

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

REGIONAL GEOSYSTEMS

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2023. Том 47, № 1

16+

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ

2023. Том 47, № 1

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», Издательский дом «БелГУ».

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Главный редактор

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

Ведущий редактор

Голеусов П.В., доктор географических наук, 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)

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

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

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

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

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

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

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. Ивахненко. Корректурa, компьютерная верстка и оригинал-макет Н.А. Вус. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Гарнитуры Times New Roman, Arial, Impact. Уч.-изд. л. 17,9. Дата выхода 30.03.2023. Оригинал-макет подготовлен отделом объединенной редакции научных журналов НИУ «БелГУ». Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

СОДЕРЖАНИЕ

- 5 **Сабурина А.А.**
Программа развития территории как инструмент преодоления эффекта поляризации
(на примере программы социально-экономического развития «Восток»)
- 23 **Тенчиков А.А.**
Этноконфликтотенный потенциал территории: особенности и проблемы оценки на примере Республики Казахстан
- 34 **Huseynova B.A.**
Depopulation of the Ethnic Diverse Mountain Villages in the Northwestern Part of Azerbaijan and the Development
of a Sustainable Rural Development Model
- 49 **Атаев З.А.**
Морфологическая надежность энергетического пространства Дагестана
- 62 **Ивонин В.М.**
Синергетика систем агролесомелиорации
- 76 **Корнилов А.Г., Киселев В.В., Курепина В.А., Лопина Е.М., Боровлев А.Э.**
Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области
- 88 **Донец А.Н., Крупочкин Е.П., Табакаева Е.М., Котельникова А.В.**
Анализ поведения туристов в условиях развития комплекса «Бирюзовая Катунь»:
использование беспилотных аппаратов
- 101 **Буряк Ж.А., Нарожняя А.Г., Маринина О.А.**
Эрозионная опасность пахотных земель Белгородской области
- 116 **Teslenok S.A, Mushtaikin A.P.**
Electronic Terminological Dictionary-Sourcebooks as an Innovative form of Information and Communication
Technologies in Geoinformation and Cartographic Education
- 126 **Вампилова Л.Б., Сикан А.В.**
Изменения породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход
- 145 **Кондауров Р.А.**
Изучение влияния режимов функционирования улично-дорожной сети на акустическое состояние
примагистральных территорий
- 156 **Ильин Ю.М., Раднаева М.В., Даржаев В.Х.**
Результаты мониторинга состояния геосистем с использованием мезофауны беспозвоночных
как биоиндикаторов антропогенного воздействия

REGIONAL GEOSYSTEMS

2023. Volume 47, No. 1

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 (PVIHL).

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

Publisher: Belgorod National Research University «BelSU» Publishing House.

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Chief Editor

Fedor N. Lisetskii, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod 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. Vitchshenko, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus)

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

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

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

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

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

Maria I. 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/year

Commissioning Editor Yu.V. Ivakhnenko. Pag Proofreading, computer imposition, page layout by N.A. Vus. E-mail: goleusov@bsu.edu.ru. Typefaces Times New Roman, Arial, Impact. Publisher's signature 17,9. Date of publishing 30.03.2023. The layout was prepared by the Department of the joint editorial Board of scientific journals of NRU "BelSU". Address: 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

CONTENTS

- 5 **Saburina A.A.**
Territory Development Program as a Tool to Overcome the Polarization Effect
(on the Example of the «Vostok» Socio-Economic Development Program)
- 23 **Tenchikov A.A.**
The Ethno-Conflict Potential of a Territory: Characteristics and Problems of Estimation on the Example
of the Republic of Kazakhstan
- 34 **Huseynova B.A.**
Depopulation of the Ethnic Diverse Mountain Villages in the Northwestern Part of Azerbaijan and the Development
of a Sustainable Rural Development Model
- 49 **Ataev Z.A.**
Morphological Reliability of Dagestan's Energy Space
- 62 **Ivonin V.M.**
Synergetics of Agroforestry Systems
- 76 **Kornilov A.G., Kiselev V.V., Kourepina V.A., Lopina E.M., Borovlev A.E.**
Biogenic Pollution of Water Bodies in Agricultural Areas of the Belgorod Region
- 88 **Dunets A.N., Krupochkin E.P., Tabakaeva E.M., Kotelnikova A.V.**
Unmanned Aerial Vehicles for Analyzing the Behavior of Tourists on the "Biruzovaya Katun"
- 101 **Buryak Zh.A., Narozhnyaya A.G., Marinina O.A.**
Erosion Risk of Arable Land in the Belgorod Oblast
- 116 **Teslenok S.A., Mushtaikin A.P.**
Electronic Terminological Dictionary-Sourcebooks as an Innovative form of Information and Communication
Technologies in Geoinformation and Cartographic Education
- 126 **Vampilova L.B., Sikan A.V.**
Changes in the Species Composition of Karelian Forests: A Historical and Geoecological Approach
- 145 **Kondaurov R.A.**
Study of the Influence of the Modes of Functioning of the Street and Road Network on the Acoustic Condition of the Mainline
Territories
- 156 **Ilijin Yu.M., Radnaeva M.V., Darzhaev V.Kh.**
Results of Monitoring of Geosystems Using Invertebrate Mesofauna as Bioindicators of Anthropogenic Impact

УДК 911.9
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-5-22

Программа развития территории как инструмент преодоления эффекта поляризации (на примере программы социально-экономического развития «Восток»)

Сабурина А.А.

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта,
Россия, 236016, г. Калининград, ул. А. Невского, 14
E-mail: saburina95@mail.ru

Аннотация. Проблемы преодоления поляризационных процессов в современной экономгеографии рассматриваются научным сообществом с разных точек зрения, но большинство работ посвящены проблемам оценки поляризационных процессов регионов. Вопросы преодоления поляризации путем применения набора инструментов пространственного и стратегического планирования изучены мало и по большей части основаны на теоретико-методических исследованиях. Поэтому прикладное использование инструментов сглаживания поляризации является актуальной темой исследования. Целью данного исследования является анализ одной из программ развития как инструмента преодоления поляризационных процессов на примере Калининградской области. В результате исследования были выявлены основные направления и перспективы дальнейшего развития программы социально-экономического развития «Восток». Автором был проанализирован ряд социально-экономических показателей муниципалитетов, входящих в программу, в частности, показатели товарооборота на душу населения, объемов промышленного и сельскохозяйственного производства продукции, ввода в действие жилых домов. Муниципальные образования востока области, согласно полученным данным, развиваются неравномерно, в то время как приграничные отдаленные от федеральных трасс территории являются депрессивными, территории, расположенные ближе к центру, – более развиты. В ходе исследования была выявлена относительно низкая результативность программы (несмотря на достижения плановых цифр по ряду показателей, в восточных муниципалитетах до сих пор наблюдается сокращение рабочих мест, снижение количества предприятий и организаций и отток населения). Но при этом полученные результаты позволили выявить возможные перспективы дальнейшего развития программы как инструмента управления пространственным развитием мезорегиона.

Ключевые слова: поляризация, территория, процессы, инструменты сглаживания, пространственное, программа, восток Калининградской области

Для цитирования: Сабурина А.А. 2023. Программа развития территории как инструмент преодоления эффекта поляризации (на примере программы социально-экономического развития «Восток»). Региональные геосистемы, 47(1): 5–22. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-5-22

Territory Development Program as a Tool to Overcome the Polarization Effect (on the Example of the «Vostok» Socio-Economic Development Program)

Alena A. Saburina

Immanuel Kant Baltic Federal University,
14 A. Nevskogo St, Kaliningrad 236016, Russia
E-mail: saburina95@mail.ru

Abstract. The problems of overcoming polarization processes in modern economic geography are considered by the scientific community from different points of view, but most of the works are devoted to



the problems of assessing the polarization processes of regions. The issues of overcoming polarization through the use of a set of tools for spatial and strategic planning have been little studied and are based on theoretical and methodological studies. Therefore, the applied use of polarization smoothing tools is a topical topic of research. The purpose of this study is to analyze one of the development programs as a tool for overcoming polarization processes, using the example of the Kaliningrad region. As a result of the study, the main directions and prospects for the further development of the «Vostok» socio-economic development program were identified. The author analyzed a number of socio-economic indicators of the municipalities included in the «Vostok» program. In particular, indicators of trade turnover per capita, volumes of industrial and agricultural production, commissioning of residential buildings. The municipal formations of the east, according to the data obtained, develop unevenly, while the border territories remote from the federal highways are depressive, the territories located closer to the center of the region are more developed. The study revealed a low effectiveness of the program (despite the achievement of planned figures for a number of indicators, in the eastern municipalities there is still a reduction in jobs, a decrease in the number of enterprises and organizations and an outflow of the population). But at the same time, the results obtained made it possible to identify prospects for further development program as a tool for managing the spatial development of the mesoregion.

Key words: territory, polarization, processes, smoothing tools, spatial, program, east of the Kaliningrad region

For citation: Saburina A.A. 2023. Territory Development Program as a Tool to Overcome the Polarization Effect (on the Example of the «Vostok» Socio-Economic Development Program). Regional Geosystems, 47(1): 5–22 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-5-22

Введение

В настоящее время в научном сообществе активно изучаются вопросы социально-экономического развития регионов, в том числе и способы преодоления поляризационных процессов, происходящих на мезо- и микроуровнях. Вопросами пространственного развития территории с точки зрения экономики и географии занимаются такие ученые, как: Поздняков А.И. [2000], Зубаревич Н.В. [2001], Нефедова Т.Г. [2008; 2009], Герасимова А.Н. [2009а; б], Левченко С.А. [2012], Селиверстов В.Е. [2013], Дзагова С.С. и Мамбетова Ф.А. [2018] и др. Темой инструментов преодоления поляризационных процессов занимаются Бородовский М.Б. [2010], Егорова С.В. [2010], Николаева Н.А. [2011], Аслаева С.Ш. и др. [2018], Аслаева С.Ш. [2020], Кириенко О.Э. [2020] и ряд других авторов.

Поляризационные расселенческие процессы, по мнению ученых, неразрывно связаны с поляризационными процессами в экономике, что в свою очередь приводит к усилению гетерогенности развития городов и увеличению отрыва в социально-экономическом развитии центров от периферийных частей регионов [Нефедова, 2008; 2011]. Факторами, влияющими на социально-экономическое развитие, являются численность населения, специализация деятельности территории, транспортная и социальная инфраструктура [Зубаревич, 2001].

Основоположниками поляризационного развития и центр-периферийных теорий являются ученые-классики: в экономике – Дж. Фридман, в экономической истории – Ф. Бродель, в политологии – И. Валлерстайн. Все базовые теории сходятся в том, что есть центр и есть периферия, между которыми находится зона полупериферии. Ф. Бродель [1977] считал, что в пространстве существует один или два главных центра экономического притяжения. Согласно его теории, географические центры со временем перестают быть таковыми вследствие накопления капиталов в новых центрах. И. Валлерстайн [2001] же в своей теории мир-системного анализа говорит о том, что мир-экономика является трехуровневой: центр – высокоразвитые государства, периферия – страны, поставляющие сырье ядрам, и полупериферия – быстроразвивающиеся государства (Юго-Восточная Азия, Россия). На основе идей И. Валлерстайна была сформирована концепция Дж. Фридмана «центр-перифе-

рия». Дж. Фридман выделяет 4 типа экономических районов (ядра, растущие районы, районы нового освоения и депрессивные районы), важным элементом которых является диффузия нововведений [Friedmann, 1967a; b].

Вопросами неравномерного социально-экономического развития занимались и П. Кругман, М. Фуджита, А.И. Трейвиш. П. Кругман поднял вопросы расслоения регионов по уровням развития и вопросы связи между торговлей и социально-экономическим неравенством регионов [Манаков, 2012; 2015]. М. Фуджита изучал зависимость спроса на товары и роста городов от роста численности населения и развития сельского хозяйства [Fujita, Mori, 1996]. Трейвиш А.И. [2019] в своих работах анализирует неравномерность пространственного развития России, выделяет структурные типы районов. Все эти работы заложили основу изучения поляризационных процессов, происходящих по всему миру.

Во время анализа теоретико-методологической базы по тематике поляризационных процессов было установлено, что большая часть научных исследований касается проблемы оценки уровня поляризованности регионов, а вопросам инструментария для сглаживания поляризационных эффектов посвящено очень мало исследований. Поэтому вопросы управления социально-экономическим развитием территории в аспекте инструментария совершенствования пространственной организации для нивелирования эффекта поляризации являются актуальными.

Цель исследования – проанализировать программу социально-экономического развития «Восток» как инструмент преодоления поляризационных процессов, происходящих на периферии Калининградской области.

Задачи:

1. изучить основные инструменты сглаживания поляризационных процессов;
2. определить уровень развития восточных и центральных районов Калининградской области по ряду социально-экономических показателей;
3. провести анализ программы «Восток» по ряду показателей (пространственное распределение проектов, основные направления, объем финансирования, гранты, итоги);
4. оценить перспективы программы «Восток» как инструмента пространственного управления поляризацией.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является территория 11 муниципальных образований центральной и восточной части Калининградской области¹, входящих в программу «Восток». Данные муниципальные образования занимают 67 % от общей площади области (рис. 1), на их территории проживает 25,5 % от всего населения (262 тыс. чел.). 64 % восточных муниципальных образований являются приграничными территориями (7 из 11 граничат с Литвой на севере и востоке, и с Польшей на юге), что, наряду с удаленностью от областного центра, накладывает определенный отпечаток на специфику их развития. Для допандемийного периода было характерно наличие экономических и культурных связей между приграничными территориями и соседними государствами, которое оказывало влияние на уровень их социально-экономического развития. Во время пандемии эти связи стали разрываться и на фоне последних событий в мире практически сошли на нет. Поэтому такие программы, как программа «Восток» являются актуальными и своевременными инструментами развития территории. Программы направлены на развитие отечественного производства и улучшение качества муниципального управления, с целью снижения уровня неравномерности развития территорий и создания центров промышленного и сельскохозяйственного развития.

¹ Гвардейский городской округ, Гусевский городской округ, Неманский городской округ, Краснознаменский городской округ, Нестеровский район, Озерский городской округ, Славский городской округ, Советский городской округ, Полесский городской округ, Правдинский городской округ, Черняховский городской округ.

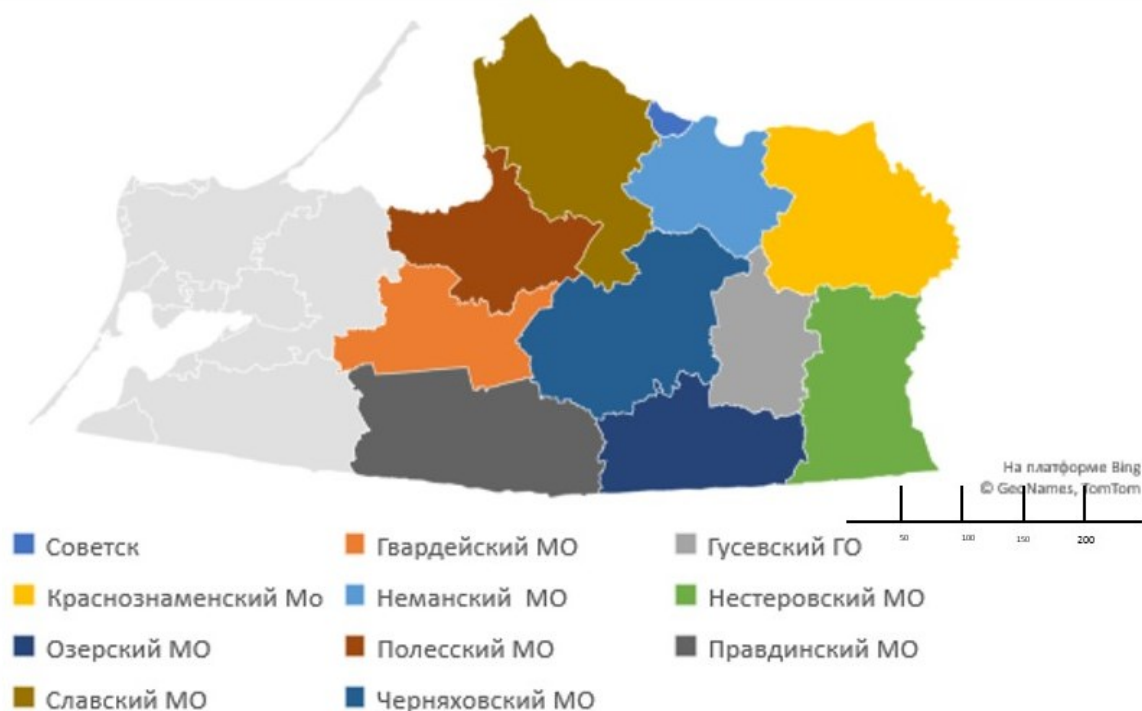


Рис. 1. Муниципальные образования Калининградской области, входящие в программу развития территорий «Восток» (выделены цветным)
 Fig. 1. Municipal formations of the Kaliningrad region, included in the program for the development of the territories «Vostok» (highlighted in color)

Необходимо отметить, что существует достаточно большое число инструментов сглаживания поляризации пространственного развития, среди которых программы развития территорий занимают не последнее место. В рамках проведенного исследования автором были изучены основные группы инструментов, которые применяются в современной практике пространственного и стратегического планирования. Традиционно их классифицируют по нескольким признакам: по содержанию, по месту возникновения и по масштабу влияния [Кириенко, 2020] (рис. 2).

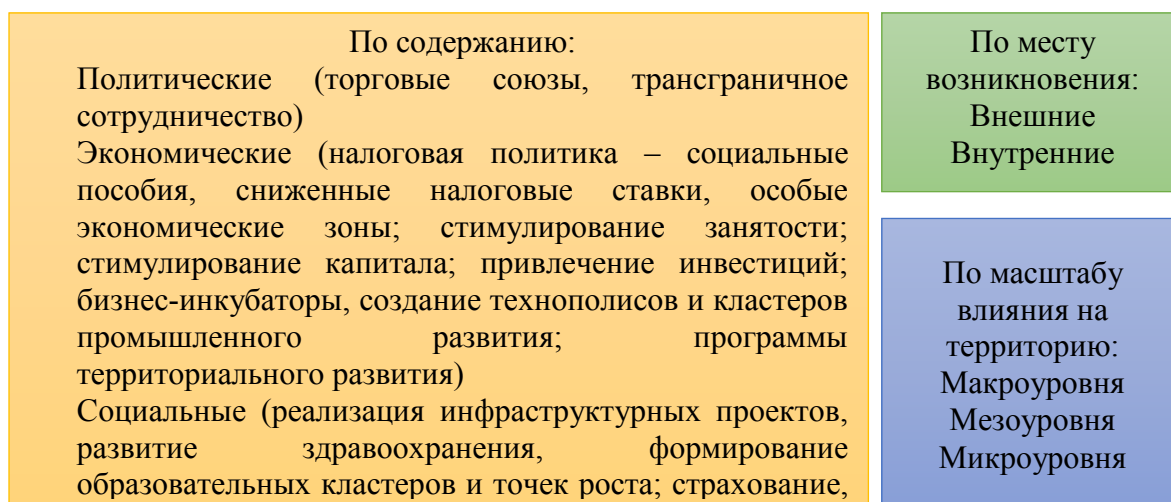


Рис. 2. Инструменты сглаживания поляризационных процессов [Ртищев, 2013; Рамазанова, 2018; Кириенко, 2020]
 Fig. 2. Tools for smoothing polarization processes [Rtishchev, 2013; Ramazanova, 2018; Kirienko, 2020]

Программы развития территорий являются комплексным инструментом воздействия на поляризационные процессы и используются и на мезо-, и на микроуровне. Такой инструмент позволяет стимулировать развитие периферийных территорий путем финансирования предпринимательской деятельности и создания качественной социальной инфраструктуры.

При проведении данного исследования использовались такие методы, как: метод анализа, статистический, описательный, сравнительно-географический и графический метод.

Результаты и их обсуждение

В рамках исследования был проанализирован ряд показателей социально-экономического развития муниципальных образований, входящих в программу. В частности, были проанализированы показатели численности населения, количество организаций и объем инвестиций на душу населения с точки зрения базисного (2022 год по отношению к 2012 году) и цепного темпов прироста. Численность населения восточных муниципалитетов по состоянию на 1 января 2022 года составляет 262 тыс. чел., что на 7,6 % меньше, чем в 2012 году [Калининградская область в цифрах..., 2022; Численность населения..., 2022] (рис. 3). Как видно из диаграммы, базисные темпы прироста во всех муниципальных образованиях показывают отрицательные значения, что говорит об оттоке населения с периферий. Такая же ситуация наблюдается и с цепными темпами прироста населения (рис. 4), где наименьшее отрицательное значение демонстрируют Нестеровский (–0,2 %) и Полесский (–0,3 %) муниципальные округа.



