экологические проблемы. Устойчивое развитие и сохранение природных ландшафтов становятся ключевыми вопросами. Эстетическая оценка ландшафта связана с природоохранными инициативами, где важна не только функциональность, но и визуальная привлекательность природных территорий [Бондарь, 2020; Fang et al., 2024].

Культурные изменения. С глобализацией культурных процессов изменяются и эстетические предпочтения населения. Исследования в данной области помогают понять, как культурные факторы влияют на восприятие и оценку окружающего пространства [Колбовский, Медовикова, 2016; Быковская, Горбунов, 2020; Матвеева, Дмитрук, 2021; Калуцкова, Лозбенева, 2022].

Технологический прогресс. Развитие технологий, таких как спутниковые снимки, геоинформационные системы (ГИС) и виртуальная реальность, открывает новые возможности для визуализации и анализа ландшафтов. Это позволяет исследователям более точно и наглядно оценивать эстетические качества различных территорий [Шеремет и др., 2021; Kalinauskas et al., 2021].

Научные дискуссии. В последние годы активно обсуждаются вопросы эстетики в контексте изменения климата, и исследователи стремятся понять, как эти изменения влияют на восприятие и оценку ландшафта. Возникает потребность в междисциплинарных подходах, объединяющих эстетику, географию, экологию и социологию [Горбунов и др., 2020; Лозбенева, 2022].

Практическое применение. Результаты исследований в области эстетической географии могут быть применены в градостроительстве, ландшафтном дизайне и туристической инфраструктуре. Это позволяет улучшить качество жизни населения, а также привлечь туристов [Комлева и др., 2020; Ладик, Прохорова, 2020; Ahmadi Mirghaed et al., 2020; Śleszyński, 2021; Dirin et al., 2023].

## Заключение

Библиометрический анализ действительно является одним из инструментов для изучения различных аспектов развития науки и, в частности, эстетического направления в географии. Метод позволяет оценить динамику и ключевые тренды направлений научных исследований.

Проведенный анализ показал, что интерес к научным исследованиям в области эстетической географии в последние годы заметно возрос. Эстетическая география привлекает внимание исследователей как с теоретической, так и с практической стороны, что служит основой для дальнейшего развития этой области науки.

Тематика исследований последнего десятилетия включает как классические аспекты оценки эстетических свойств природных ландшафтов, так и современные интерпретации эстетики в контексте урбанистики и культурной географии.

Часто эстетическое направление в географии пересекается с другими дисциплинами, такими как экология, социология и культурология. Библиометрический анализ может помочь выявить эти взаимосвязи, отображая, как разные области взаимодействуют и влияют друг на друга.

## Список источников

- disserCat – электронная библиотека диссертаций. Электронный ресурс. URL: <https://www.dissercat.com/> (дата обращения: 30 июня 2024).
- eLIBRARY.ru. Научная электронная библиотека. Электронный ресурс. URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp?> (дата обращения: 30 июня 2024).
- Google Академия. Электронный ресурс. URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 30 июня 2024).
- Scilit. Бесплатная и всеобъемлющая платформа-агрегатор контента для научных публикаций. Электронный ресурс. URL: <https://www.scilit.net/> (дата обращения: 30 июня 2024).

## Список литературы

- Арманд Д.Л. 1971. Французские исследования в «науке о пейзажах». Известия АН СССР. Серия География, 6: 4–11.
- Бибаева А.Ю. 2022. Моделирование взаимосвязи пейзажно-эстетических качеств прибрежных ландшафтов. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 41: 37–48. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.41.37>
- Бондарь Е.С. 2020. Эмоционально-эстетическое восприятие ландшафта Опускского заповедника Крыма. В кн.: Журналистика и география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 20–21 марта 2020. Воронеж, Воронежский государственный университет: 146–149.
- Быковская О.П., Горбунов А.С. 2020. Эстетика ландшафта как критерий выделения памятника природы. В кн.: Журналистика и география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 20–21 марта 2020. Воронеж, Воронежский государственный университет: 149–154.
- Гайдено Е.М. 2023. Эстетические и потребительские параметры современной сельской среды. Региональные геосистемы, 47(3): 382–391. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-382-391>.
- Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Горбунова Т.Ю. 2020. Нерешенные теоретические и методологические вопросы при эстетической оценке ландшафтов. Географический вестник, 3(54): 6–22. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-3-6-22>
- Дирин Д.А., Попов Е.С. 2010. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов: методологический обзор. Известия Алтайского государственного университета, 3–2(67): 120–124.
- Калуцкова Н.Н., Лозбенева Э.А. 2022. Оценка эстетических свойств равнинных ландшафтов дистанционными методами зондирования земли (на примере музея-заповедника «Куликово