Рис. 3. Базисные темпы роста численности населения и количества организаций в разрезе муниципальных образований, входящих в программу «Восток», 2022 год по отношению к 2012 году, %

Fig. 3. Baseline growth rates of the population and the number of organizations in the context of municipalities included in the «Vostok» program, 2022 compared to 2012, %

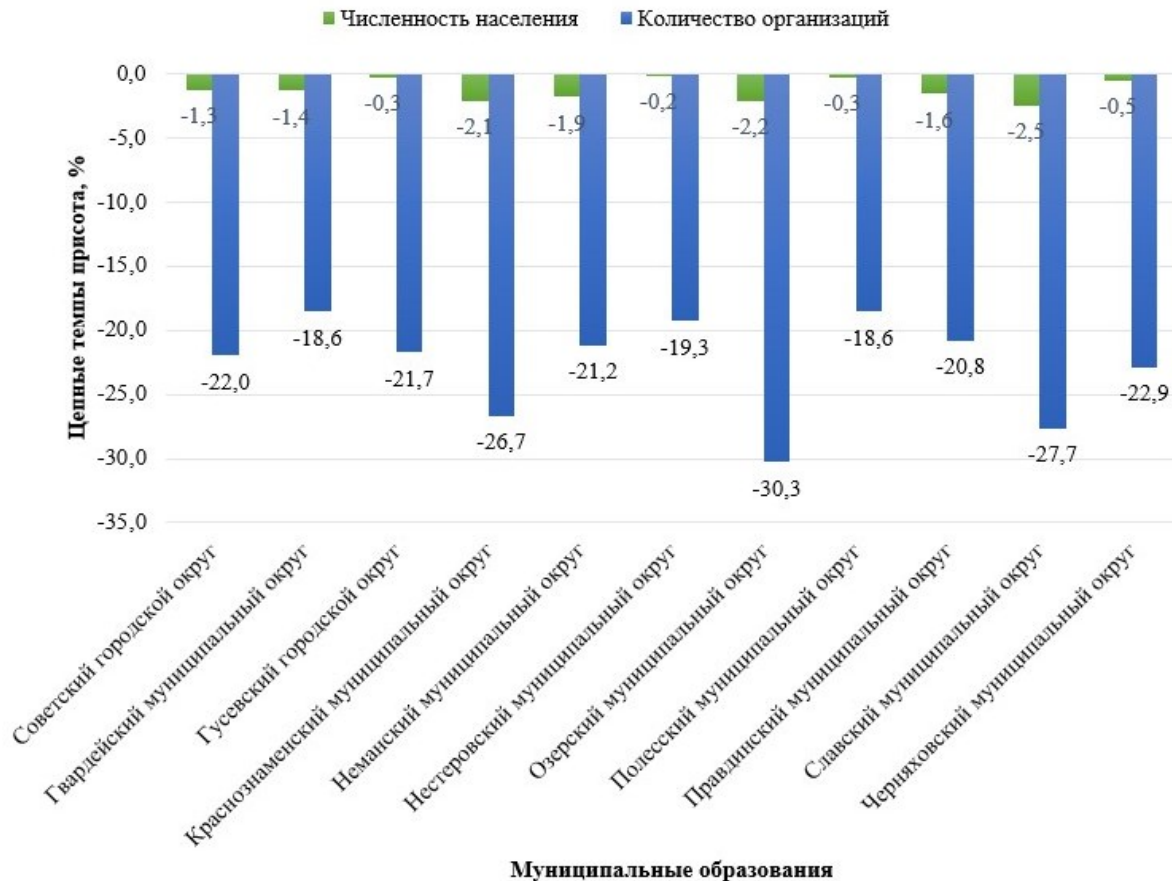


Рис. 4. Темпы роста численности населения и количества организаций в разрезе муниципальных образований, входящих в программу «Восток», 2022 году по отношению к 2020 году, %

Fig. 4. The growth rate of the population and the number of organizations in the context of the municipalities included in the program «Vostok», 2022 in relation to 2020, %

По состоянию на 1 января 2022 года общее количество организаций, расположенных в восточных муниципалитетах, составляет 3708 ед., что на 46,6 % меньше, чем в 2012 году (см. рис. 3 и 4). То же самое происходит с и цепным показателем прироста количества организаций [Муниципальные образования ..., 2020; Количество организаций ..., 2022]. Такая ситуация связана с переориентацией предприятий на западную часть области (до 2020 года), и с пандемией и ее ограничениями после 2020 года. Кроме того, часть предприятий объединились либо в более крупные кооперативы, либо в агрохолдинги, что также существенно повлияло на статистику. Поэтому наиболее объективным показателем развития восточных районов области является показатель инвестиций на душу населения.

Среднее значение инвестиций на душу населения в рассматриваемых муниципальных образованиях составило 44,4 тыс. руб. на чел. на 1 января 2022 года, что на 47,7 % больше, чем в 2012 году [Муниципальные образования ..., 2020; Инвестиции в основной капитал..., 2022; Объем инвестиций ..., 2022]. Наибольший прирост инвестиций на душу населения показали Гвардейский (+1014 %), Нестеровский (+2714 %) и Озерский (+3818 %) муниципальные округа. (табл. 1 и рис. 5). Цепные темпы прироста составили 9,7 %, при этом ряд муниципалитетов (Гусевский, Краснознаменский и Черняховский) демонстрирует довольно высокие темпы прироста инвестиций на душу населения (более 100 %). В то же время на территории Гвардейского, Озерского, Полесского и Славского муниципалитетов наблюдаются отрицательные темпы прироста инвестиций.

Таблица 1
Table 1

Темпы прироста объема инвестиций в основной капитал, 2012–2022 гг., %
Growth rate of investment in fixed assets, 2012–2022, %

Муниципальные образования	Численность населения, чел.		Объем инвестиций в основной капитал, тыс. руб.		Объем инвестиций в основной капитал на душу населения, тыс. руб.		Темпы прироста, %
	2012	2022	2012	2022	2012	2022	
Советский ГО	41941	38465	770685	1191136	18,4	31,0	68,5
Гвардейский МО	29843	28758	26118	280369	0,9	9,7	1014,0
Гусевский ГО	37481	37406	292846	935597	7,8	25,0	220,1
Краснознаменский МО	12828	11382	40372	216766	3,1	19,0	505,1
Неманский МО	20057	18003	4680283	117976	233,3	6,6	-97,2
Нестеровский Мо	16059	14675	41719	1072881	2,6	73,1	2714,2
Озерский МО	15216	12958	57342	1913389	3,8	147,7	3818,3
Полесский МО	19243	18058	52128	321579	2,7	17,8	557,4
Правдинский МО	19375	18271	934513	1702146	48,2	93,2	93,1
Славский МО	20887	18432	53011	188386	2,5	10,2	302,7
Черняховский МО	50973	46013	368776	2534376	7,2	55,1	661,3

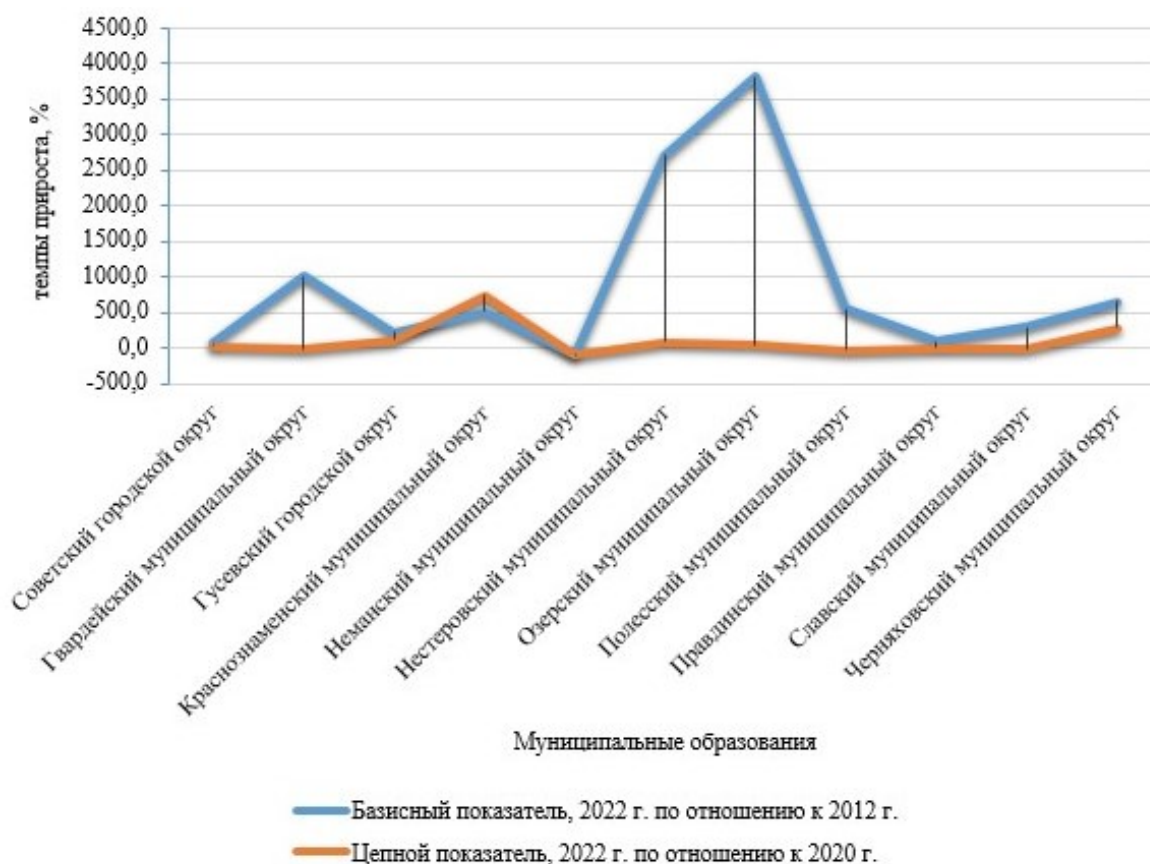


Рис. 5. Темпы прироста инвестиций на душу населения, %
Fig. 5. Investment growth rate per capita, %

В рамках исследования были также проанализированы показатели объема производства продукции промышленности и сельского хозяйства в расчете на душу населения на начало 2022 года. Среднее значение объема производства продукции промышленности по востоку области составило 112,6 тыс. руб. Наибольшее значение показателя наблюдается на территориях Гусевского, Советского, Правдинского и Черняховского муниципальных образований (рис. 6), наименьшее значение – на территории Неманского муниципалитета [Муниципальные образования ..., 2020]. По показателю объема производства продукции сельского хозяйства среднее значение – 152,7 тыс. руб. Преимущественно аграрные районы – Нестеровский, Озерский, Правдинский, Славский муниципалитеты – имеют значение показателя выше среднего по востоку области.

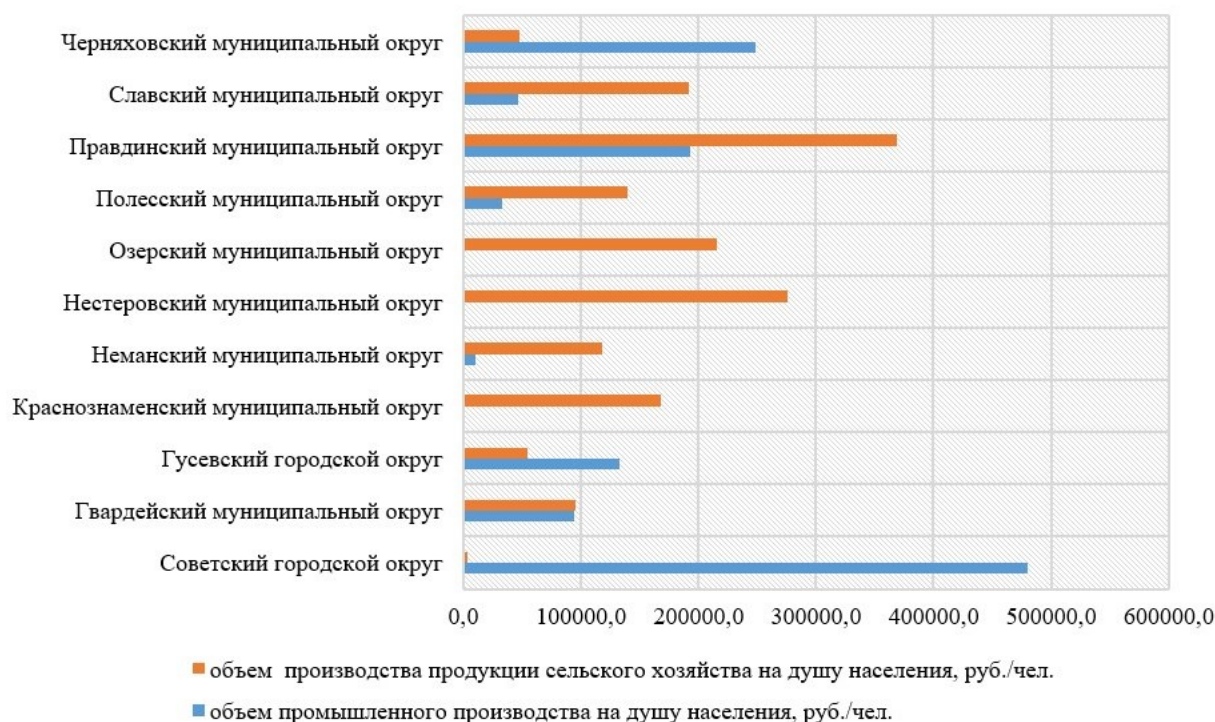


Рис. 6. Объем производства продукции промышленности и сельского хозяйства на душу населения на начало 2022 года, руб./чел.

Fig. 6. The volume of industrial and agricultural production per capita at the beginning of 2022, rubles/person

Примечание: по ряду муниципальных образований (Краснознаменский, Нестеровский, Озерский муниципальные округа) данные не публикуются в целях обеспечения конфиденциальности первичных статистических данных, полученных от организаций².

Как видно из гистограммы, Правдинский муниципальный округ, показатели которого по объему производства продукции превосходят среднее значение по востоку, является наиболее развитым с точки зрения степени соотношения данных по производству. При этом по отношению к предыдущему году объем производства продукции сельского хозяйства вырос лишь на территории Гвардейского (+5 %), Гусевского (+41 %), Краснознаменского (+3,9 %), Полесского (+9,6 %), и Советского (+11 %) муниципалитетов [Производство продукции ..., 2022]. Что касается объема производства продукции промышленности, то виду отсутствия

² в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2007 № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (ст. 4, п. 5; ст. 9, п. 1).

ряда данных не представляется возможным³ сравнить показатели по годам, что, естественно, затрудняет анализ социально-экономического уровня развития изучаемых муниципалитетов.

Показатель товарооборота (объем всех реализованных продовольственных товаров) составил – 25,2 тыс. руб./чел. на начало 2012, и 52,8 тыс. руб./чел. на начало 2022 года [Общий объем ..., 2022]. Рост показателя наблюдается на территории всех восточных муниципалитетов Калининградской области (рис. 7). Советский (54,6 тыс. руб./чел.), Гусевский (58,7 тыс. руб./чел.) и Озерский (89,7 тыс. руб./чел.) муниципалитеты демонстрируют довольно высокие показатели товарооборота, что указывает на более высокие темпы развития торговли.

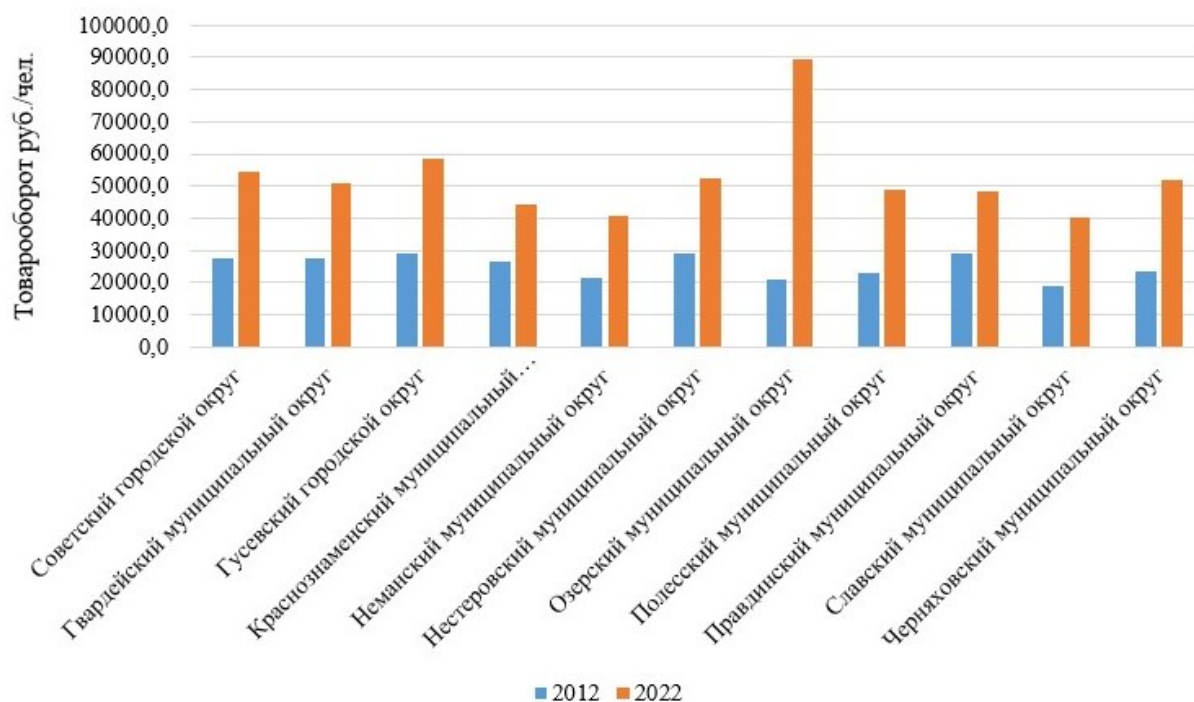


Рис.7. Товарооборот на душу населения по состоянию на начало 2012 года и начало 2022 года, руб./чел.
Fig. 7. Trade turnover per capita as of the beginning of 2012 and the beginning of 2022, rubles/Person

При изучении показателя «ввод в действие жилых домов» было выявлено, что среднее значение показателя составляло 0,07 кв.м./чел. на начало 2012 года и 0,15 кв.м./чел. на начало 2022 года [Ввод в действие ..., 2022]. Как видно из рис. 8 только Гусевский и Полесский муниципалитеты сохраняют стабильное значение показателя на уровне выше среднего, при этом значительный рост зафиксирован (+ более 150 % по отношению к 2012 году) на территориях Советского, Гвардейского, Озерского, Правдинского, Славского и Черняховского муниципалитетов. Отрицательные показатели прироста отмечены на территориях Нестеровского и Неманского муниципалитетов.

Таким образом, территория восточных муниципалитетов имеет довольно дифференцированный уровень социально-экономического развития. В то время как одни муниципалитеты (Озерский, Полесский, Славский, Неманский) имеют довольно низкий уровень развития, другие (Гусевский, Черняховский, Нестеровский) развиваются более стабильно, что обуславливается поляризационными процессами, происходящими на их территории [Сабурина, 2021а; б; 2022].

³ Данные не публикуются в целях обеспечения конфиденциальности первичных статистических данных, полученных от организаций, в соответствии с Федеральным законом от 29.11.2007 № 282-ФЗ «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» (ст. 4, п. 5; ст. 9, п. 1).

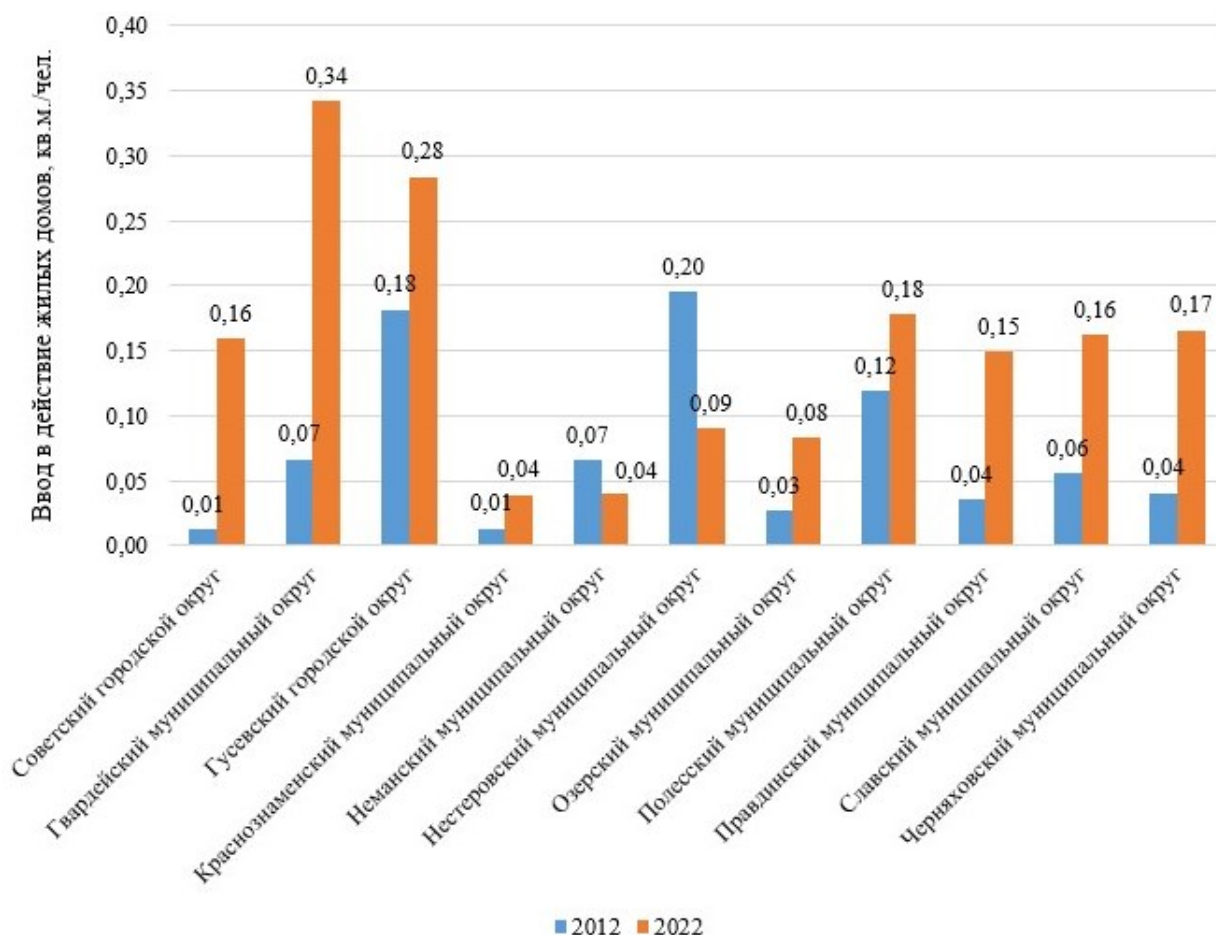


Рис. 8. Ввод в действие жилых домов, кв. м/чел., 2012 г., 2022 г.
 Fig. 8. Commissioning of residential buildings, sq. m/person, 2012, 2022

Программа «Восток» как инструмент сглаживания поляризации

Программа «Восток» ориентирована на социально-экономическое развитие восточных территорий Калининградской области посредством выделения финансирования на выполнение ряда социальных, производственных и инфраструктурных проектов, поддержки малого и среднего предпринимательства с помощью займов. Программа реализуется с 2018 года и, на момент проведения исследования, планы расписаны до конца 2024 года. В рамках программы планируется капитальный ремонт дорожной инфраструктуры (6367,2 млн. руб.), капитальный ремонт жилых домов и административных зданий, создание фельдшерско-акушерских пунктов (ФАПов), ремонт больниц и зданий сферы образования, благоустройство сельских и городских территорий, реконструкция коммунальной инфраструктуры на общую сумму 13061,4 млн. руб. [Комплексная программа развития..., 2022]. На сегодняшний день (начало декабря 2022 года) запланированные мероприятия выполнены лишь на 62 % (вместо плановых 80 %). Ряд проектов, в частности проектов по созданию газовой инфраструктуры, по модернизации ФАПов по разным причинам перенесены на более поздний срок.

При рассмотрении объема финансирования муниципалитетов в рамках программы можно отметить, что только четыре муниципалитета получили финансирование больше 10 % от общего объема – Черняховский (28,4 %), Правдинский (11,8 %), Неманский (10,3 %) и Гвардейский (10,2 %) муниципальные округа (рис. 9).

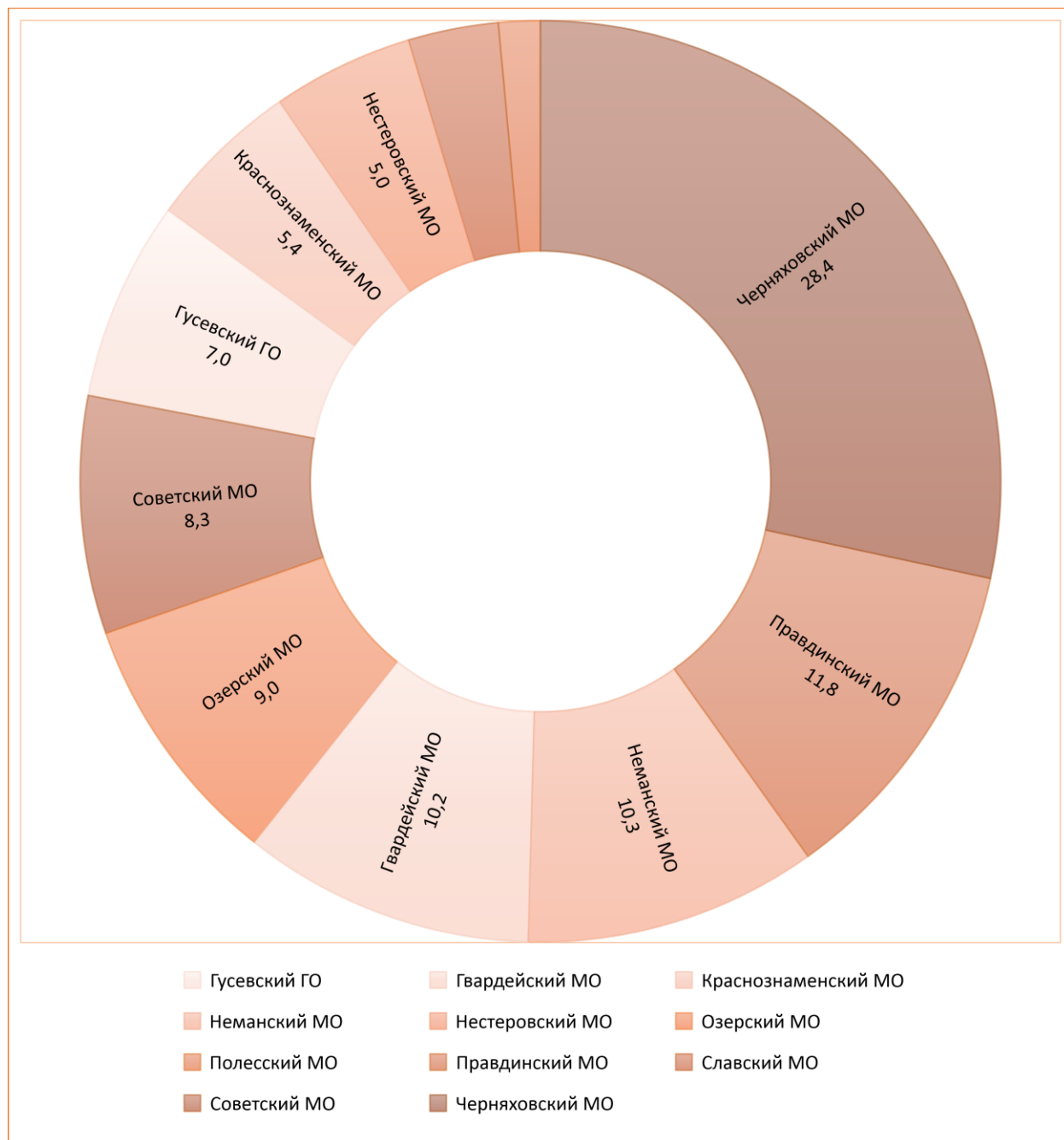


Рис. 9. Объем финансирования программы «Восток» по муниципальным образованиям, %
Fig. 9. Amount of funding for the «Vostok» program by municipalities, %

Программа «Восток» предполагает выделение займов до 50 млн. руб. на развитие малого и среднего предпринимательства [Итоговый список заявок..., 2022]. Большая часть проектов, участвовавших в конкурсе грантов, была предложена на территории Черняховского (29,2 %), Гвардейского (24 %), Краснознаменского (14,7 %), Славского (12,4 %) муниципальных округов (рис. 10). При этом Озерский и Советский муниципалитеты не предложили ни одного проекта.

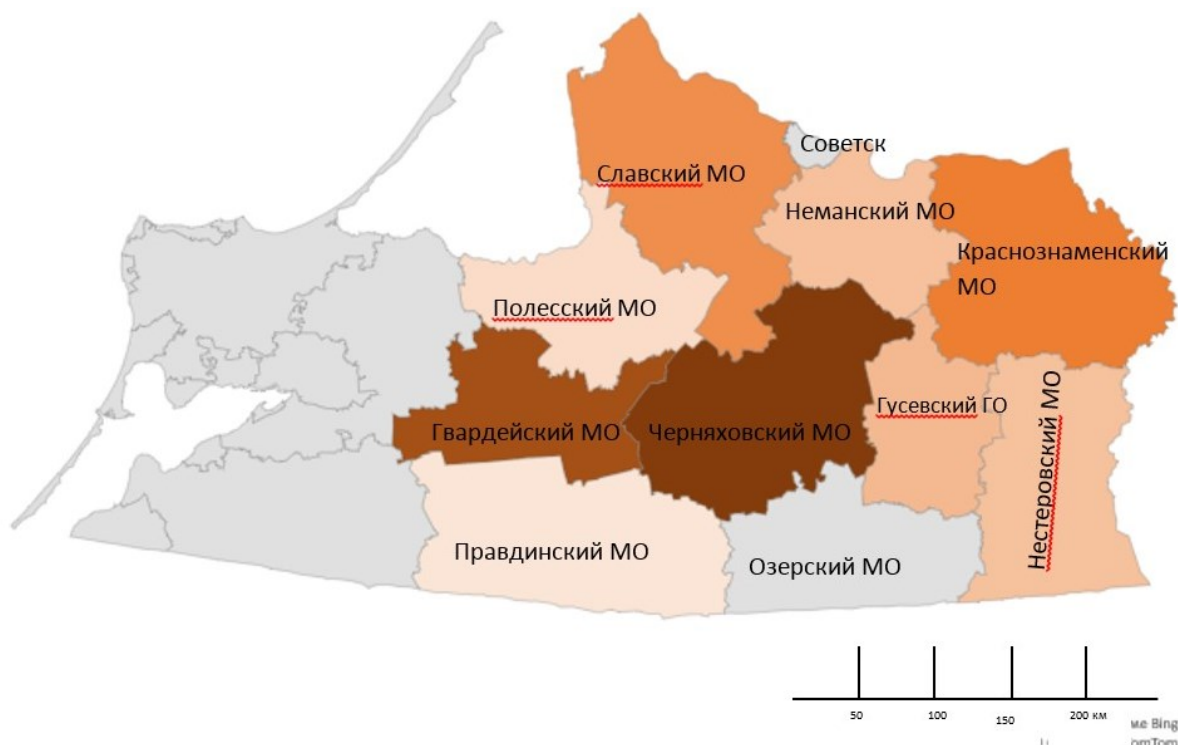


Рис. 10. Схема пространственного распределения объема займов по программе «Восток» по муниципальным образованиям, %
Fig. 10. Scheme of spatial distribution of the volume of loans under the program «Vostok» by municipalities, %

По состоянию на октябрь 2022 года в программе участвует 23 проекта из 9 муниципальных образований востока Калининградской области [Итоговый список заявок..., 2022]. Более 50 % займов по программе получили проекты, касающиеся сельского хозяйства (Гвардейский, Краснознаменский, Славский и Неманский муниципальные округа), и более 20 % получили проекты по развитию химической промышленности (Гвардейский, Черняховский и Гусевский муниципалитеты) (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Объем займов по программе «Восток» в разрезе видов деятельности, %
The volume of loans under the program «Vostok» by types of activity, %

Вид деятельности	Объем займов, руб.	% от общего объема займов
Сельское хозяйство	357 875 710	53,9
Туризм	99 305 000	15,0
Легкая промышленность	5 087 000	0,8
Автомобилестроение	23 602 000	3,6
Строительство	32 000 000	4,8
Химическая промышленность	145 649 000	22,0
Итого	663 518 710	100

Таким образом, в рамках рассмотренной программы объем финансирования всех предложенных проектов составил 13,7 млрд. руб. [Комплексная программа развития..., 2022] (из которых около 5 % приходится на займы по проектам развития малого и среднего предпринимательства).

Для анализа результатов сглаживания поляризации посредством программы «Восток» необходимо оценить ряд показателей: динамику численности населения, объем инвестиций, среднесписочную численность работников по отношению к предыдущему году и по соответствию плановому показателю (табл. 3). Во время анализа было выявлено, что только

два из трех показателей достигли и превысили плановое значение. Так, несмотря на принятые меры по созданию новых рабочих мест в период с 2020 по 2022 г., вследствие ряда факторов (в том числе из-за пандемии Covid-19) на территории востока Калининградской области наблюдалось закрытие предприятий и организаций (–22 %), что существенно снизило количество рабочих мест. Что касается численности населения, то заметно небольшое увеличение показателя на начало 2022 года (– 0,9 % вместо – 0,6 % на начало 2021 года), но его значение практически равно плановому показателю (–1 %) [Комплексная программа развития..., 2022].

Таблица 3
Table 3

Показатели эффективности программы «Восток», %
Efficiency indicators of the «Vostok» program, %

Муниципальные образования, на начало года	Темпы прироста показателей по отношению к предыдущему году, %						
	Численность населения		Инвестиции в основной капитал		Среднесписочная численность работников		
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	
Советский ГО	–1,2	–0,1	61,4	21,4	–3,8	–7,3	
Гвардейский МО	0,0	–1,4	93,8	–20,8	–1,3	–8,2	
Гусевский ГО	–1,0	–1,6	9,0	117,1	–2,3	–1,6	
Краснознаменский МО	–1,2	–1,0	–60,5	715,6	–19,6	–5,6	
Неманский МО	–0,6	–1,2	450,8	–93,3	–0,2	–6,5	
Нестеровский МО	–0,6	0,0	–3,4	78,3	8,6	1,3	
Озерский МО	–0,9	–1,3	–1,6	30,0	0,8	–8,5	
Полесский МО	–0,2	–0,1	–5,0	–37,9	10,4	1,5	
Правдинский МО	–0,5	–1,1	6,9	0,1	3,4	4,2	
Славский МО	–0,9	–1,7	–4,4	–18,5	–1,0	–1,2	
Черняховский МО	–0,3	–0,3	73,9	285,0	–6,7	–1,8	
Целевые показатели	факт	–0,6	–0,9	+35,3	+20,1	–2,1	–3,6
	план	–1,3	–1,0	+1,0	+4,0	0	+0,5

Как видно из таблицы, показатель инвестиций в основной капитал значительно превысил плановое значение (+20,1 % вместо +4 % на начало 2022 года) [Объем инвестиций..., 2022; Комплексная программа развития..., 2022], что объясняется открытием новых предприятий (по программе льготных займов) и расширением существующих (по большей части это относится к предприятиям сельского хозяйства). Но несмотря на увеличение инвестиций, на территориях восточных муниципалитетов наблюдается не только снижение численности жителей, но и закрытие предприятий (в том числе крупных), что приводит к уменьшению количества рабочих мест, и, как следствие, к снижению благосостояния жителей. Таким образом, если говорить о результативности программы «Восток», то на сегодняшний день, несмотря на выполнение более 60 % плановых мероприятий, ее воздействие на сглаживание поляризации минимально.

Если говорить о перспективах программы «Восток» как инструмента сглаживания поляризации, то необходимо отметить, что при грамотном распределении финансовых ресурсов и выборе приоритетных сфер развития для каждого муниципалитета возможно нивелировать ряд эффектов поляризации. В частности, в рамках программы возможно создание новых рабочих мест, улучшение качества жизни населения благодаря развитию социальной инфраструктуры (здравоохранение, образование), повышение транспортной доступности

отдаленных мест, вследствие чего уменьшится отток населения в областной центр и появятся новые ядра развития территории (промышленные и инновационные кластеры). Эффективность программ развития напрямую зависит от законодательной базы, социальной политики, проводимой в области, и геополитических факторов. Поэтому при реализации таких программ необходимо учитывать социально-правовую, политическую составляющую наряду с социально-экономическими факторами.

Заключение

В ходе анализа программы «Восток» было выявлено, что она по большей части направлена на формирование качественной среды проживания для жителей восточной части области (в частности, на ремонт старой и создание новой инфраструктуры), а не на стратегическое развитие муниципалитетов и нивелирование поляризационных эффектов. Сама по себе идея программы верна: для развития периферийных районов необходимо сначала создать инфраструктуру и дать возможность для открытия новых предприятий, что и было сделано. Но при разработке программы было необходимо провести подробный социально-экономический анализ развития восточных муниципалитетов и определить их специализацию и перспективы развития той или иной сферы экономики, возможные угрозы для территории Калининградской области: геополитическую обстановку, тенденции мировой экономики и т. д.

Кроме того, автор данной работы считает, что для комплексного развития восточных районов области необходимо вовлечь в программу все муниципалитеты, в том числе и периферийные приграничные территории, которые должны служить своего рода связующим звеном. Например, территорию Озерского муниципального округа, которая пригодна не только для развития сельского хозяйства, но и для развития активного и экологического видов туризма.

Таким образом, при комплексном воздействии на территорию программы «Восток» возможно оказать положительное влияние на развитие периферии, но, как было сказано выше, при разработке мероприятий необходимо учитывать ряд аспектов. Что касается результативности программы в части сглаживания поляризационных процессов, то несмотря на прошедшие четыре года, эффект от ее реализации сейчас минимальный.

Список источников

- Ввод в действие жилых домов на территории муниципального образования. Электронный ресурс. URL: https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/08_01%20%D0%92%D0%92%D0%BE%D0%B4%20%D0%B6%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%202021.pdf (дата обращения 13.12.2022).
- Инвестиции в основной капитал, осуществляемые организациями, находящимися на территории муниципального образования (без субъектов малого предпринимательства). Электронный ресурс. URL: [https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/06_03%20%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B8%202021\(1\).pdf](https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/06_03%20%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B8%202021(1).pdf) (дата обращения 21.10.2022).
- Итоговый список заявок, признанных победителями открытого конкурса на предоставление льготных займов на инвестиционные цели, проводимого фондом «Центр поддержки предпринимательства Калининградской области». Электронный ресурс. URL: <https://mbkaliningrad.ru/vostok/> (дата обращения 20.10.2022).
- Калининградская область в цифрах. 2022. Статистический сборник в 2 т. Калининград, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат), Т. 1, 139 с.
- Количество организаций, учтенных в территориальном разделе Статрегистра по Калининградской области. Электронный ресурс. URL: https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/06_01%20%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B9%202021.pdf (дата обращения 21.10.2022).

- Комплексная программа развития центра и востока области. Электронный ресурс. URL: <https://minprom.gov39.ru/deyatelnost/strategicheskoe-planirovanie/kompleksnaya-programma-razvitiya-tsentra-i-vostoka-oblasti/> (дата обращения 20.10.2022).
- Муниципальные образования Калининградской области. Социально-экономическое развитие в 2015–2019 годах. 2020. Статистический сборник. Калининград, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Калининградской области (Калининградстат), 240 с.
- Объем инвестиций в основной капитал. Электронный ресурс. URL: <https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%20%E2%84%9603%20%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%20%D0%B8%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B9.pdf> (дата обращения 21.10.2022).
- Общий объем всех продовольственных товаров, реализованных в границах муниципального образования, в денежном выражении за финансовый год. Электронный ресурс. URL: https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/09_02%20%D0%9E%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%20%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%202021.pdf (дата обращения 13.12.2022).
- Производство продукции сельского хозяйства. Электронный ресурс. URL: [https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/07_05%20%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%A1%D0%A5%202020\(1\).pdf](https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/07_05%20%D0%9E%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%D0%A1%D0%A5%202020(1).pdf) (дата обращения 13.12.2022).
- Численность населения по муниципальным образованиям. Электронный ресурс. URL: https://kaliningrad.gks.ru/storage/mediabank/02_01%20%20%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%202021.pdf (дата обращения 21.10.2022).

Список литературы

- Аслаева С.Ш. 2020. Поляризация однородных групп территориальных образований. Управление, 8(4): 5–14. DOI: 10.26425/2309-3633-2020-8-4-5-14
- Аслаева С.Ш., Гатауллин Р.Ф., Каримов А.Г., Гайсина А.Ш. 2018. Преодоление гетерогенности экономического пространства как повышение качества управления экономическим развитием территории. Вопросы управления, 4(53): 56–63.
- Бродель Ф. 1977. История и общественные науки. Историческая длительность. Философия и методология истории, 115–142.
- Бородовский М.Б. 2010. Региональная экономика: управление пространственной поляризацией. Некоторые особенности развития инструментов сглаживания региональной пространственной поляризации. Российское предпринимательство, 10(1): 124–128.
- Валлерстайн И. 2001. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире. СПб., Университетская книга, 414 с.
- Герасимова О.Е. 2009а. Анализ основных инструментов сглаживания региональной пространственной поляризации. Ученые записки Российской Академии предпринимательства, 18: 93–98.
- Герасимова О.Е. 2009б. Сглаживание пространственной поляризации в регионе (на примере Республики Татарстан). Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки, 4(72): 426–428.
- Егорова С.В. 2010. Пространственная поляризация в региональном развитии. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки, 6(112): 60–64.
- Дзагова С.С., Мамбетова Ф.А. 2018. Оптимизация модели пространственного развития социально-экономических систем. Региональные проблемы преобразования экономики, 10(96): 105–113. DOI: 10.26726/1812-7096-2018-10-105-113



- Зубаревич Н.В. 2001. Поляризация городов России как следствие кризиса 90-х годов. Вестник Евразии, 1: 5–29.
- Кириенко О.Э. 2020. Инструменты сглаживания пространственной поляризации. Сборник научных работ серии «Государственное управление», 17: 135–146.
- Левченко С.А. 2012. Инструменты сглаживания пространственной поляризации региональных социально-экономических систем. Экономика и предпринимательство, 3(26): 76–79.
- Манаков А.Г. 2012. «Новая экономическая география» и оценка ее применимости в России. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки, 1: 84–90.
- Манаков А.Г. 2015. Динамика населения Псковского региона на фоне поляризации населения Северо-Запада России. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки, 7: 55–65.
- Нефедова Т.Г. 2009. Поляризация пространства России: ареалы роста и «черные дыры». Экономическая наука современной России, 1(44): 62–77.
- Нефедова Т.Г. 2008. Российская периферия как социально-экономический феномен. Региональные исследования, 5(20): 14–30.
- Николаева Н.А. 2011. Страхование как инструмент сглаживания пространственной поляризации. Вектор науки Тольяттинского Государственного Университета, 4(18): 374–377.
- Поздняков А., Лавровский Б., Масаков В. 2000. Политика регионального выравнивания в России (основные подходы и принципы). Вопросы экономики, 10: 74–91.
- Рамазанова А.О. 2018. Совершенствование инструментов сглаживания внутрирегиональной пространственной поляризации. Автореф. дис ... канд. экон. наук. Махачкала, 22 с.
- Ртищев А.В. 2013. Пространственная поляризация регионов России и инструменты её сглаживания. Инновации и инвестиции, 3: 201–205.
- Сабурина А.А. 2022. Пространственное развитие внутреннего туризма на территории юго-востока Калининградской области. Региональные геосистемы, 46(2): 184–199. DOI 10.52575/2712–7443-2022-46-2-184-199
- Сабурина А.А. 2021а. Социально-экономическое развитие сельских территорий юго-востока Калининградской области. Проблемы региональной экологии, 6: 79–84. DOI: 10.24412/1728-323X-2021-6-79-84
- Сабурина А.А. 2021б. Специфика экономического развития юго-востока Калининградской области. Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки, 4: 16–24.
- Селиверстов В.Е. 2013. Современные российские тренды пространственного развития и региональной политики на фоне мировых тенденций. Вестник НГУЭУ, 4: 10–23.
- Трейвиш А.И. 2019. Неравномерность и структурное разнообразие пространственного развития экономики как научная проблема и российская реальность. Пространственная экономика., 15(4): 13–35. DOI: 10.14530/se.2019.4.013-035
- Friedmann J. 1967a. Regional Planning and Nation-Building: An Agenda for International Research. Economic Development and Cultural Change, 16(1): 119–129. DOI: 10.1086/450274
- Friedmann J. 1967b. A Conceptual Model for the Analysis of Planning Behavior. Administrative Science Quarterly, 12(2): 225–252. DOI:10.2307/2391550
- Fujita M., Mori T. 1996. Structural Stability and Evolution of Urban Systems. Regional Science and Urban Economics, 27(4–5): 399–442. DOI: 10.1016/S0166-0462(97)80004-X

References

- Aslaeva S.Sh. 2020. Polarization of Homogeneous Groups of Territorial Entities. Management, 8(4): 5–14 (in Russian). DOI: 10.26425/2309-3633-2020-8-4-5-14
- Aslaeva S.Sh., Gataullin R.F., Karimov A.G., Gaysina A.Sh. 2018. Overcoming the Heterogeneity of the Economic Space as a Factor in Improving the Quality of Management of the Economic Development of Territories. Management Issues, 4(53): 56–63 (in Russian).
- Braudel F. 1977. Istoriya i obshchestvennyye nauki. Istoricheskaya dlitelnost [History and social sciences. Historical duration]. Filosofiya i metodologiya istorii, 115–142.
- Borodovsky M.B. 2010. Some Features of Developing Tools for Smoothing Regional Spatial Polarization. Rossiyskoe predprinimatelstvo, 10(1): 124–128 (in Russian).