- поле»). Известия Русского географического общества, 154(5–6): 47–58. <https://doi.org/10.31857/S0869607122050056>
- Колбовский Е.Ю., Медовикова У.А. 2016. Оценка эстетических свойств ландшафтов для управления территориями выдающейся культурно-исторической и природной ценности. Известия Русского географического общества, 148(3): 61–75.
- Комлева Е.А., Музеева А.Б., Ашикалиев А.Х. 2020. Эстетическая оценка ландшафтов в пространственно-территориальном планировании Оренбургской области. В кн.: Журналистика и география. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Воронеж, 20–21 марта 2020. Воронеж, Воронежский государственный университет: 205–208.
- Лабушева А. 2022. Прекращенная эстетика: последствия резких изменений городских ландшафтов. В кн.: Строительство и реконструкция. 4-я Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 27 мая 2022. Курск, Юго-Западный государственный университет: 374–376.
- Ладик Е.И., Прохорова Т.Р. 2020. Оценка эстетической привлекательности пейзажей при планировании рекреационных зон (на примере Белгородской области). Техническая эстетика и дизайн-исследования, 2(1): 36–50. <https://doi.org/10.34031/2687-0878-2020-2-1-36-50>
- Лозбенева Э.А. 2022. Методические подходы к оценке эстетических свойств ландшафтов. Вестник Российского университета дружбы народов, Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 30(2): 116–126.
- Матвеева П.В., Дмитрук Н.Г. 2021. Оценка эстетической привлекательности культурных ландшафтов Новгородской области. В кн.: География: развитие науки и образования. Международная научно-практическая конференция LXXIV Герценовские чтения, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021. Санкт-Петербург, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена: 340–343.
- Назаренко О.В., Рубан Д.А., Заяц П.П. 2015. Эстетическая аттрактивность водных объектов (родников и водопадов) на юге России: апробация новой методики. Географический вестник, 3(34): 18–25.
- Шермет Э.А., Калуцкова Н.Н., Дехнич В.С. 2021. Визуальные свойства ландшафтов и методы их оценки с применением ГИС (на примере Белоградчишских скал (Болгария)). ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(2): 191–204. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204>
- Ahmadí Mirghaed F., Mohammadzadeh M., Salmanmahiny A., Mirkarimi S.H. 2020. Assessing the Interactions Between Landscape Aesthetic Quality and Spatial Indices in Gharasoo Watershed, North of Iran. International Journal of Environmental Science and Technology, 17: 231–242. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02342-2>
- Albaladejo-García J.A., Zabala J.A., Alcon F., Dallimer, M., Martínez-Paz J.M. 2023. Integrating Socio-Spatial Preference Heterogeneity Into the Assessment of the Aesthetic Quality of a Mediterranean Agricultural Landscape. Landscape and Urban Planning, 239: 104846. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104846>
- Dirin D., Rasputina E., Kuklina M., Krasnoshtanova N., Trufanov A., Batotsyrenov E., Lysanova G. 2023. Potential for Tourism and Recreation in the Todzhinsky Kozhuun (District), Republic of Tyva, RF. Sustainability, 15(14): 11087. <https://doi.org/10.3390/su151411087>
- Fang Y.N., Tian J., Namaiti A., Zhang S., Zeng J., Zhu, X. 2024. Visual Aesthetic Quality Assessment of the Streetscape from the Perspective of Landscape-Perception Coupling. Environmental Impact Assessment Review, 106: 107535. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107535>
- Lopina E. 2022. The Structure of Aesthetic and Consumer Parameters of the Environment of Settlements by the Case of the Belgorod Agglomeration, the European part of Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1043(1): 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012019>
- Kalinauskas M., Mikša K., Inácio M., Gomes E., Pereira P. 2021. Mapping and Assessment of Landscape Aesthetic Quality in Lithuania. Journal of Environmental Management, 286: 112239. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112239>
- Śleszyński P. 2021. Multi-Item Assessment of Physiognomic Diversity of Geocomplexes as a Comprehensive Method of Visual-Aesthetic Landscape Assessment. Geographies, 1(1): 22–46. <https://doi.org/10.3390/geographies1010003>