- Wallerstein I. 2001. *Analiz mirovykh sistem i situatsiya v sovremennom mire* [Analysis of World Systems and the Situation in the Modern World]. Saint-Petersburg, Publ. Universitetskaya kniga, 414 p.
- Gerasimova O.E. 2009a. *Analiz osnovnykh instrumentov sglazhivaniya regionalnoy prostranstvennoy polarizatsii* [Analysis of the main tools for smoothing regional spatial polarization]. *Uchenyye zapiski Rossiyskoy Akademii predprinimatelstva*, 18: 93–98.
- Gerasimova O.E. 2009b. *Spatial Polarization Flattering in a Region (Based on the Example of the Republic of Tatarstan)*. *Tambov University Review. Series: Humanities*, 4(72): 426–428 (in Russian).
- Egorova S.V. 2010. *Prostranstvennaya polarizatsiya v regionalnom razvitii* [Spatial polarization in regional development]. *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskkiye nauki*, 6(112): 60–64.
- Dzagova S.S., Mambetova F.A. 2018. *Optimization of the Model of Spatial Development of Social-Economic Systems*. *RPPE*, 10(96) (in Russian).
- Zubarevich N.V. 2001. *Polyarizatsiya gorodov Rossii kak sledstviye krizisa 90-kh godov* [Polarization of Cities in Russia as a Consequence of the Crisis of the 90s]. *Vestnik Evrazii*, 1: 5–29.
- Kirienko O.E. 2020. *Instrumenty sglazhivaniya prostranstvennoy polarizatsii* [Tools for Smoothing Spatial Polarization]. *Sbornik nauchnykh rabot serii «Gosudarstvennoye upravleniye»*, 17: 135–146.
- Levchenko S.A. 2012. *Tools of Smoothing the Spatial Polarization of Regional Socio-Economic Systems*. *Journal of Economy and entrepreneurship*, 3(26): 76–79 (in Russian).
- Manakov A.G. 2012. "New Economic Geography" and Evaluation of Its Applicability in Russia. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i fiziko-matematicheskkiye nauki*, 1: 84–90 (in Russian).
- Manakov A.G. 2015. *Population Dynamics of the Pskov Region Amid the Population Polarization in Northwest Russia*. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye i fiziko-matematicheskkiye nauki*, 7: 55–65 (in Russian).
- Nefedova T.G. 2009. *Polarization of Russian Space: Areas of Growth and "Black Holes"*. *Economics of Contemporary Russia*, 1(44): 62–77 (in Russian).
- Nefedova T. G. 2008. *Russia's Periphery as a Socio-Economic Phenomenon*. *Regionalnyye issledovaniya*, 5(20): 14-30 (in Russian).
- Nikolaeva N.A. 2011. *Insurance as the Tool of Smoothing of Spatial Polarization*. *Science Vector of Togliatti State University*, 4(18): 374–377 (in Russian).
- Pozdnyakov A., Lavrovsky B., Masakov V. 2000. *Politika regionalnogo vyravnivaniya v Rossii (osnovnyye podkhody i printsipy)* [Policy of Regional Alignment in Russia (Basic Approaches and Principles)]. *Questions of Economics*, 10: 74–91.
- Ramazanova A.O. 2018. *Sovershenstvovaniye instrumentov sglazhivaniya vnutriregionalnoy prostranstvennoy polarizatsii* [Improvement of Tools for Smoothing Intra-Regional Spatial Polarization]. *Abstract. dis ... cand. econ. sciences. Makhachkala*, 22 p.
- Rtishchev A.V. 2013. *Prostranstvennaya polarizatsiya regionov Rossii i instrumenty eye sglazhivaniya* [Spatial Polarization of Russian Regions and Tools for Its Smoothing]. *Innovatsii i investitsii*, 3: 201–205.
- Saburina A.A. 2022. *Spatial Development of Domestic Tourism in the South-East of the Kaliningrad region*. *Regional Geosystems*, 46(2): 184–199 (in Russian). DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-2-184-199.
- Saburina A.A. 2021a. *Socio-Economic Development of Rural Areas in the Southeast of the Kaliningrad Region*. *Problems of regional ecology*, 6: 79–84 (in Russian). DOI: 10.24412/1728-323X-2021-6-79-84
- Saburina A.A. 2021b. *Spetsifika ekonomicheskogo razvitiya yugo-vostoka Kaliningradskoy oblasti* [Specifics of the Economic Development of the South-East of the Kaliningrad Region]. *Vestnik Baltiyskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennyye i meditsinskiye nauki*, 4: 16–24.
- Seliverstov V.E. 2013. *Modern Russian Trends of Spatial Development and Regional Policy Against the Background of World Trends*. *Vestnik NSUEM*, 4: 10–23 (in Russian).
- Friedmann J. 1967a. *Regional Planning and Nation-Building: An Agenda for International Research*. *Economic Development and Cultural Change*, 16(1): 119–129. DOI: 10.1086/450274
- Friedmann J. 1967b. *A Conceptual Model for the Analysis of Planning Behavior*. *Administrative Science Quarterly*, 12(2): 225–252. DOI:10.2307/2391550
- Fujita M., Mori T. 1996. *Structural Stability and Evolution of Urban Systems*. *Regional Science and Urban Economics*, 27(4–5): 399–442. DOI: 10.1016/S0166-0462(97)80004-X



*Поступила в редакцию 28.10.2022;
поступила после рецензирования 16.11.2022;
принята к публикации 18.01.2023*

*Received October 28, 2022.
Revised November 16, 2022.
Accepted January 18, 2023*

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

Сабурина Алена Александровна, аспирант Высшей школы бизнеса и предпринимательства, ОНК «Институт управления и территориального развития», Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Alena A. Saburina, postgraduate Student of the Higher School of Business and Entrepreneurship, Institute of Management and Territorial Development, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia



УДК 314+913

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-23-33

Этноконфликтогенный потенциал территории: особенности и проблемы оценки на примере Республики Казахстан

Тенчиков А.А.

Академия управления городской средой, градостроительства и печати
Россия, 195273, г. Санкт-Петербург, ул. Руставели, 33 А
E-mail: iamalexten@gmail.com

Аннотация. С 1990-х годов и по настоящее время в Центральной Азии возникают межэтнические конфликты. Характерно, что они происходят в том числе и в Западном Казахстане, отличающимся высокой степенью моноэтничности. Кроме того, широкую известность получили массовые беспорядки в начале 2022 года. Всё это подчёркивает важность и актуальность исследований в данной сфере с использованием новых сведений по мере их появления. Целью данной статьи является анализ показателя «этноконфликтогенный потенциал территории», выявление его основных достоинств и недостатков. Для этих целей анализируется определение этноконфликтогенного потенциала территории, его особенности и характерные черты. Кроме того, перечисляются основные факторы измерения этноконфликтогенного потенциала территории. В статье также выявляются его недостатки как показателя. В качестве результатов приводятся возможные способы устранения этих недостатков и усовершенствования этноконфликтогенного потенциала территории как показателя с целью более точного прогнозирования возникновения и распространения межэтнических конфликтов.

Ключевые слова: этноконфликтогенный потенциал территории, межэтнические конфликты, Республика Казахстан, Центральная Азия, административно-территориальное деление

Для цитирования: Тенчиков А.А. 2023. Этноконфликтогенный потенциал территории: особенности и проблемы оценки на примере Республики Казахстан. Региональные геосистемы, 47(1): 23–33. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-23-33

The Ethno-Conflict Potential of a Territory: Characteristics and Problems of Estimation on the Example of the Republic of Kazakhstan

Aleksandr A. Tenchikov

Academy of Urban Management, Planning and Printing
33 A Rustaveli St, Saint Petersburg 195273, Russia
E-mail: iamalexten@gmail.com

Abstract. In this article the ethno-conflict potential of a territory as social and political indicator is analyzed – this can be used for ethnic conflicts forecast, indicating and preventing. The territory of the Republic of Kazakhstan is used as an example in this article – this country, as all the region of Central Asia has complex ethnic structure of population and consequently there is a high possibility of ethnic conflicts in the region. Kazakhstan population structure also features strong and distinctive regional differentiation, but in multi-ethnic society any problem can be perceived within its ethnic background and result in conflict. Interethnic relations are very significant for Central Asian politics, which are also connected with economic, ecological situation etc. Ethno-conflict potential of a territory as an indicator is very practical for conflict forecast



because it combines many factors, which can be either directly connected to ethnic relations or indirectly. However, ethno-conflict potential of a territory as an indicator is not perfect because it is strongly connected to administrative division while in Kazakhstan it is rather unstable. Possible ways to reduce this strong connection and make the ethno-conflict potential of a territory as an indicator more accurate are represented in this article as the result of research.

Key words: ethno-conflict potential of a territory, ethnic conflicts, Republic of Kazakhstan, Central Asia, administrative divisions

For citation: Tenchikov A.A. 2023. The Ethno-Conflict Potential of a Territory: Characteristics and Problems of Estimation on the Example of the Republic of Kazakhstan. *Regional Geosystems*, 47(1): 23–33. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-23-33

Введение

По данным организации ACLED – The Armed Conflict Location & Event Data Project, с начала XXI века и по настоящее время во всём мире произошло более 1 млн 300 тыс. конфликтов разных типов, которые привели к гибели в общей сложности около 1 млн 400 тыс. человек [ACLED, 2022].

Кроме того, по данным ООН, за период с 1946 года существенно изменился сам характер конфликтов: они всё чаще происходят между отдельными группами в границах одного государства, чем между отдельными государствами. Также в ООН отмечают нарастающие «фрагментарность» – рост числа вооружённых групп – и «регионализацию» конфликтов, в контексте которой политические, социально-экономические и военные проблемы в разных государствах одного региона становятся взаимосвязанными и лишь усиливают друг друга [Новая эра..., 2022].

Межэтнические конфликты происходят с древнейших времён по настоящее время практически повсеместно и очень часто сопровождаются человеческими жертвами. Они являются интегральным результатом длительного взаимного развития и самоорганизации природных и общественных систем и процессов, отражая таким образом сложность геопространства страны, а также единство пространства. Каждый из них является как условием, так одновременно фактором формирования постоянно меняющегося геопространственного рисунка общественных процессов [Каледин, 2003; Теренина, 2022].

Одним из регионов с наиболее высокой конфликтогенностью – не только этнической – является Центральная Азия, которая – с момента начала активной фазы дезинтеграции СССР и по настоящее время – может быть рассмотрена как территория комплексной нестабильности: не только межэтнической, но также политической, экономической, экологической и мн. др. Широкую известность получила попытка обретения независимости Каракалпакстаном в 1990 году [Конституция Республики ..., 2023], гражданская война в Таджикистане 1992–1997 гг. [Tajikistan Civil..., 2022], «цветные революции» в Киргизии в 2005 и 2010 гг. и мн. др. [Итоги первого дня..., 2022]. При этом фактор межэтнических отношений играл важную роль во всех вышеперечисленных конфликтах. Также нельзя не отметить дерусификацию Центральной Азии, выражающуюся в оттоке русских, а также практически всех неавтохтонных этносов из региона, начавшуюся вместе с дезинтеграцией СССР и продолжающуюся до сих пор [Почему русские бежали..., 2022]. Всё это обуславливает актуальность и необходимость исследований в данной сфере, а также, что особенно важно – выявление общих закономерностей межэтнических конфликтов и возможности их прогнозирования.

Объекты и методы исследования

В настоящее время представляется особенно актуальным проведение исследования этноконфликтного потенциала Республики Казахстан: за постсоветскую историю на его территории произошло не менее тринадцати крупных межэтнических конфликтов, первые из которых произошли ещё до формального распада СССР. Наиболее известны столкновения в Новом Узене, для подавления которых был применён спецназ [События в новом..., 2022].

Кроме того, широкую известность получили массовые беспорядки, произошедшие в Казахстане в начале января 2022 года, которые, несмотря на то что не имели под собой явного межэтнического основания, могут служить яркой иллюстрацией общего состояния нестабильности в Казахстане и, вероятно, во всей Центральной Азии.

Одним из способов изучения и предсказания потенциальных межэтнических конфликтов является оценка этноконфликтного потенциала территории (ЭПТ) – интегрального показателя, учитывающего множество факторов как имеющих прямое отношение к сфере межэтнических конфликтов, так и не связанных непосредственно с этой сферой.

В 2019 году автором статьи была защищена выпускная квалификационная работа на тему «Оценка этноконфликтного потенциала территории Республики Казахстан». В процессе написания данной работы были отмечены различные сложности использования этноконфликтного потенциала территории как показателя, требующие анализа и, возможно, его усовершенствования.

Объектом исследования, проводимого в рамках данной статьи, является этноконфликтный потенциал территории как социально-географический показатель, а предметом – его основные свойства и характеристики, а также ключевые свойства социогеопространства.

Основной целью является комплексный анализ этноконфликтного потенциала территории как показателя. Задача – выявление основных особенностей и недостатков ЭПТ, которые могут ограничить его использование или снизить точность результатов исследования и поиск возможных путей устранения этих недостатков.

В качестве примера для иллюстрации решаемых целей и задач будет использоваться территория Республики Казахстан, её социогеопространство и этноконфликтный потенциал.

Основными методами исследования были: 1) анализ этноконфликтного потенциала территории как показателя, его факторов и особенностей, а также демографических данных; 2) сравнение регионов Республики Казахстан по демографическим критериям и по степени влияния различных факторов.

Результаты и их обсуждение

Этноконфликтный потенциал территории как показатель.

В настоящее время не существует однозначного определения этноконфликтного потенциала территории и однозначного подхода к его измерению. Кроме того, также нет единого подхода к определению конфликтности.

Так, Перов Е.В. [2013] в своей статье отмечает, что «Конфликтность общества представляет собой социальное явление, систему объективных обстоятельств и субъективных образов, формирующих напряженность, как результат социального взаимодействия больших социальных групп, включающих свою систему отношений и групповые интересы». Кроме того, «конфликтность – это совокупность напряженностей в различных сферах жизнедеятельности, которые при определенных условиях могут привести к конфликту. <...> В отличие от конфликта, который представляет собой совокупность противоречий и процесс, конфликтность – это совокупность напряженностей и состояние общества».



Этноконфликтогенность является частным случаем конфликтогенности в целом, поэтому у этого термина также не существует однозначного определения. Завалишин А.Ю. [2023] в статье «Этническая конфликтогенность молодежи как предпосылка этнических конфликтов» отмечает: «Этническая конфликтогенность в наиболее общем смысле означает не сам этнический конфликт как прямое столкновение этнических групп или их представителей, а наличие в обществе предпосылок для его возникновения, которые осознаются в данном обществе как так или иначе связанные с этничностью. Насколько эта связь реальна и существенна, <...> вообще, не принципиально, важно лишь то, что она таковой воспринимается в массовом сознании населения». Помимо достаточно полного определения, в статье приводятся и некоторые факторы этноконфликтогенного потенциала: «По сути, в полиэтничном сообществе <...>, любая общественная проблема (политическая, экономическая, социокультурная и т.д.) может быть опрокинута в этническую плоскость и вызвать этнический конфликт. Для этого достаточно наложения по меньшей мере двух факторов: во-первых, идентификации ее участников не как автономных субъектов, а как представителей тех или иных этнических групп; во-вторых, формирования общественного мнения о неравноправном положении данных этносов в социальной структуре региональной общности».

Наконец, Васильев Ю.В. [2006] приводит такое определение: «Этноконфликтогенный потенциал – это система противоречий, сочетающая внутренние и внешние, ситуативные и долгосрочные, этноадаптационные и этностатусные, этнокультурные и этнодемографические, и другие факторы, которые до поры до времени находятся как бы в «замороженном», стабильном состоянии. Однако в случае снижения общесоциальной и политической стабильности используются частью региональной элиты и населения для реализации статусных, территориальных, социально-экономических проблем».

Как было сказано выше, полиэтничность сама по себе ещё не означает появление противоречий между представителями различных этносов и тем более возникновение межэтнических конфликтов. Важно отметить, что люди являются частью общества, а этническая идентификация, как правило, является неотъемлемой и очень важной составляющей человеческой идентичности, причём собственная этническая идентичность воспринимается, как правило, абсолютно бессознательно. Чем разнообразнее этнический состав территории и чем больше различных факторов её этноконфликтогенного потенциала – тем выше будет вероятность возникновения конфликтов. К сожалению, невозможно однозначно утверждать, что именно послужит «формальным поводом» для возникновения и распространения конфликта, можно лишь допускать с определённой долей вероятности ту или иную возможность.

В данной работе под этноконфликтогенным потенциалом территории будет пониматься совокупность различных противоречий, которые приводят к возникновению межэтнических конфликтов и их дальнейшему развитию не напрямую, а под воздействием различных факторов, которые способны обострять эти противоречия, приводя, таким образом, к возникновению и дальнейшей эскалации межэтнических конфликтов на этой территории. При этом необходимо отметить: во-первых, противоречия могут быть как объективными, так и субъективными, важно лишь, чтобы они воспринимались и осмыслились потенциальными участниками конфликтов как имеющие непосредственное отношение к межэтническому взаимодействию. Во-вторых, прямая связь вышеупомянутых факторов с межэтническими отношениями не является необходимым условием возникновения межэтнических конфликтов. В качестве примера таких факторов можно привести плотность населения и уровень преступности, не относящихся напрямую к сфере межэтнических отношений, но, очевидно, оказывающих сильное влияние на этноконфликтогенный потенциал территории.

Следующее, что необходимо рассмотреть, это возможность измерения этноконфликтогенного потенциала территории с целью сравнения регионов и последующего анализа.

Глава представительства Казахстанского института стратегических исследований при президенте Мадина Нургалиева в одном из своих интервью отметила следующее: «Межэтнический этноконфликтный потенциал у нас составляет порядка 3,8 %, это люди, которые декларируют готовность принять участие в межэтническом конфликте» [Как Казахстан стал..., 2022]. Если принять такое определение, то в таком случае этноконфликтогенный потенциал территории следует измерять как долю людей, которые постоянно или временно проживают на данной территории и которые при определённых обстоятельствах могли бы принять активное участие в межэтнических конфликтах.

Очевидно, что соцопросы не являются абсолютно надёжным источником информации. По этой причине следует выявить и рассмотреть те обстоятельства и условия, которые могут повысить долю людей в обществе, готовых принимать участие в межэтнических конфликтах – то есть, факторы этноконфликтогенного потенциала территории.

Факторы этноконфликтогенного потенциала территории.

К основным факторам, определяющим этноконфликтогенный потенциал территории, которые будут актуальны практически для любого исследуемого региона Земли, следует относить:

1) Этнический состав населения территории, его сложность и неоднородность, а также этническая мозаичность, последнюю можно оценивать с помощью индекса этнической мозаичности, предложенного в 1976 году Б.М. Эккелем [Шальнев, 2022].

2) Крупные общины и диаспоры неавтохтонных этносов. Частным случаем такого фактора может быть присутствие в исследуемом регионе крупных предприятий, на которых часто используется иностранная рабочая сила.

3) Влияние иностранных государств, которое может иметь различные формы: от открытой поддержки одной из сторон конфликта до так называемой политики мягкой силы.

4) Плотность населения является, вероятно, наиболее значимым из всех факторов, не имеющих прямой связи с межэтническими отношениями. Для территории Республики Казахстан характерна достаточно низкая плотность населения, за исключением относительно небольшого количества районов, расположенных преимущественно на севере и юге страны [Мы, Казахстан, 2022].

5) Демографическая ситуация в регионе, в особенности возрастно-половая характеристика населения. Большой этноконфликтогенный потенциал территории будет в регионах с высоким естественным (в первую очередь) приростом населения и с высокой долей мужчин в половой структуре населения.

6) Миграции в первую очередь трудовые (однако следует обращать внимание на любые массовые миграции не только в настоящем, но и в обозримом прошлом – так, одним из следствий сталинских репрессий, а конкретно – депортаций, стало появление в странах Центральной Азии крупных общин неавтохтонных этносов, многие из которых сохранились до настоящего времени) [Сталинские депортации, 2022].

7) Административно-территориальное деление региона, его соответствие этническим ареалам и в особенности наличие автономий, сформированных по этническому признаку. В настоящее время в составе Казахстана отсутствуют такие автономии, однако в составе соседнего Узбекистана есть Республика Каракалпакстан, в которой титульная нация составляет более 32 % от общего населения [Административные районы, 2022].

8) Уровень жизни, в особенности – уровень бедности, уровень безработицы и уровень преступности.

Возможность составления полного и всеохватного перечня таких факторов представляется крайне трудновыполнимой задачей, а, кроме того, значимость этих факторов может сильно меняться от региона к региону и при «переходе» с одного административного уровня на другой. По этой причине можно говорить об этноконфликтном потенциале раз-



личных территорий: начиная от отдельных населённых пунктов и агломераций и заканчивая целыми регионами. Однако перечисленные выше факторы, вероятно, будут актуальны для измерения этноконфликтогенного потенциала любой территории.

Теоретическая «всеохватность», то есть учёт большого или даже неограниченного количества различных факторов, является основным достоинством этноконфликтогенного потенциала территории как статистического показателя, поскольку они не являются равнозначными для различных регионов, и, таким образом, факторы, которые могут выглядеть несущественными при одних условиях, оказываются крайне важными или даже решающими при других. Так при прогнозировании межэтнических конфликтов и оценке этноконфликтогенного потенциала территории на севере Казахстана экологический фактор не будет играть столь же существенную роль, как при аналогичных исследованиях востока и юго-запада Казахстана – в этих регионах расположены, соответственно, бывший Семипалатинский ядерный полигон и урочище Аралкум – бывшее Аральское море.

Наконец, существуют специфические факторы этноконфликтогенного потенциала территории, уникальные для определённого региона. В качестве яркого примера на постсоветском пространстве можно привести тейпы (тайпы) – единицы организации ингушей и чеченцев. Несмотря на то, что даже сами представители этих этносов в настоящее время дают различные оценки степени влияния этого фактора на повседневную жизнь, тейповая принадлежность остаётся очень важной составляющей самоидентификации, и, как следствие, её необходимо учитывать, как важный фактор при оценке этноконфликтогенного потенциала этих территорий [Чеченские тайпы..., 2023].

Кроме того, как следствие всего вышесказанного можно утверждать, что этноконфликтогенный потенциал территории как показатель практически универсален для использования для различных территорий и на различных административных уровнях.

Наконец, при расчёте этноконфликтогенного потенциала территории используются статистические данные, которые, как правило, при их наличии, находятся в открытом доступе.

Этническая структура населения Республики Казахстан и её региональные особенности.

Для Казахстана характерен более сложный, чем у остальных стран Центральной Азии этнический состав населения. Так, по данным Бюро национальной статистики АСПР Республики Казахстан, на начало 2021 года население страны составляло почти 19 млн чел., из которых на долю этнических казахов приходилось более 69 %, русских – 18,42 %, и 3,29 % – узбеков. На долю остальных этносов, в среднем по стране, приходилось не более 2 % населения [Бюро национальной..., 2022].

При этом в этническом и этноконфликтогенном отношении территорию страны можно разделить на три макрорегиона (рис.):

1) В южных и юго-восточных регионах Казахстана этнический состав населения отличается высокой сложностью, присутствуют крупные общины неавтохтонных этносов: турок, курдов, азербайджанцев и др. В Туркестанской области более 17 % населения составляют узбеки, почти 2 % – таджики. Также обращает на себя внимание Алматинская область, в которой более 7 % населения – уйгуры. В данных регионах основными факторами этноконфликтогенного потенциала территории будут высокий индекс этнической мозаичности и наличие большого количества неавтохтонных общин. Также следует отметить, что для этих регионов характерен высокий естественный прирост населения и, как следствие, более высокая, по сравнению с другими областями Республики Казахстан, доля молодых людей в структуре населения, что также увеличивает этноконфликтогенный потенциал этих территорий. Наконец, следует отметить более высокую плотность населения во многих районах Южного и Юго-Восточного Казахстана по сравнению с другими регионами [Численность населения..., 2022].

2) На севере и северо-востоке Казахстана высока доля этнических русских: например, в Северо-Казахстанской области она превышает 49 %, а казахи являются этническим меньшинством – 35,50 %. Высока доля русских и в центральных регионах: например, в Карагандинской области она составляет почти 35 % [Бюллетени на начало..., 2022]. Несмотря на очевидные факторы межэтнического и межрелигиозного взаимодействия, на территории Казахстана в постсоветское время не наблюдалось массовых конфликтов между этническими русскими и казахами, что, впрочем, не означает невозможность таких конфликтов в будущем. Кроме того, необходимо отметить фактор неавтохтонных общин: немцев, поляков, чеченцев и мн. др., – это следствие, в первую очередь, сталинских депортаций, очень сильно разнообразивших этнический состав населения Казахстана и всей Центральной Азии. Наконец, следует отметить такой специфический фактор этноконфликтного потенциала этой территории как общины кандасов, более известных как оралманы – этнические казахи-репатрианты, проживающие, в том числе в северных регионах Казахстана [Кто такие оралманы, 2023].

3) Западный и Юго-Западный Казахстан отличаются высокой долей титульной нации. Например, Кызылординская область является практически моноэтническим регионом: казахи составляют более 96 % населения, а в отдельных районах – даже более 99 %. Похожая ситуация наблюдается в Атырауской и Мангистауской областях: этнические казахи составляют 92,86 % и 91,40 % соответственно [Численность населения..., 2022]. Однако именно в западной части Казахстана расположены многочисленные нефте- и газодобывающие предприятия, на которых используется, в том числе иностранная рабочая сила, что значительно увеличивает этноконфликтный потенциал этой территории. Наконец, необходимо отметить экологический фактор вследствие примыкания этого региона к бывшей акватории Аральского моря.



Рис. Этнический состав населения Казахстана по районам (по данным 2018 года)
Fig. Ethnic structure of Kazakhstan population by districts (as of 2018)



Проблемы и недостатки этноконфликтогенного потенциала территории как показателя.

Этноконфликтогенный потенциал территории как показатель нельзя назвать идеальным по ряду причин. Основной проблемой является то, что статистические данные, которые используются для его расчёта, как правило, имеют строгую привязку к сетке административно-территориального деления (АТД), и, как следствие, сам этноконфликтогенный потенциал территории как показатель оказывается сильно или даже полностью привязан к этой сетке, вследствие чего при использовании этого показателя и прогнозировании межэтнических конфликтов возникает сразу несколько серьёзных проблем:

1) Межэтнические конфликты в реальности не имеют строгой привязки к сетке АТД и могут распространиться на соседние территории при условии отсутствия каких-либо ограничений на перемещение между районами и областями. В настоящее время на территории Республики Казахстан имеется достаточно много городов и территорий, посещение которых ограничено, самым известным из которых является арендованный Российской Федерацией город Байконур [Официальный сайт администрации..., 2022]. Но между большинством районов и областей Республики Казахстан в настоящее время перемещение не ограничено.

2) Следствием привязанности данных к сетке АТД является также равномерное распределение значения этноконфликтогенного потенциала территории по всей области административного образования, что может плохо описывать реальное положение дел, поскольку в Республике Казахстан существуют районы и области с очень неравномерным распределением населения и его структуры. Так, по данным 2021 года, доля казахов в Туркестанской области в среднем составляет около 76 %, однако на северо-востоке области в Байдибекском районе доля этнических казахов составляет уже почти 97 %, а на востоке в Сайрамском районе лишь 21,5 %, при этом в этом же районе проживает большое количество узбеков – на долю этого этноса приходится более 71 % населения района [Бюллетени на начало..., 2022].

3) Возможность долгосрочных исследований становится зависимой от постоянства сетки административно-территориального деления. Если же в исследуемой стране или регионе часто проводятся административные реформы, такие как: объединение, разъединение, выделение новых территориальных единиц (районов, областей и т.д.), то в таком случае долгосрочные исследования значительно усложняются, поскольку для новых единиц АТД требуются новые статистические данные, которые могут быть недоступны. Кроме того, в случае сильного расхождения старой и новой сетки АТД, сравнение значений этноконфликтогенного потенциала территории становится практически невозможным. Для административно-территориального деления Республики Казахстан характерно непостоянство: реформы в этой сфере проводятся регулярно на протяжении всей постсоветской истории страны. Так, согласно указу президента Касым-Жомарта Токаева 8 июня 2022 года из территорий существующих областей Казахстана были выделены три новых: Абайская, Жетысуская и Улытауская [О некоторых вопросах..., 2022]. Всё это позволяет сделать вывод, что этноконфликтогенный потенциал территории как показатель не может быть использован для прогнозирования межэтнических конфликтов в «чистом виде» и нуждается в дополнительных инструментах.

Возможные способы усовершенствования использования этноконфликтогенного потенциала территории как показателя.

Как уже было сказано выше, основная сложность заключается в том, что этноконфликтогенный потенциал территории как показатель формируется и вычисляется на основании статистических данных, которые в свою очередь неизбежно «привязаны» к сетке административно-территориального деления региона. Поскольку «отвязать» статистические

данные от сетки АДД невозможно или, по крайней мере, очень сложно, то следует дополнить этноконфликтогенный потенциал территории некоторыми дополнительными вычислениями и исследованиями. В первую очередь следует выделять, насколько это возможно, основной ареал расселения этнических меньшинств без привязки к сетке административного деления, – вероятность межэтнических конфликтов будет очевидно выше вблизи границ таких ареалов или же в случае небольшой площади расселения – по всей территории. Так, на востоке Алматинской области возможно выделение ареала наибольшего расселения этнических уйгуров.

Если для этнического меньшинства характерно относительно равномерное расселение на обширной территории, то в таком случае необходимо также выделять ареалы с большей или меньшей долей меньшинств и, как следствие, установление территорий их наибольшей концентрации. Такой способ можно применить, например, в отношении узбекского или чеченского этносов, которые расселены практически по всем регионам Казахстана.

Наконец, необходимо выделять области сверхкомпактного проживания меньшинств, такие как крупные промышленные предприятия, например, месторождения нефти и газа, на которых очень часто используется иностранная рабочая сила. Данный метод будет особенно актуален для западных областей Республики Казахстан: Атырауской и Мангистауской, где, как уже было сказано выше, расположены крупные нефтегазовые месторождения, которые разрабатываются, в том числе компаниями из стран ЕС, США, Китая и ряда других стран.

Вышеперечисленные инструменты следует использовать в дополнение к основным расчётам этноконфликтогенного потенциала территории для корректировки и исправления значений последнего, поскольку их использование позволяет хотя бы частично ослабить зависимость этноконфликтогенного потенциала территории как показателя от строгой привязки к сетке административно-территориального деления. В свою очередь, это позволяет более полно оценить межэтнические взаимодействия в исследуемом регионе и, как следствие, более точно спрогнозировать возникновение и распространение межэтнических конфликтов.

Заключение

Как уже было сказано, межэтнические конфликты происходят в Центральной Азии вообще и в Республике Казахстан в частности достаточно часто и их полное прекращение в ближайшем будущем представляется маловероятным. По этой причине исследования в данной области должны проводиться регулярно. Это позволит в будущем прогнозировать и предотвращать или по меньшей мере снизить риск возникновения межэтнических конфликтов.

Этноконфликтогенный потенциал территории как показатель позволяет, с одной стороны, достаточно полно оценить вероятность межэтнических конфликтов путём учёта множества различных показателей и выделения основных и второстепенных среди них, а с другой стороны, позволяет отслеживать изменения этноконфликтогенного потенциала территории в течение длительного периода времени.

Однако этноконфликтогенный потенциал территории как показатель нуждается в постоянном совершенствовании, поскольку, во-первых, как уже было сказано, для сетки административно-территориального деления Республики Казахстан характерно непостоянство, а во-вторых, факторы этноконфликтогенного потенциала территории также не являются неизменными и постоянными, а кроме того, в будущем возможно появление совершенно новых факторов, которые также необходимо учитывать при оценке и вычислении этноконфликтогенного потенциала территории.



Использование комбинаций различных методов измерения и оценки этноконфликтного потенциала территории планируется при составлении различных картографических материалов, при написании научных статей и работ, а также кандидатской диссертации по геопространственным аспектам этноконфликтной проблематики.

Список источников

- Административные районы. Электронный ресурс. URL: <http://www.uzbekistan.org.ua/ru/uzbekistan/administrativnyue-rajony.html> (дата обращения: 20.07.2022).
- Бюллетени на начало 2021 года. Бюро национальной статистики. Электронный ресурс. URL: <https://stat.gov.kz/api/getFile/?docId=ESTAT414397&lang=ru> (дата обращения: 20.07.2022).
- Бюро национальной статистики. Электронный ресурс. URL: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения: 20.07.2022).
- Завалишин А.Ю. Этническая конфликтность молодежи как предпосылка этнических конфликтов. Электронный ресурс. URL: <http://www.opkhv.ru/files/files/2015/6абса28с89б622065413.docx> (дата обращения: 29.01.2023).
- Итоги первого дня беспорядков в Киргизии. Электронный ресурс. URL: http://www.gazeta.ru/politics/2010/04/07_a_3348758.shtml (дата обращения: 19.07.2022).
- Как Казахстан стал самой спокойной страной Центральной Азии. Центр Льва Гумилёва. Электронный ресурс. URL: <https://www.gumilev-center.ru/kak-kazakhstan-stal-samoj-spokoynou-stranou-tsentralnoy-azii/> (дата обращения: 19.07.2022).
- Конституция Республики Каракалпакстан. Электронный ресурс. URL: <https://karakalpakstan.uz/ru/page/show/27> (дата обращения: 19.07.2022).
- Кто такие оралманы? Посольство Республики Казахстан в Российской Федерации. Электронный ресурс. URL: https://www.kazembassy.ru/rus/diaspora/tekushaya_deyatelnost/?cid=0&rid=1151 (дата обращения: 29.01.2023).
- Мы, Казахстан. Бюро национальной статистики. Электронный ресурс. URL: <https://stat.gov.kz/api/getFile/?docId=ESTAT365098&lang=ru> (дата обращения: 20.07.2022).
- Новая эра конфликтов и насилия. Организация Объединённых Наций. Электронный ресурс. URL: <https://www.un.org/ru/un75/new-era-conflict-and-violence> (дата обращения: 19.07.2022).
- О некоторых вопросах административно-территориального устройства Республики Казахстан. Официальный сайт Президента Республики Казахстан. Электронный ресурс. URL: <https://akorda.kz/ru/o-nekotoryh-voprosah-administrativno-territorialnogo-ustroystva-respubliki-kazakhstan-445923> (дата обращения: 20.07.2022).
- Официальный сайт администрации города Байконур. Электронный ресурс. URL: <http://www.baikonuradm.ru/> (дата обращения: 20.07.2022).
- Почему русские бежали из Средней Азии. Военное обозрение. Электронный ресурс. URL: <https://topwar.ru/148880-pochemu-russkie-bezhali-iz-srednej-azii.html> (дата обращения: 19.07.2022).
- События в новом Узене в 1989 году и их отражение в СМИ. КиберЛенинка. Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sobytiya-v-novom-uzene-v-1989-godu-i-ih-otrazhenie-v-smi> (дата обращения: 19.07.2022).
- Сталинские депортации. 1928–1953. Электронный ресурс. URL: <https://www.alexanderyakovlev.org/fond/issues/62150> (дата обращения: 20.07.2022).
- Чеченские тайпы: как это устроено. Это Кавказ. Электронный ресурс. URL: <https://etokavkaz.ru/obshchestvo/chechenskie-taipu-kak-eto-ustroeno> (дата обращения: 26.01.2023).
- Численность населения Кызылординской области по отдельным этносам. Электронный ресурс. URL: <http://stat.gov.kz/api/getFile/?docId=ESTAT306055> (дата обращения: 20.07.2022).
- Шальнев В.А. Вопросы географии и краеведения. Электронный ресурс. URL: <http://www.refdb.ru/look/2397466-pall.html> (дата обращения: 20.07.2022).
- ACLED. Electronic resource. URL: <https://acleddata.com/dashboard> (accessed: 19.07.2022).
- Tajikistan Civil War 1992–1994. Electronic resource. URL: <http://www.onwar.com/aced/chrono/c1900s/yr90/ftajik1992b.htm> (accessed: 19.07.2022).

Список литературы

- Васильев Ю.В. 2006. Факторный подход к определению этноконфликтогенного жизнедеятельного комплекса. Вестник Ставропольского государственного университета, 44: 127–134.
- Каледин Н.В. 2003. Географическая научная картина мира: деятельностно-геопространственный контекст. Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 7. Геология. География, 1: 111–117.
- Перов Е.В. 2013. Теория и анализ социальной конфликтности общества. NB: Национальная безопасность, 5: 67–141.
- Теренина Н.К. 2022. Индекс этнической контактности как инструмент изучения территорий со смешанным национальным составом населения. Псковский регионологический журнал, 18(1): 101–116. DOI: 10.37490/S221979310018427-2

References

- Vasiliev J.V. 2006. Factor Approach to the Determination of Ethnicconflictogenic Viable Complex. Vestnik Stavropolskogo gosudarstvennogo universiteta, 44: 127–134 (in Russian).
- Kaledm N.V. 2003. Scientific Geographical Picture of the World: Human Activity – Geospacial Approach. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 7. Geologiya. Geografiya, 1: 111–117 (in Russian).
- Perov E.V. 2013. Teoriya i analiz sotsialnoy konfliktogenosti obshchestva [Theory and Analysis of the Social Conflictogenicity of Society]. NB: Natsionalnaya bezopasnost, 5: 67–141.
- Terenina N.K. 2022. Ethnic Contact Index as a Tool for Studying Territories with a Mixed National Composition of the Population. Pskov Journal of Regional Studies, 18(1): 101–116 (in Russian). DOI: 10.37490/S221979310018427-2

*Поступила в редакцию 05.08.2022;
поступила после рецензирования 28.09.2022;
принята к публикации 06.02.2023*

*Received August 05, 2022.
Revised September 28, 2022.
Accepted February 06, 2023*

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

Тенчиков Александр Александрович, преподаватель, Санкт-Петербургское государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Академия управления городской средой, градостроительства и печати», г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Aleksandr A. Tenchikov, lecturer of the Saint Petersburg State Budget Professional Educational Institution "Academy of Urban Management, Planning and Printing", Saint Petersburg, Russia



УДК 911.372
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-34-48

Depopulation of the Ethnic Diverse Mountain Villages in the Northwestern Part of Azerbaijan and the Development of a Sustainable Rural Development Model

Bayimkhanim A. Huseynova

Institute of Geography named after academician H.A. Aliyev
115 Ave Huseyn Javid, Baku AZ1143, Azerbaijan
E-mail: nane_huseinova@yahoo.com

Abstract. The article investigates the primary causes of the depopulation of ethnically diverse mountain villages located in the northwestern part of Azerbaijan and provides a sustainable rural development model to alleviate this process. The primary purpose of the research is to determine the mountain villages which are composed of ethnic minorities and at the brink of extinction or endangered and find the fundamental causes behind this process. It was revealed that the diversity of ethnic composition, the level of economic development, natural-geographical and other factors have played an exceptional role in population mobility in the mountain villages. Particularly, the intensification of population mobility in recent years has further accelerated the process of polarisation in the region's settlement system, which has led some ethnically diverse villages to be almost abandoned and some to have slow population growth. Although the survey database is based on official statistics, a social survey was conducted in the eligible settlements to become closely acquainted with the local situation. As a consequence of the analysis of official data and survey materials, it became evident that the basic causes of the migration of local residents are related to socioeconomic and natural-geographical factors. Undoubtedly, a continuation of this tendency in the following years is likely to culminate in the complete depopulation of several ethnically diverse mountain villages and the loss of ethnic diversity in the area. Therefore, in order to revitalize rural settlements in the mountain areas, the sustainable rural development model was developed.

Keywords: Azerbaijan, depopulation, ethnic minorities, mountain villages, rural development model, rural population

For citation: Huseynova B.A. 2023. Depopulation of the Ethnic Diverse Mountain Villages in the Northwestern Part of Azerbaijan and the Development of a Sustainable Rural Development Model. Regional Geosystems, 47(1): 34–48. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-34-48

Депопуляция этнически разнородных горных сел в северо-западной части Азербайджана и разработка модели устойчивого развития сельских районов

Гусейнова Б.А.

Институт географии им. академика Х.А. Алиева
Азербайджан, AZ1143, Баку, пр. Гусейна Джавида, 115
E-mail: nane_huseinova@yahoo.com

Аннотация. В статье исследуются первопричины депопуляции этнически разнородных горных сел, расположенных в северо-западной части Азербайджана, а также предлагается модель устойчивого развития сельских районов для ослабления последствий этого процесса. Основной целью исследования является установление горных деревень, состоящих из этнических меньшинств и находящихся на грани исчезновения или под угрозой исчезновения, и раскрытие основных причин

этого процесса. Выявлено, что пестрота этнического состава, уровень экономического развития, природно-географические и другие факторы сыграли исключительную роль в мобильности населения в горных аулах. В частности, усиление мобильности населения в последние годы еще больше ускорило процесс поляризации в системе расселения региона. Это привело к тому, что некоторые этнически разнородные села оказались практически заброшены, а в некоторых наблюдался медленный прирост населения. Хотя база данных обследования основана на официальной статистике, в населенных пунктах, отвечающих критериям, был проведен социологический опрос, чтобы лучше ознакомиться с местной ситуацией. В результате анализа официальных данных и материалов опроса стало очевидным, что основные причины миграции местных жителей связаны с социально-экономическими и природно-географическими факторами. Несомненно, продолжение этой тенденции в последующие годы, вероятно, приведет к полному запустению некоторых этнически разнородных горных деревень и утрате этнического разнообразия в этом районе. Поэтому для возрождения сельских поселений в горных районах была разработана модель устойчивого развития сельских районов.