Zhang N., Zheng X., Wang X. 2022. Assessment of Aesthetic Quality of Urban Landscapes by Integrating Objective and Subjective Factors: a Case Study for Riparian Landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9: 735905. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.735905>

## References

- Armand D.L. 1971. Frantsuzskiyе issledovaniya v «nauke o peyzazhakh» [French Studies in the “Science of Landscapes”]. *Izvestiya AN SSR. Seriya Geografiya*, 6: 4–11.
- Bibayeva A.Yu. 2022. Modeling the Interconnection of Landscape-Aesthetic Qualities of Coastal Landscapes. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 41: 37–48 (in Russian). <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2022.41.37>
- Bondar E.S. 2020. Emotional and Aesthetic Perception of the Landscape of the Opuk Reserve of Crimea. In: *Journalism and Geography. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Voronezh, 20–21 March 2020*. Voronezh, Publ. Voronezh State University: 146–149.
- Bykovskaya O.P., Gorbunov A.S. 2020. Landscape Aesthetics as a Criterion of Selection of Natural Reserve. In: *Journalism and Geography. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Voronezh, 20–21 March 2020*. Voronezh, Publ. Voronezh State University: 149–154.
- Gajdenko E.M. 2023. Aesthetic and Consumer Parameters of Modern Rural Environment. *Regional geosystems*, 47(3): 382–391 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-3-382-391>
- Gorbunov R.V., Tabunshchik V.A., Gorbunova T.YU. 2020. Unsolved Theoretical and Methodological Issues in Aesthetic Assessment of Landscapes. *Geographical bulletin*, 3(54): 6–22. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2020-3-6-22>
- Dirin D.A., Popov E.S. 2010. Evaluation of Landscape and Aesthetic Appeal of Landscapes: a Methodological Review. *Izvestiya of Altai State University*, 3–2(67): 120–124 (in Russian).
- Kalutskova N.N., Lozbeneva E.A. 2022. Evaluation of the Aesthetic Properties of Plain Landscape by Remote Earth Sounding Methods (Case Study of the Museum-Reserve “Kulikovo Pole”). *Proceedings of the Russian Geographical Society*, 154(5–6): 47–58 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869607122050056>
- Kolbovskiy E.Yu., Medovikova U.A. 2016. Evaluation of Landscape Aesthetic Properties for the Managing of Areas of Outstanding Natural and Culture-Historical Value. *Proceedings of the Russian Geographical Society*, 148(3): 61–75.
- Komleva E.A., Muzejeva A.B., Ashikkaliyev A.H. 2020. Aesthetic Assessment of Landscapes in Spatial-Territorial Planning of Orenburg Region. In: *Journalism and Geography. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Voronezh, 20–21 March 2020*. Voronezh, Publ. Voronezh State University: 205–208 (in Russian).
- Labusheva A. 2022. Prekrashchennaya estetika: posledstviya rezkikh izmeneniy traditsionnykh landshaftov [Discontinued Aesthetics: Consequences of Abrupt Changes in Traditional Landscapes]. In: *Stroitelstvo i rekonstruktsiya [Construction and Reconstruction]*. 4th All-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates, masters and bachelors, Kursk, 27 May 2022. Kursk, Publ. Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet: 374–376.
- Ladik E.I., Prohorova T.R. 2020. Assessment of Aesthetic Attractiveness of Landscapes when Planning of Recreation Areas (Belgorod Region as an Example). *Tekhnicheskaya estetika i proyektnyye issledovaniya*, 2(1): 36–50. <https://doi.org/10.34031/2687-0878-2020-2-1-36-50>
- Lozbeneva E.A. 2022. Methodological Approaches to Assessment of Aesthetic Properties of Landscapes. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*, 30(2): 116–126.
- Matveeva P.V., Dmitruk N.G. 2021. Assessment of Aesthetic Attractiveness of Cultural Landscapes of the Novgorod Region. In: *Geography: Development of Science and Education. International Scientific and Practical Conference LXXIV Herzen Readings, St. Petersburg, 21–23 April 2021*. St. Petersburg, Publ. Rossiyskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet im. A. I. Gertsena: 340–343.
- Nazarenko O.V., Ruban D.A., Zayats P.P. 2015. Aesthetic Attractiveness of Water Objects (Springs and Waterfalls) in The South of Russia: Testing New Method. *Geographical Bulletin*, 3(34): 18–25 (in Russian).