Ключевые слова: Азербайджан, депопуляция, национальные меньшинства, горные села, модель развития села, сельское население

Для цитирования: Гусейнова Б.А. 2023. Депопуляция этнически разнородных горных сел в северо-западной части Азербайджана и разработка модели устойчивого развития сельских районов. Региональные геосистемы, 47(1) 34–48. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-34-48

Introduction

The Republic of Azerbaijan is among the multinational countries of the world. The territories covering the northwestern region of the republic are also distinguished by their multiethnicity. Thus, the region is settled by the Udi people, Avars, Tsakhurs, Inghilois, Akhvakhs, Rutuls, and other members of the ethnic and national minorities, such as Kurds, Tatars, Russian, Turks, and others. Among these ethnic minorities whose names are mentioned above, almost all of the Udi people, Tsakhurs, and Avars populate the northwestern regions of the republic. The majority of the Inghilois fall into this region's share (76.1 %) as well [Huseynova, 2021a].

The Republic of Azerbaijan is factored in as a mountainous country due to the fact that about 58.0 % of its territory is covered by relief units located above 200 metres [Museyibov, 1998]. The region, named the Shaki-Zagatala economic region and encompassing the northwestern part of the country, stretches along the southern exposition of the Greater Caucasus Mountains and covers 10.2 % of the country's territory. More than 80 % of the region's territory is covered by low, medium, and high mountainous areas [Distribution of population..., 2016].

The Shaki-Zagatala economic region has a population of 630.4 thousand people and an area of 8.84 thousand km² [Demographic indicators of Azerbaijan, 2021]. The economic region consists of 6 administrative districts, including Balakan, Gakh, Gabala, Oghuz, Shaki, and Zagatala, 7 small towns, and 336 villages (Fig. 1). In the year 2009 (the indicators were given for the year 2009 since the last census materials were not ready), the population of the region was 566.0 thousand people, of which 105.2 thousand people or 18.6 % were accounted for by the minority ethnic groups. 92.2 thousand people or 87.6 % of the minority ethnic groups dwelling in the area settled in rural settlements, and 13.0 thousand people or 12.4 % in urban settlements (2009). It can be concluded that the main settlements of minority ethnic groups are rural areas.

The Avars settle primarily in the Balakan and Zagatala districts of the region, the Tsakhurs in the Gakh and Zagatala districts, the Inghilois in the Gakh, Zagatala and partly in the Balakan district, the Udi people in the Gabala and partly in the Oghuz district, and the Lezgins in all administrative districts. However, the number of Lezgins is comparatively higher in Gabala, Shaki, and Oghuz districts [Huseynova, 2021b].

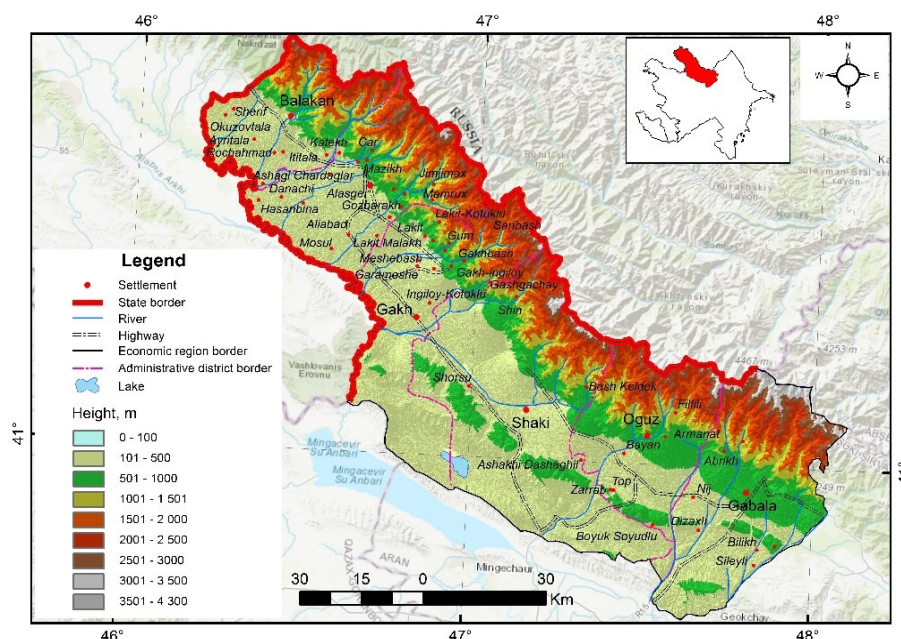


Fig. 1. Survey map of the study region
 Рис. 1. Обзорная карта изучаемого региона

The world's mountainous regions are delicate to a plethora of issues, including troublesome access, economic and political marginalisation, external migration, environmental sensitivity, and diversity of livelihoods [Price et al., 2004; Khan, Somucu, 2013]. Because of their smaller populations and inadequacy of urban economics, these regions can be disadvantageous areas in terms of their economic development [Perlik, Membretti, 2018]. Moreover, as opposed to the low-lying areas, these areas have problems with the multitude of social interactions that are one of the substantial indicators of regional improvement [Storper, 1995].

As a consequence of this, in several developing and underdeveloped countries, even in some developed countries leaving a place of residence takes its beginning from the mountainous areas.

Rural communities in many mountainous areas around the world consider leaving their residences as an essential expedient to vary their economic activities to make better living conditions [Schoch et al., 2010].

Problems of depopulation in rural areas have affected many countries and regions in the post-Soviet period [Laoshvili et al., 2020; Chugunova, Yakovenko, 2022]. Today, the depopulation of mountain villages has become a major topic of discussion in many countries around the world. Depopulation is a process that is more common in some countries, especially in remote and rural areas.

Conventionally, in order to change their living quality, reduce their direct dependency on natural resources, and adapt to environmental, societal, economic, and political pressure, people residing in mountain areas have migrated [Tacoli, 2011]. To build a better life for themselves, young people who leave these areas for education or work are unwilling to return to these areas. In such areas, natural increase slows or takes a negative tendency because of the ageing of the population. This leads to the process of depopulation. That is, low births pave the way for the low natural increase. This is the essential demographic driver of depopulation. In the coming days, this continuous depopulation is likely to cause the risk of village extinction because these phenomena are associated with each other [Vaishar et al., 2021].

Depopulation is a process that occurs under the influence of several factors. That is, environmental, social, economic and in some cases, political factors play a significant role in this process.

Over the last 20 years, numerous pieces of research have been conducted on the depopulation of settlements in mountainous areas and the migration of people from these areas. Some researchers even consider this situation as a positive tendency and note that the outflow of people from mountainous areas plays an important role in the sustainability and productivity of sensitive mountain ecosystems, reducing environmental pressures, and restoring ecological recovery and biodiversity [Grau, Aide, 2007]. However, on the other hand, migration of the population to other parts of the region/country or abroad raises another problem, leading to a reduction in human capital and labour resources [Serageldin, 1996].

In addition to this, rural areas are a source of labour resources also used in urban areas, a refuge for endangered plant and animal species and natural landscapes and areas in need of protection. Rural settlements are an important element of national and regional cultural heritage. This is the reason why sustainable rural development is a complex set of significant issues for a country's whole society [Adamowicz, 2020].

In areas differentiating its ethnic diversity, the depopulation issue in turn may culminate in the complete disappearance of ethnic diversity or any minority ethnic group. At the same time, regardless of the country's relief, necessary measures should be taken to maintain a local population in the mountainous areas, as well as in the plains, in order to achieve balanced development between the regions and to establish a unified settlement system.

The essential part of the rural population living in rural areas of Azerbaijan engages in forestry, agriculture, and agriculture-related sectors [Eminov, 2005]. Therefore, the availability of arable land, water resources and irrigation networks, social infrastructure, transport, and other facilities is taken into consideration as important factors to improve the welfare of the population in the villages of the Republic of Azerbaijan. In short, rural societies encounter numerous socioeconomic and environmental challenges in the context of climate change, poverty, geographical isolation, and other factors [Mihai, Iatu, 2020].

In order to conduct the research, the research paper focused on three goals:

1. Determination of the ethnic diverse villages where the population declines or increases at a slower pace.
2. Identification and categorisation of factors contributing to the depopulation and weak population growth of these villages.
3. Development of a sustainable rural development model using various practices to prevent depopulation and repopulation of this area.

Objects and methods of research

The research database is based on 3 sources:

1. A basic map of the study region;
2. Literature and fund materials;
3. Field investigation.

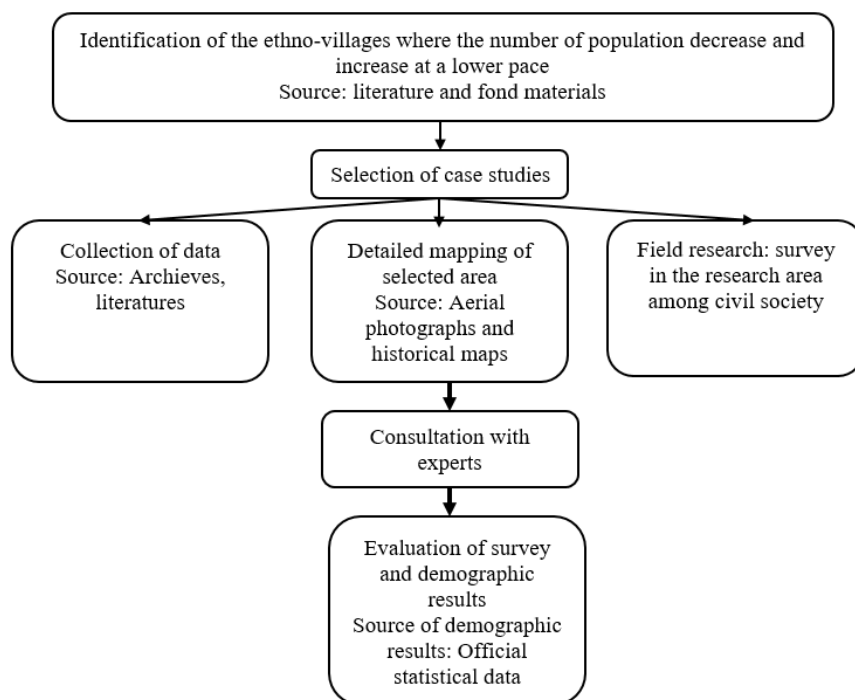


Fig. 2. Research procedure
Рис. 2. Процедура исследования



The primary source is a 1: 25000 scale map of the economic region prepared at the Institute of Geography of ANAS. The second source is the scientific work and fund materials of researchers who have conducted research in this field in Azerbaijan and around the world. The third source is to organise a meeting with the residents and conduct a survey in September-October 2021 with the help of village officials in pre-selected rural settlements (Fig. 2).

With the help of executive officers and officials of the villages, a 14-day household survey was conducted in September and October of 2021, with the survey in March and September 2022 as a supplementary survey. In order to obtain general information about the local population in the survey materials, along with the respondent's area of residence, gender, age, ethnicity, marital status, education, employment, monthly income and other types of questions, in order to study the depopulation of villages and to study the opinion of the local residents to discuss these challenges were reflected in the survey materials.

The survey was conducted in 16 mountain villages populated compactly by ethnic minorities. The survey materials were distributed to 400 people and each questionnaire was answered. 56 % of the respondents were women and 44 % were men (Table 1).

Table 1
Таблица 1

Demographic features of the respondents
Демографические особенности респондентов

Demographic features		Number of respondents*	Percentage	Total
Sex	Female	220	56.0	400
	Male	180	44.0	
Age bracket	15–24	22	5.5	400
	25–34	126	31.5	
	35–44	94	23.5	
	45–54	86	21.5	
	55–64	22	5.5	
	65 and over	50	12.5	
Occupation	Student	22	5.5	400
	Housewife	46	11.5	
	Agricultural sector	216	54.0	
	Industry sector	–	–	
	Government sector	52	13.0	
	Private sector	–	–	
	Retired	50	12.5	
Jobless	14	3.5		
Ethnicity	Akhvakh	60	15.0	400
	Avar	40	10.0	
	Inghiloi	100	25.0	
	Lezgin	60	15.0	
	Rutul	40	10.0	
	Tsakhur	100	25.0	

* The questionnaires were distributed randomly without considering the gender, occupation, level of education, and other indicators of the residents.

A sustainable rural development model was developed for the repopulation of the research area, based on both local and international research. In order to develop the model, the resources of the research area were studied, the opinions of the local population were collected and analysed, as well as UN reports on rural development were used.

Result and discussion

Dynamics of the minority ethnic groups. With respect to the dynamics of the number of ethnic groups living in rural areas of the region, it can be seen that there was a significant decrease in their number (The dynamics of the population were provided by the years 1999 and 2009 since the official statistical materials for 2019 are not ready) (Fig. 3). This decline was most pronounced in the number of Udi people. Formerly, Udi people dwelled in the Nij village of Gabala district, and this decline in their number is not because of the population crash of the village, but because of the change of status of the settlement town in 2005 [Huseynova, 2021b].

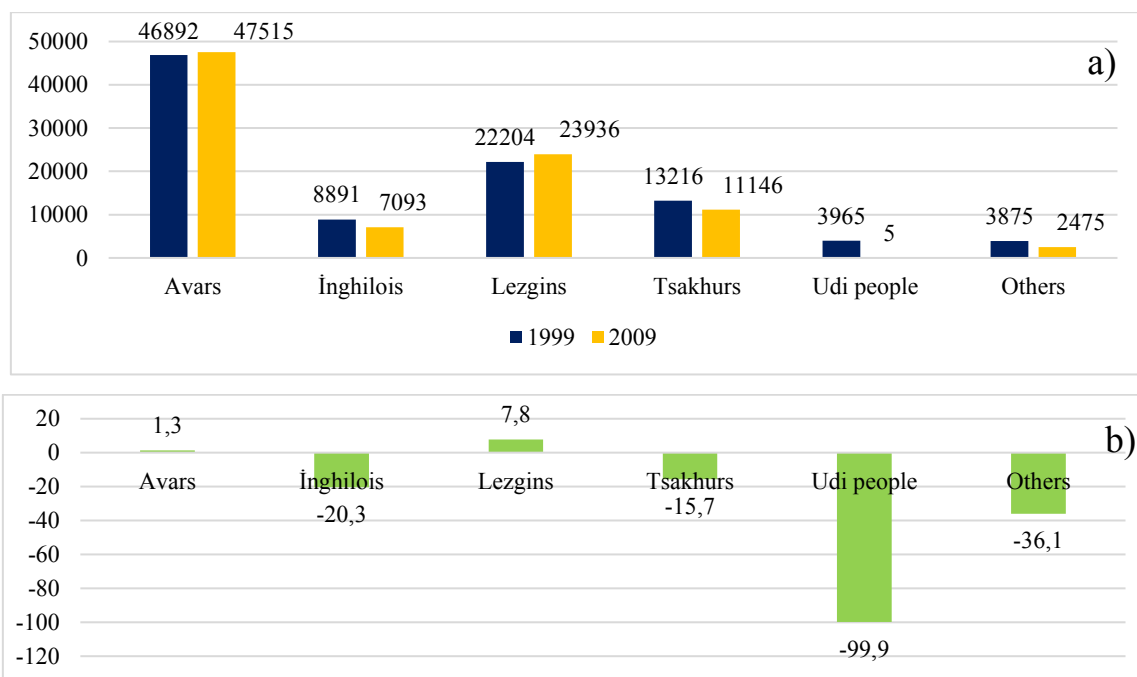


Fig. 3. a) Dynamics of the ethnic minorities in the rural settlements in 1999–2009;
b) Growth dynamics of minority ethnic groups in 1999–2009

Рис. 3. а) Динамика численности национальных меньшинств в сельских поселениях в 1999–2009 гг.;
б) Динамика роста этнических меньшинств в 1999–2009 гг.

However, there was a downward tendency in the number of Udi people. According to the local residents, this decrease is due to the internal and external migration of the population. Regarding external migration, the Udi people (both men and women) migrate to the Russian Federation for both education and employment-related purposes. Similarly, the number of Inghilois and Tsakhurs populating rural places declined significantly. The decline in the number of Inghilois in rural areas is due to the fact that both men and women migrate to Georgia to study and business purposes, and some of the women prefer migrating to Germany to work there (especially engaging in babysitting) [Huseynova, 2022]. Turning to the number of the Avars and Lezgins, in spite of migrating to Russia, their number increased in rural areas because of the comparatively higher natural increase. Regarding internal migration, undoubtedly, most of the migrants give preference to the Baku economic region which is by far the most developed region of Azerbaijan. Emigration of the population in the region has manifested itself not only in the villages located in the plains and foothills but also in the mountain villages. The relatively unfavourable conditions for living and working in mountain villages have made this situation even more intense.

Ethnic diverse mountain villages with declining populations and weak growth rates. Totally, there are 94 rural settlements in the study area located at an altitude of more than 500 metres and 42 of them are ethno-diverse villages. The villages of the Balakan district where almost 20 % of the population is constituted by ethnic minorities were not investigated because there are not any villages located at an altitude of more than 500 metres. In each of the Gakh, Oghuz, Shaki, and Zagatala districts, there are 12 (including 9 ethno-diverse villages), 13 (including 6 ethno-

diverse villages), 23 (including 6 ethno-diverse villages) and 16 (including 15 ethno-diverse villages) rural settlements belonging to this group, respectively. The largest number of rural settlements in this group is in the Gabala district (30 villages (including 6 ethno-diverse villages)).

According to the result of the investigation, 11 ethno-diverse mountain villages with declining populations were recorded in the study region [Huseynova, 2021c]. Of these villages, 5 villages were built at an altitude of 1000 meters, and 6 at an altitude of between 500 and 1000 metres. Only 2 of the villages have a large demographic potential whereas the population of 3 villages is less than 100 people (Table 2, Fig. 4).

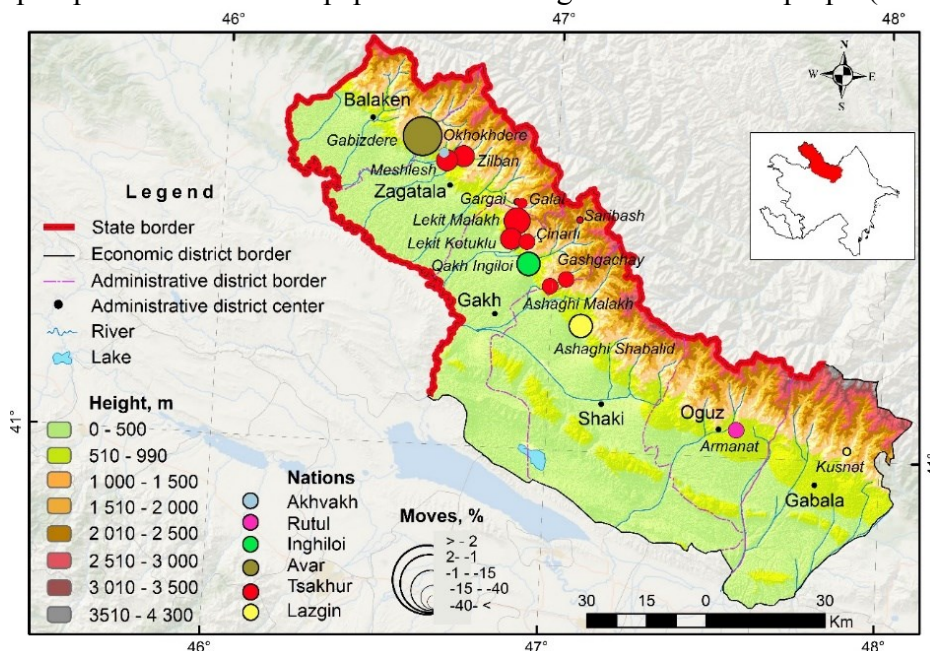


Fig. 4. Map-scheme of the ethno-rural mountain villages studied
Рис. 4. Карта-схема изученных этносельских горных поселений

Table 2
Таблица 2

Villages with a declining population
Деревни с убывающим населением

№	Name of villages	Altitudes (metre)	Ethnic composition	Population*		Decline rate in 1999-2009 (with %)
				1999	2009	
1	Gakh Ingiloy	650	Inghiloi	3294	2949	-10.5
2	Gashgachay	1020	Tsakhur	1083	1052	-2.9
3	Ashaghi Malakh	690	Tsakhur	310	301	-2.9
4	Chinarli	800	Tsakhur	388	384	-1.0
5	Saribash	1600	Tsakhur	218	132	-39.4
6	Kusnet	1120	Lezgin	71	44	-38.0
7	Armanat	725	Rutul	665	570	-14.3
8	Ashaghi Shabalid	525	Lezgin	711	672	-5.5
9	Galal	1030	Tsakhur	31	16	-48.4
10	Gargay	1150	Tsakhur	65	55	-15.4
11	Akhakh dara	650	Akhvakh	570	307	-46.1
The villages with a slower increase rate						
12	Lakit Malakh	520	Tsakhur	106	108	1.9
13	Lakit Kotuklu	1000	Tsakhur	251	260	3.6
14	Zilban	600	Tsakhur	583	586	0.5
15	Gabizdara	530	Avar	229	245	7.0
16	Mishlesh	850	Tsakhur	134	137	2.2

One of the villages with the highest rate of decline among the rural population is Saribash village in the Gakh district, where the population is composed of Tsakhurs. Such a rapid fall in the population of Saribash village is due to the fact that the village is located high altitude and distance from the district centre and other settlements. The village is the highest settlement in the region. Generally, Saribash village is considered one of the most remote villages in the Republic of Azerbaijan (Fig. 5).



Fig. 5. A bird's eye view of the Saribash village (with microdrone)
Рис. 5. Село Сарибаш с высоты птичьего полета (с микродрона)

In the 1960s, with the inclusion of the village with more than 1000 people in the group of “unpromising villages”, part of the population was relocated to the village of Jalayir, located at an altitude of 215 meters above sea level and had a convenient condition for the development of agriculture and creating “soyuznaya xozyaystva” (union economy) in the USSR, including in the Soviet Socialist Republic of Azerbaijan. As a matter of fact, this process commenced in the 1950s and gained momentum in the 1960s. In previous years, the condition of the village's social infrastructure was relatively convenient, as the village had a field hospital, a school, a library, and a house of culture. However, the village is currently in danger of extinction due to its remoteness, insufficient social infrastructure, and unemployment-caused challenges.

Another village with a rapidly declining population is the Kusnet village of the Gabala district, inhabited by Lezgins. The village was built by Lezgins who moved from the namesake village of the Guba district. The population of village, which used to have a large population, was mainly engaged in pottery and other traditional occupations. At present moment, the population of the village is represented by the older generation, which was once engaged in this activity. Thus, there is no natural increase in the village because there are no representatives of the younger generation. As a result of the lack of natality and high mortality in the village, which is composed of members of the older generation, the natural increase has taken a negative figure.

The Galal and Gargay villages of the Zagatala district, where the population is composed of Tsakhurs and in danger of extinction, are also considered to be of these types of villages.

One of the villages with a highly declining population is the village of Akhkhakhdera, inhabited by the Akhvaks, who live compactly in only two places in the world (the Akhvakh region of Dagestan and Zagatala district of Azerbaijan). The number of Akhvaks settling in Zagatala city, Jar village of Zagatala district, and Gabagchol town of the Balakan district is comparatively lower. Akhkhakhdera village is almost surrounded by Avar villages. The arrival of Akhaks living in this village for more than 2 centuries was due to the inadequacy of arable land in Dagestan. After



arriving in Azerbaijan, the Akhvakhs, who were mainly engaged in sheep breeding, began to engage in vegetable growing as well. The main occupations of the villagers are gardening (orchards are mainly made of walnuts, chestnuts, and hazelnuts), beekeeping, tobacco growing, and cattle breeding. From 1999 to 2009, the population of the village decreased by more than 46 %. The underlying cause for the decrease in the village was the migration of young people from the village, and this situation in turn has resulted in a decrease in the natural increase rate.

Another village with a declining population is the Armanat village of the Oghuz district, which is populated by the Rutuls (one of the 5 ethnic groups of the Lezgins). Rutuls, densely populated in Rutul, Akhti, Babayurd, and Kizliyar districts of Dagestan, settle mainly in Dashuz, Shorsu, Shin villages of Shaki district and in Armanat village of Oghuz district. Most of the Rutuls living in Azerbaijan migrated from the villages of Rutul and Borj areas of the Dagestan. The Rutuls, a nomadic people, migrated to the mountains in summer and to the lowlands and plains in the winter. The reason for the nomadic life of the Rutuls was that they were mainly engaged in cattle breeding. The village, located 570 meters from the southern foothills of the Caucasus Mountains, is being abandoned due to unsatisfactory social infrastructure. An insufficient level of road infrastructure weakens the connection of the population with the district centre.

Among the villages with a declining population, the Gakh Ingiloy village can be indicated. The local population in the village where the population is constituted of the Christian Inghilois who call themselves Georgian. The Inghilois are believed to be descendants of the Gel tribes, one of 26 ethnic groups in Caucasian Albania [Hajiali, 2007]. Migration processes among young people in the village of Gakh Ingiloy are progressing rapidly. Young people mainly go to the Republic of Georgia to study and for work-related purposes. As a result of the reluctance of those who leave to return to rural areas, the number of young people is declining.

The Gashgachay village is also included in the villages with a declining population. Non-use of the natural and historical tourism potential of Gashgachay village, which has a rich nature, ancient history, and great demographic potential, the inefficacy of social infrastructure facilities, including a medical centre, is one of the reasons for the population to leave the village. Owing to the inadequacy of business opportunities and difficult living conditions, young people migrate to Baku and other areas whenever possible. Therefore, it is possible to come across many empty and ownerless houses in the village.

In the villages of Ashaghi Shabalid, Ashaghi Malakh, and Chinarli, where the population is declining at a relatively slow pace, the main reason for the population to leave is to find more profitable employment opportunities.

There are five ethnic rural mountain settlements with a slower pace of population increase. These villages include Lakit Malakh, Lakit Kotuklu villages of the Gakh district, Mishlesh, Zilban, and Gabizdere villages of the Zagatala district (See Table 2, Fig. 4). Generally speaking, most of the villages with a declining population dwelled by the Tsakhurs. This situation is not because the emigration process is relatively faster among the Tsakhurs, but because there are several Tsakhur villages located at an altitude of over 500 metres.

The difference between rural and urban areas is directly proportional to the flow of population from rural to urban areas [Ma et al., 2019]. In other words, development in rural areas, especially in mountainous areas, is very slow compared to urban areas in Azerbaijan. This accelerates the flow of people living in rural areas to the city. However, it is interesting that the influx to the villages accelerates during the summer months, and this increase is due to the urban population coming to the countryside for recreation. Even in some mountain villages, part of the houses is bought by the urban population and used as garden houses or rest houses. However, they are not permanent residents of the area but are registered residents of the city. It is a fact that rural places are more commonly becoming an asset used by urban residents, entrepreneurs, and tourists, this is the reason why these settlements turn into a public good [Mieczysław, Ligaj, 2018].

The reasons for population migration and depopulation of rural settlements in mountain villages are different, and this process occurs primarily under the influence of natural-geographical, social, economic, and political factors [Mahdi et al., 2014; Hidayat et al., 2022]. These days, the

migration of the population proceeds to adapt to environmental, societal, economic, and political pressure [Bachmann et al., 2019]. Generally speaking, a large spectrum of challenges, such as natural disasters, socio-economic challenges, and other issues must be managed by the rural communities since conducting such dangers invigorate the flexibility of the rural communities [Freshwater, 2015].

The factors affecting the depopulation and weak increase rate can be divided into 4 groups: natural-geographical, social, economic, and political (Table 3).

Table 3
Таблица 3The impact of factors affecting population settlement
Воздействие факторов, влияющих на расселение населения

Factors*	Low	Moderate	High	Shares (%)
Natural-geographical		+		20.0
Social			+	35.0
Economical			+	45.0
Political	+			0

*The impact of factors was calculated based on the results of the questionnaire materials.

Natural-geographical factors. From the geographical point of view, the role of natural and geographical factors in the settlement system of the region, which covers the southern slope of the Greater Caucasus Mountains, has been enormous. Areas suitable for population settlement, especially for rural settlements, cover the Ganikh-Ayrichay valley in the economic region covering part of the Zagatala-Lahij region of the Greater Caucasus province and the Ganikh-Ayrichay region of the Kura intermountain depression [Geography of the Republic of Azerbaijan, Physical ..., 2014]. However, all the villages involved in the study are mountainous, in other words, part of the Zagatala-Lahij region. The region with a high slope is characterised by a subtropical climate type in the foothills, a temperate-warm climate type with equal distribution of precipitation in the middle and lower parts of the highlands, and the same amount of precipitation in all seasons, and a mountain-tundra climate type in the highlands. The average January temperature in the region is $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $(-7\text{ }^{\circ}\text{C})$ whereas the average July temperature is $15^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$. The average annual rainfall is 600–900 mm [Geography of the Republic of Azerbaijan, Physical ..., 2014].

Nevertheless, in spite of the favourable climate condition, in recent years, due to global climate change, the amount of precipitation, especially in the mountains, has decreased and resulted in harsh drought in the region [Huseynov, 2022]. Undoubtedly, global warming is more pronounced in mountain villages. Thus, due to reduced rainfall, the cultivation of rainfed crops cannot be developed, and crop yields are decreasing gradually. This situation has created serious problems for residents who receive the bulk of their income from nut products, vegetable-growing, horticulture, potato, tobacco, wheat-growing, and other crops. Many rivers dry up during the warmer months of the year owing to reduced rainfall in the region, where the essential source of rivers is rain and snow.

Decreased rainfall will also cause problems for villagers engaged in animal husbandry to find a “winter place”. According to locals, sometimes, “local conflicts” between villages arise over winter pastures and natural pastures. In this regard, in recent years, the process of “environmental migration” in the mountain villages of the region has accelerated, and as a result, the number of “climate migrants” among those leaving has increased.

Environmental issues, climate change, and related-natural phenomena mostly affect small-scale farmers. Owing to the weak support for climate change adaptation risk insurance and the abundance of such small-scale farmers in mountainous areas, dwellers often encounter such problems and are obliged to migrate ¹ [Milan et al, 2016].

¹ Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC). 2016. Climate change and environment: Migration. Nexus Brief No. 1. Electronic resource. [https://www.shareweb.ch/site/ClimateChangeandEnvironment/Documents/Nexus%20brief%20Nr.1%20\(July%202016\).pdf](https://www.shareweb.ch/site/ClimateChangeandEnvironment/Documents/Nexus%20brief%20Nr.1%20(July%202016).pdf). (accessed: 18.12.2022)



Economic factors. One of the factors contributing to the depopulation among residents is economic factors. Generally, the economic strength of mountain villages located in the study area is measured by the volume of their agricultural production and the potential of tourism, especially ecotourism and ethnic tourism. The essential occupations of the population in the mountain villages of the region are based on agricultural activities - large and small cattle breeding, horticulture, vegetable growing, and others. In recent years, the demand for livestock products in rural areas has decreased. As a matter of fact, in the past, livestock products in rural areas were consumed by the local population and dispatched to other areas, however, today, people prefer to purchase fabricated products. The fabricated or prefabricated meat and dairy products are produced by medium and large industrial enterprises owned by great entrepreneurs. Similarly, the demand for non-food-based livestock products, such as wool, has declined sharply. At the same time, due to the lack of pastures in the area and the high cost of feed for livestock, problems with the sale of livestock products, especially due to the fact that livestock is not considered a profitable sector, residents are not willing to engage in this field.

In mountain villages, rural households have a problem with cultivating and selling their products to local markets, or these products are purchased at low prices [Wegren, 2016]. The aforementioned situation in turn induces rapid polarisation between plain and mountain villages and polarisation becomes common in rural places [Sikorski et al., 2020]. Thus, the availability of more fertile lands and irrigation systems in the plains and the cultivation of relatively labour-intensive agricultural products lead to the concentration of the population in this area. On the contrary, in mountain villages, depopulation has gained momentum because of this situation.

Social factors. Not paying required attention to the mountain villages, especially remote villages has brought about the emergence of social problems. After the resettlement of the rural population, some enterprises, schools, field hospitals, shops, and other facilities cease their activities due to reduced demand. For this reason, in the coming years, the younger generation and their children are unlikely to return to these villages due to the lack of social infrastructure in the village. Poor living conditions in mountain villages also hinder the teaching process of both teachers and students. That is, they sometimes go to neighbouring villages for training.

Political factors. The influence of political factors on the evacuation of mountain villages was most pronounced in the 1960s, after the collapse of the USSR, and the years that followed. During the Soviet era, the creation of large farms based on collectivisation and industrialisation programs and meeting the demand for labour on farms thanks to the rural population led to the decline of small and medium-sized villages (mostly in mountainous areas) and the formation of villages with large demographic potential [Geography of the Republic of Azerbaijan, Economic..., 2014]. Moreover, the collapse of the Soviet Union played a special role in the evacuation of mountain villages as well. Thus, the closure of several working places in Azerbaijan with the collapse of the USSR led to the evacuation of mountain villages. Because of the suspension of some enterprises in the newly independent country, the economic difficulties caused by the abolition of the collective farm, the emergence of individual entrepreneurship, and the inability of the population to adapt to the current situation, the migration processes among the population gained momentum. The migration that began in those years also stimulated the migration of families and their relatives to those areas in the following years, and this process is still ongoing.

Sustainable rural development model. When comes to the sustainable development concept, can be defined as a set of activities aimed at meeting the basic demands of the population while conserving natural resources for future generations [Adamowicz, 2020]. In other words, the concept of sustainable development of rural places can be considered as simultaneous enterprises to enhance the living condition of the rural population and the general condition for business-related activities while conserving the resources of these places, including cultural heritage, landscape, and natural resources. In this respect, it is important to search for convenient improvement

strategies to provide overall improvement for the living condition of the rural population. Rural development is the concept that ensures the improvement of the living quality of the population and the socioeconomic well-being of the population settling in rural areas, especially isolated and sparsely populated areas [Mosely, 2003]. More precisely, rural development reduces the gaps between rural and urban settlements, including by preventing the acceleration of the polarisation process between rural and urban settlements. Rural development also plays a pivotal role in reducing poverty among the rural population, ensuring sustainable socio-economic development of villages, repopulating endangered villages, and increasing the growth rate of villages with low population growth rates.

It is an undeniable fact that in underdeveloped and developing countries, rural settlements comprise large areas, and almost half and over of the population settles in these settlements. Hence, encountering the challenges associated with climate change, poverty, and socioeconomic threats is inescapable.

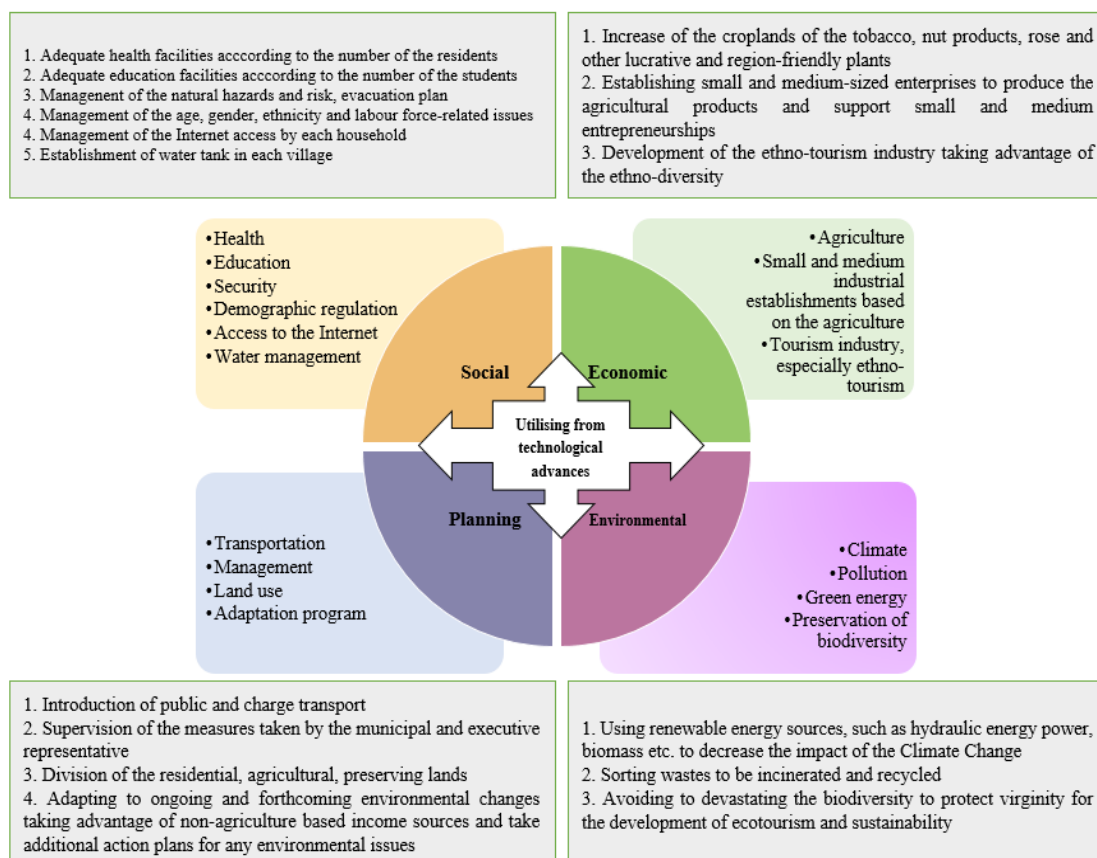
Rural areas play an essential role in the settlement systems of the countries. While preserving its landscape and natural resources, the rural places provide the urban places with basic needs and a labour force [Mihai, Iatu, 2020]. Secondly, villages can be a source of income by developing one of the most profitable non-technology-based economic sectors, such as ethnic tourism and ecotourism. Thirdly, the rural settlements are the places that can feed the ever-growing population.

Predominantly, there are four approaches while developing a rural development model [Hodge, Midmore, 2020]. These include sectoral, multisectoral, territorial, and local approaches. Taking into account these approaches' various and specific characteristics, we used the multisectoral approach when making a sustainable rural development model. In short, in the multisectoral approach, the rural economy and the development of the rural places are based not only on agriculture but also on other areas of the economy (recreation and tourism, service, etc.).

It is known that commendable development strategies have been developed in the world countries in order to provide sustainable development of rural settlements and these foreign experiences can be used for the development of villages in Azerbaijan, especially mountain villages. However, it should not be forgotten that these practices need to be adapted to the local environment, or a development model adapted to the local situation. Because every country or any region of the country has several specific problems in their mountain villages. In this case, a specific development plan for the area would be more appropriate. This plan should be in line with the natural and geographical conditions of the area, as well as the lifestyle of the people living here. Surely, when building a development model, it is expedient to use state-of-the-art technological practices for sustainable development. However, it is impossible to technologicalise villages all of a sudden. Because the technologization of mountain villages and the construction of “smart settlements” or “smart villages” is a capital-intensive and time-consuming process.

A sustainable rural development model serves the following purposes (Fig. 6):

1. Annihilation of the uneven socioeconomic development and poverty in rural places;
2. Annihilation of the rural-rural and urban-rural dividend and polarisation problem with the development of the application of state-of-the-art technology in the research area;
3. Repopulation of the region with the aim of protecting the ethno-diversity of villages where the population was accounted for by the ethnic minorities;
4. Adapting to ongoing and forthcoming environmental conditions and searching for new income sources by developing no farming activities, such as ecotourism and ethnic tourism.



*While preparing the sustainable development model, rural communities' notions were considered.

Fig. 6. The sustainable rural development model for the ethno-diverse mountain villages of Azerbaijan
 Рис. 6. Модель устойчивого сельского развития для этноразнообразных горных сел Азербайджана

One of the essential issues to be considered when establishing a sustainable rural development model is in-situ urbanisation. In-situ urbanisation is in fact a model of rural development and is to bring the living standards of the rural population to the urban level without turning the rural settlement into an urban settlement in terms of size and population [World Social Report, 2021]. This form of urbanisation has been used in recent years to prevent the influx of people from villages to other settlements, especially to large cities with large employment opportunities. This practice is used in several European countries and other countries around the world [Harbiankova, Gertsberg, 2022].

While developing a sustainable rural development model, 4 essential aspects, namely social, economic, environmental, and planning aspects should be considered. Moreover, while developing a sustainable rural development model, it is important to take advantage of technological innovations. These indicators of the sustainable development model are connected to each other.

Conclusion

Sustainable rural development comprises a holistic approach and targets obliterating extreme poverty, depopulation, preserving ethnic minorities, and other critical issues, as well as annihilating the polarisation process among settlements in remote rural areas of the northwestern regions of Azerbaijan. It is important to consider that numerous non-agriculture-based activities coupled with agricultural systems and adapted to the local geographical conditions should be developed and these activities should be more resilient to any environmental challenges within the context of climate change.

Additionally, the model can be applied in small villages as well as large mountain villages. Not only that, in order to prevent additional costs, large villages can play the role of “donor” for the development of small mountain villages located in the neighbouring (low-lying) belt.

References

- Adamowicz M. 2020. Theoretical and Practical Rural Development Concepts. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 12(3): 9–19. DOI: 10.5604/01.3001.0014.3452
- Bachmann F., Maharjan A., Thieme S., Fleiner R., Wymann von Dach S. 2019. *Migration and Sustainable Mountain Development: Turning Challenges into Opportunities*. Bern, Switzerland, 72 p. DOI: 10.7892/boris.130222
- Demographic Indicators of Azerbaijan. 2021. Baku, State Statistical Committee of Azerbaijan, 557 p.
- Distribution of Population and Problems of Demographic Development in the Shaki-Zagatala Economic Region. 2016. Baku, Institute of Geography, 184 p.
- Eminov Z. 2005. *Population of Azerbaijan*. Baku, Chirag publication, 590 p.
- Freshwater D. 2015. Vulnerability and Resilience: Two Dimensions of Rurality. *Sociologia Ruralis*, 55(4): 497–515. DOI: 10.1111/soru.12090
- Geography of the Republic of Azerbaijan. Economic, social and political geography. 2014. Baku, 328 p.
- Geography of the Republic of Azerbaijan. Physical geography. 2014, Baku, 530 p.
- Chugunova N.V., Yakovenko N.V. 2022. Assessment of the Reality of the Tasks to Improve the Demographic Situation in the "Strategy-35" of the Voronezh Region. *Regional Geosystems*, 46(3): 311–321 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-311-321.
- Grau H.R., Aide T.M. 2007. Are Rural–Urban Migration and Sustainable Development Compatible in Mountain Systems? *Mountain Research & Development*, 27(2): 119–123.
- Hajiali Sh. 2007. *Northwestern Azerbaijan: Inghilois*. Baku, 280 p.
- Harbiankova A., Gertsberg, L. 2022. Information Model for Sustainable Rural Development. *Energies*, 15: 4009. DOI: 10.3390/en15114009
- Hidayat A.R.T., Kenichiro O., Corinthias P.M.S., Satoshi H. 2022. Distance-Dependent Migration Intention of Villagers: Comparative Study of Peri-Urban and Remote Villages in Indonesia. *Administrative Sciences*, 12: 48. DOI: 10.3390/admsci12020048.
- Hodge I., Midmore P. 2020. Models of Rural Development and Approaches to Analysis Evaluation and Decision-Making. *Économie rurale*: 23–38. DOI: 10.4000/economierurale.406
- Huseynova B.A. 2021a. National-Ethnic Characteristics of Demographic Development in the Northern Regions of Azerbaijan (on the Example of Shaki-Zagatala Economic-Geographical Region). *Geography and tourism*, 64: 70–77. DOI: 10.17721/2308-135X.2021.64.70-77
- Huseynova B.A. 2021b. Transformation of Rural Ethno-Settlements in Shaki-Zagatala Economic-Geographical Region. *Geography and Natural Resources*, 2: 86–93.
- Huseynova B.A. 2021c. The Tendency and Improvement of Settlements of Ethnic Minorities on Altitude Zones in the Rural Areas of Shaki-Zagatala Economic-Geographical Region. *Journal of Young Scientist*, 2: 112–120.
- Huseynova B.A. 2022. Participation of Ethnic Minorities Living in the North-Western Regions of the Republic of Azerbaijan in the Migration Process. *Geographical bulletin*, 3(62): 45–57. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-3-45-57
- Huseynov J.S. 2022. Study of the Impact of Global Climate Change on the Precipitation Regime in the Territory of Azerbaijan. Abstract of the Ph.D. dissertation/ Azerbaijan, 30 p.
- Khan A.A., Somucu M. 2013. Rural-Urban Migration in Mountain Areas and Its Compatibility with Natural, Social and Economic Regimes: a Case of Kırisciık District, Bolu Province, Turkey. *Journal of Environmental Sciences*, 1: 95–104. DOI: 10.1501/Csaum_0000000077
- Laoshvili Z., Iremashvili A., Grigolia L. 2020. Spatial Analysis of Depopulation in Georgian Villages. Paper presented at the InterCarto, InterGIS, 26 (4): 393–399. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-393-399
- Ma L., Chen M., Che X., Fang F. 2019. Farmers’ Rural-to-Urban Migration, Influencing Factors and Development Framework: a Case Study of Sihe Village of Gansu. *China International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16: 877. DOI: 10.3390/ijerph16050877



- Mahdi A., Mahdi M.H., Shafiei M. 2014. Factors Influencing Rural-Urban Migration from Mountainous Areas in Iran: A Case Study in West Esfahan. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 3(3): 723–728.
- Mieczysław A., Ligaj M.Z. 2018. New concepts for rural development in the strategies and policies of the European Union. *Economic and Regional Studies*, 11(3): 7-31. <https://doi:10.2478/ers-2018-0022>
- Mihai F.-C., Iatu C. 2020. Sustainable Rural Development Under Agenda 2030. Sustainability Assessment at the 21st century London: IntechOpen Limited: 9–18. DOI: 10.5772/intechopen.90161.
- Milan A., Schraven B., Warner K., Cascone N. 2016. Migration, risk management and climate change: Evidence and policy responses. Switzerland, Springer International Publishing, 229 p.
- Mosely M.J. 2003. Rural development: principles and practice. London, Rural Development, 240 p.
- Museyibov M.A. 1998. Physical geography of Azerbaijan. Baku, Maarif, 400 p.
- Perlik M., Membretti A. 2018. Migration by necessity and by force to mountain areas: An opportunity for social innovation. *Mountain Research and Development*, 38(3): 250–264. DOI: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-17-00070.1
- Price M.F., Jansky L., Iatsenia A.A. 2004. Key issues for mountain areas. Tokyo, New York, Paris, United Nation University Press, 273 p. DOI: 10.1002/ldr.726
- Schoch N., Seimann B., Thieme S. 2010. Migration and animal husbandry: Competing or complementary livelihood strategies. Evidence from Kyrgyzstan, *Natural Resources Forum*, 34: 211–221. DOI: 10.1111/j.1477-8947.2010.01306.x
- Serageldin I. 1996. Sustainability and the wealth of nations: steps in an ongoing journey. Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series 5. World Bank, Washington, DC, 1262 p.
- Sikorski D., Latocha A., Szmytkie R., Kajdanek K., Miodonska P., Tomczak P. 2020. Functional changes in peripheral mountainous areas in East Central Europe between 2004 and 2016 as an aspect of rural revival? Kłodzko County case study. *Applied geography*, 122: 102223. DOI: 10.1016/j.apgeog.2020.102223
- Storper M. 1995. The resurgence of regional economies, ten years later. The region as a nexus of untraded interdependencies. *European Urban and Regional Studies*, 2(3): 191–221.
- Tacoli C. 2011. Not only climate change: Mobility, vulnerability and socio-economic transformations in environmentally fragile areas of Bolivia, Senegal and Tanzania. London, Human Settlements Working Paper Series, International Institute for Environment and Development, 34 p.
- Wegren S. 2016. The quest for rural sustainability in Russia. *Sustainability*, 8(7): 602. DOI: 10.3390/su8070602
- World Social Report. 2021. Reconsidering Rural Development, Department of the economic and social affairs of the United Nations, 19 p.
- Vaishar A., Vavrouchová H., Lešková A., Peřinková V. 2021. Depopulation and extinction of villages in Moravia and the Czech Part of Silesia since World War II. *Land*, 10, 333. DOI: 10.3390/land10040333

Received November 01, 2022;
Revised November 28, 2022;
Accepted January 18, 2022

Поступила в редакцию 01.11.2022;
поступила после рецензирования 28.11.2022;
принята к публикации 18.01.2023

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

Гусейнова Баимханум Алирза, аспирант, научный сотрудник Института географии им. академика Г.А. Алиева, Баку, Азербайджан

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Bayimkhanim A. Huseynova, PhD student and scientific worker, Institute of Geography named after acad.H.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan



УДК 911.3:33

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-49-61

Морфологическая надежность энергетического пространства Дагестана

Атаев З.А.

Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина,
Россия, 390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46
E-mail: ataev-rzn@yandex.ru

Аннотация. Техничко-экономические подходы слабо учитывают роль морфологии в организации сложных систем. Цель работы – графическая оценка надежности энергетического пространства Дагестана. Она проведена на основе положений теории графов и метода топологического расчленения сети. Качественная форма оценки варьирует в диапазоне: от «очень высокая уязвимость энергосистемы» до «очень низкая». Разработан модельный вариант оптимизации энергетического пространства республики (разномасштабные системы). Вертикаль пространства формируется за счет ликвидации топологических дефектов питающей сети (централизация). По горизонтали востребовано развитие локальных систем, ориентированных на возобновляемые источники энергии (децентрализация). Такая стратегия особенно актуальна в высокогорном и степном Дагестане (очаговое расселение). Это один из путей укрепления надежности энергоснабжения республики.

Ключевые слова: энергетическое пространство, надежность электроснабжения, топология энергосистемы, циклические и ациклические сети, централизованное и децентрализованное электроснабжение

Для цитирования: Атаев З.А. 2023. Морфологическая надежность энергетического пространства Дагестана. Региональные геосистемы, 47(1): 49–61. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-49-61

Morphological Reliability of Dagestan's Energy Space

Zairbeg A. Ataev

Ryazan State University named after S.A. Yesenin,
46 Svobody St, Ryazan 390000, Russia
E-mail: ataev-rzn@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to a graphical assessment of the reliability of the energy space of the Republic of Dagestan. The study is based on factual material. The elements of system analysis, the method of topomorphological dismemberment of transport networks are used. A qualitative assessment of the reliability of the energy space of the Republic of Dagestan revealed a gradation of the assessment in a wide range: from "very high vulnerability of the energy system" to "very low vulnerability". A model variant of optimization of the regional energy space based on two key mechanisms is proposed. Elimination of topological defects of the power supply network and comprehensive development of local (decentralized) power systems. The approach makes it possible to involve rich resources of renewable energy sources in the overall energy balance. Thus, the idea of spatial organization of multi-scale power systems is revived. In the old-developed zones, the emphasis is on the development of centralized power supply. In mountainous and steppe Dagestan with focal settlement, the development of local decentralized systems is relevant. As a result, it is possible to strengthen the reliability of energy supply to the Republic of Dagestan.

Keywords: energy space, reliability of power supply, topology of the power system, cyclic and acyclic networks, centralized and decentralized power supply

For citation: Ataev Z.A. 2023. Morphological Reliability of Dagestan's Energy Space. Regional Geosystems, 47(1): 49–61. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-49-61

Введение

Надежность энергосистем – это способность объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях [Надежность систем ..., 2007]. Это важный фактор развития любой страны (региона), определяющий постоянную актуальность проблемы надежности электроснабжения. В Единой энергосистеме СССР проблема решалась за счет опережающего обеспечения топливом, резервирования генерации и сети [Мелентьев, 1982]. Такой механизм не применим в условиях рынка. Но надежность энергоснабжения зависит и от конфигурации систем [Воропай и др., 2013]. Морфологическая оптимизация – простой и не затратный путь укрепления устойчивости.

Это ситуация, когда на новом «витке» истории реанимируются «старые» проблемы. План ГОЭЛРО базировался на концепции развития разномасштабных энергосистем [План электрификации..., 1955]. Тогда был востребован синтез технико-экономических подходов и конструктивной географии. Эта идея легла в основу работы: территория не только субстрат проблемы, но и поиск ее решения по пути пространственного моделирования. Географический характер темы вытекает из сущности энергетического пространства: морфологические, структурные, функциональные особенности и свойства энергосистемы, формирующие (наряду с другими звеньями инфраструктуры, расселения, частично производства) каркас социально-экономических систем [Атаев, 2008]. Особенно специфичны энергосистемы горных регионов, что определило выбор объекта исследования – энергетическое пространство Республики Дагестан.

Исследования электроэнергетики Дагестана представлены широко, доминируют обзоры с акцентом на отдельные аспекты региональной энергосистемы (технология, экономика, ресурсы) [Гитинасулов, 2011; Электроэнергетика Северного Кавказа..., 2013; Эскандеров, Гаджиев, 2014; Эфендиева, 2015; Айдаева и др., 2016; Раджабова, Исмаилова, 2017]. Практически везде большое внимание уделяется развитию возобновляемой энергетики, что нашло отражение в тематических публикациях [Магомедов, 2010; Алибеков и др., 2020]. Из обзора работ вытекает, что энергосистема – это сфера интересов экономистов и энергетиков. Территориальный аспект проблемы надежности энергосистемы не нашел своего отражения. Отсюда цель представленной работы: графическая оценка надежности энергетического пространства Республики Дагестан.

Объекты и методы исследования

В работе ставка делается на фактический материал. В силу высокой динамики статистики, многообразия ее интерпретации, данные приведены по состоянию на 1 января 2022 года [Схема и программа перспективного развития..., 2022]. Широко использован системный подход, метод топоморфологического расчленения и геосетевого анализа. Графическая оценка надежности энергоснабжения базируется на математической теории графов О. Оре [1980]. Научные положения теории адаптированы к управлению энергосистемами [Ильинский, Цаценкин, 1968; Мелентьев, 1982; Совалов, Семенов, 1988].

В энергосистеме по признаку «есть – нет» можно выделить два ареала (ареализация) [Алаев, 1983]: централизованного и децентрализованного электроснабжения. Зона централизации подразумевает обеспечение потребителей электроэнергией от энергосистем [ГОСТ. Р 57114-2016]. Структурно в зоне централизации выделяют два основных элемента сети: цикл и ветвь-дерево (рис. 1).

Свойства сетевых элементов значимы. В цикле разрыв сетевого ребра (сбой) можно компенсировать запиткой по другому ребру (циклические сети, надежность). Разрыв сети «ветвь-дерево» обесточивает потребителей (ациклические сети, уязвимость). Отсюда в зоне централизации можно выделить две подзоны: циклической и ациклической сети.

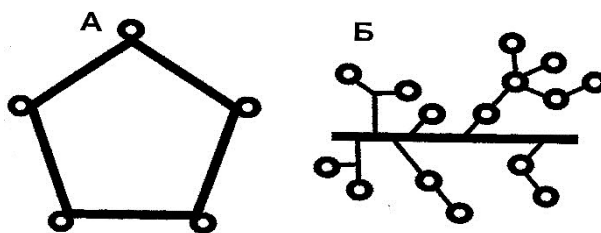


Рис. 1. Структурные элементы энергетического пространства [Атаев, 2008]
А – цикл (замкнутый контур, циклические сети); Б – ветвь-дерево (ациклические сети)
Fig. 1. Structural elements of the energy space [Ataev, 2008]
А – cycle (closed loop, cyclic networks); Б – branch-tree (acyclic networks)

Циклы формируют сложные образования (остов, ярус). Главный остов выявлен круговым обходом вдоль внешней периферии циклов, имеющих хотя бы одну общую вершину или ребро с внешней границей региона [Тархов, 2005]. Надежность оценивается морфологическим типом управления (табл. 1). Градация оценки варьирует от «очень высокая уязвимость энергосистемы» (А) до «очень низкая уязвимость» (Г).

Таблица 1
Table 1

Графы, отражающие типы и свойства управляющей структуры энергосистемы (градация графической оценки надежности энергосистемы) [Ильинский, Цаценкин, 1968]
Graphs reflecting the types and properties of the control structure of the power system (gradation of the graphical assessment of the reliability of the power system) [Ilyinsky, Tsatsenkin, 1968]

	<p>А – строго централизованный тип. Очень низкие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий (сбоя). Очень высокая уязвимость энергосистемы и потребителей в зоне обслуживания в случае аварий (сбоя).</p>
	<p>Б – централизованный тип. Низкие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий (сбоя). Высокая уязвимость энергосистемы и потребителей в случае аварий.</p>
	<p>В – иерархический тип. Низкие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов энергосистемы в эксплуатацию в случае аварий (сбоя). Низкая уязвимость энергосистемы и потребителей в случае аварий.</p>
	<p>Г – смешанный тип. Очень высокие технологические возможности для поэтапного ввода сегментов системы в эксплуатацию в случае аварий (сбоя). Очень низкая уязвимость энергосистемы и потребителей в зоне обслуживания в случае аварий.</p>

Пунсон «вершина» сети представлена энергоузлом в составе электростанция/подстанция. Ребро электросети (транспортный перегон) представлен ЛЭП между энергоузлами.

Результаты и их обсуждение

Республика Дагестан – самый южный субъект Российской Федерации (50,3 тыс. км²), занимает выгодное географическое положение с широким выходом к Каспийскому морю (рис. 2А). Соседи первого порядка – Республика Калмыкия, Чеченская Республика, Ставропольский край. Регион по суше и морю граничит с пятью государствами (Азербайджан, Грузия, Казахстан, Туркменистан, Иран).

По рельефу Дагестан делят на две части: горы (56 % площади) и равнины (44 %). Официально закреплено четырехзвенное зонирование: равнинный, предгорный, горный и высокогорный Дагестан [Об утверждении зональной ..., 2019]. Последний вариант принят базовым и в настоящей работе (рис. 2Б).

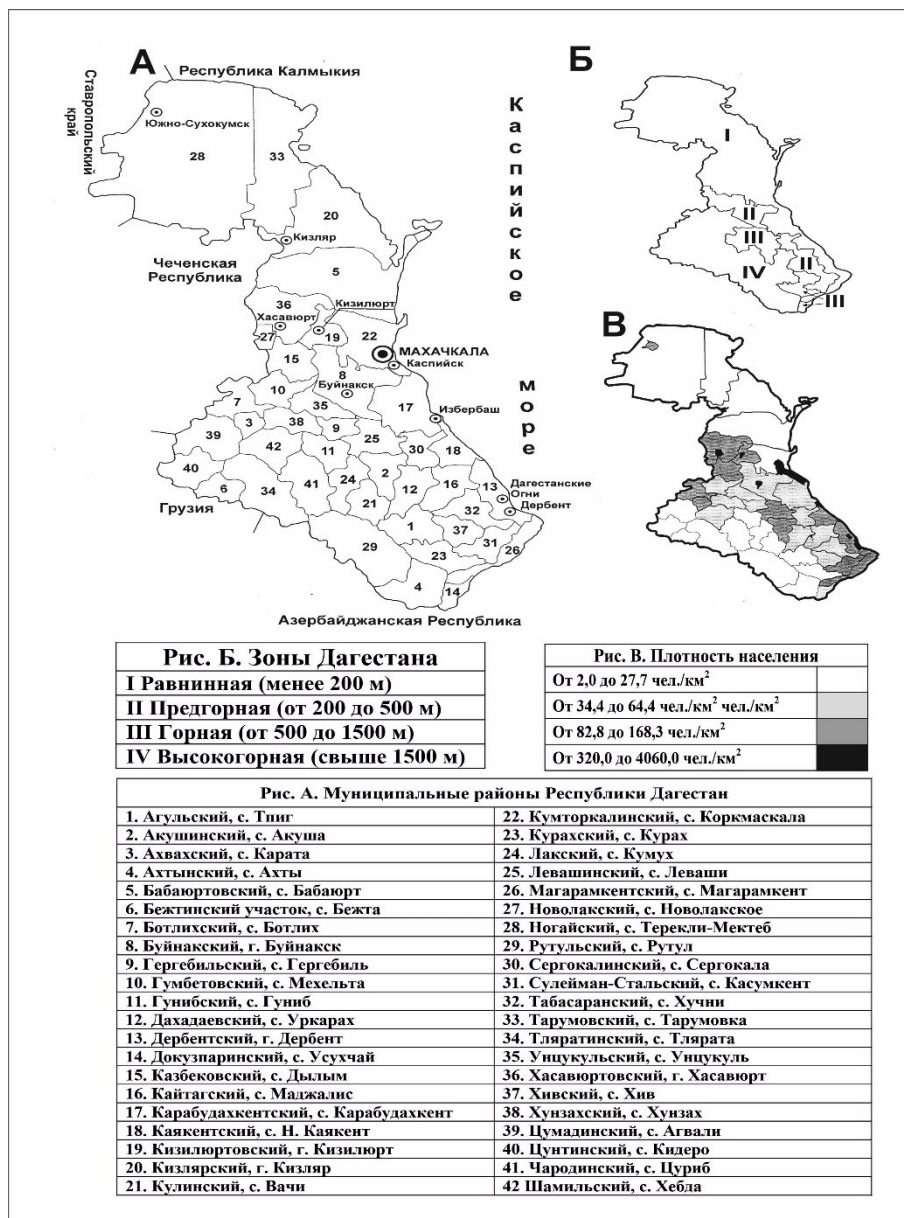


Рис. 2. Административное деление, плотность населения и зоны Дагестана:

А – Административно-территориальное деление (1.01.2022 г.);

Б – Зональная классификация районов и городов;

В – Плотность населения по районам и городам

Fig. 2. Administrative division, population density and zones of Dagestan:

A – Administrative-territorial division (1.01.2022);

B – Zonal classification of districts and cities;

V – Population density by districts and cities

Главными природными факторами размещения и эволюции населения Дагестана являются рельеф и речная система [Эльдаров, 2008]. Относительно плотно заселена приморская и предгорная зоны (рис. 2В). Степной север и высокогорье на юге заселены незначительно (от 2,0 до 28 чел. км²). Регион включает 10 городских округов, 41 муниципальный район (плюс 1 участок). На 1 января 2022 г. численность населения составила 3155,3 тыс. человек (плотность 62,7 чел. км²). Характерен стабильный рост населения (0,76 % в год), более 50 % людей проживает в сельских поселениях [Территориальный орган..., 2022]. Наиболее развитыми направлениями промышленности выступают машиностроение, производство строительных материалов и электроэнергетика.

Общий обзор электроэнергетики Дагестана. На 1 января 2022 г. в регионе насчитывалось 19 электростанций, суммарной мощностью 1905,13 МВт (табл. 2, рис. 3).

Таблица 2
Table 2

Электростанции, баланс и структура потребления электроэнергии Дагестана (2021 г.)
Power plants, balance and structure of electricity consumption in Dagestan (2021)

Электростанция	Установленная мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млн кВт·ч	
ПАО «РусГидро» – Дагестанский филиал			
1. Чиркейская ГЭС (1976)	1000,00	2041,84	
2. Ирганайская ГЭС (2001)	400,00	1277,71	
3. Миатлинская ГЭС (1986)	220,00	632,83	
4. Гоцатлинская ГЭС	100,00	322,23	
5. Чирюртовский каскад (1961)	81,00	304,87	
ГЭС-1	72,00		
ГЭС-2	9,00		
6. Гельбахская ГЭС (2007)	44,00	96,52	
7. Гергебильская ГЭС (1938)	17,80	57,38	
8. Гунибская ГЭС (2004)	15,00	56,69	
9. Малые ГЭС (7 МГЭС):	7,73	1,81	
Итого по ПАО «РусГидро»	16612,00		
ООО Дагестанэнерго			
Махачкалинская ТЭЦ	18,00	53,53	
ООО Энергострой ЛТД»			
Бавтугайская ГЭС (2000)	0,60	н/д	
ООО МЭК-Инжиниринг			
Каспийская СЭС	1,00	1,01	
Итого по энергосистеме	1905,13	4846,40	
Сетевое хозяйство региональной энергосистемы			
Класс напряжения, кВ	Число подстанций (ПС) ед.	Установленная мощность ПС, МВА	Длина ЛЭП, км
330	4	1686,30	1184,92
110	100	2426,80	2578,53
35	121	410,10	2422,96
Итого по энергосистеме	225	4523,20	6186,41
Электрический баланс Республики Дагестан, млн кВт·ч			
Параметры		млн кВт·ч	в %
Внутреннее электропотребление		7708,40	100,00
Суммарная выработка энергосистемы		4846,40	62,87
Дефицит электрической энергии		2862,00	37,12
Структура электропотребления Республики Дагестан (%)			
Городское и сельское население			43,30
Потери в электрических сетях			42,00
Другие виды экономической деятельности			6,90
Промышленное производство			4,20
Торговля оптовая и розничная; ремонт автосредств и мотоциклов			1,50
Сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводств			0,50

Примечание: ГЭС – гидроэлектростанция; ТЭЦ – теплоэлектростанция; СЭС – солнечная электростанция. В таблице использована информация: [Единая национальная..., 2020; Подстанции..., 2022; Схема ЛЭП..., 2022; Схема и программа..., 2022].