- Sheremet E.A., Kalutskova N.N., Dekhnich V.S. 2021. Visual Characteristics of Landscapes and Methods for Their Assessment on GIS (Belogradchik Rocks (Bulgaria) as an Example). *InterKarto. InterGIS*, 27(2): 191–204 (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204>
- Ahmadi Mirghaed F., Mohammadzadeh M., Salmanmahiny A., Mirkarimi S.H. 2020. Assessing the Interactions Between Landscape Aesthetic Quality and Spatial Indices in Gharasoo Watershed, North of Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17: 231–242. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02342-2>
- Albaladejo-García J.A., Zabala J.A., Alcon F., Dallimer, M., Martínez-Paz J.M. 2023. Integrating Socio-Spatial Preference Heterogeneity Into the Assessment of the Aesthetic Quality of a Mediterranean Agricultural Landscape. *Landscape and Urban Planning*, 239: 104846. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104846>
- Dirin D., Rasputina E., Kuklina M., Krasnoshtanova N., Trufanov A., Batotsyrenov E., Lysanova G. 2023. Potential for Tourism and Recreation in the Todzhinsky Kozhuun (District), Republic of Tyva, RF. *Sustainability*, 15(14): 11087. <https://doi.org/10.3390/su151411087>
- Fang Y.N., Tian J., Namaiti A., Zhang S., Zeng J., Zhu, X. 2024. Visual Aesthetic Quality Assessment of the Streetscape from the Perspective of Landscape-Perception Coupling. *Environmental Impact Assessment Review*, 106: 107535. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2024.107535>
- Lopina E. 2022. The Structure of Aesthetic and Consumer Parameters of the Environment of Settlements by the Case of the Belgorod Agglomeration, the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1043(1): 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012019>
- Kalinauskas M., Mikša K., Inácio M., Gomes E., Pereira P. 2021. Mapping and Assessment of Landscape Aesthetic Quality in Lithuania. *Journal of Environmental Management*, 286: 112239. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112239>
- Śleszyński P. 2021. Multi-Item Assessment of Physiognomic Diversity of Geocomplexes as a Comprehensive Method of Visual-Aesthetic Landscape Assessment. *Geographies*, 1(1): 22–46. <https://doi.org/10.3390/geographies1010003>
- Zhang N., Zheng X., Wang X. 2022. Assessment of Aesthetic Quality of Urban Landscapes by Integrating Objective and Subjective Factors: a Case Study for Riparian Landscapes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9: 735905. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.735905>

*Поступила в редакцию 03.08.2024;*

*поступила после рецензирования 02.09.2024;*

*принята к публикации 10.09.2024*

*Received August 03, 2024;*

*Revised September 02, 2024;*

*Accepted September 10, 2024*

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Гайденко Елена Михайловна**, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Elena M. Gajdenko**, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geography, Geoecology and Life Safety, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia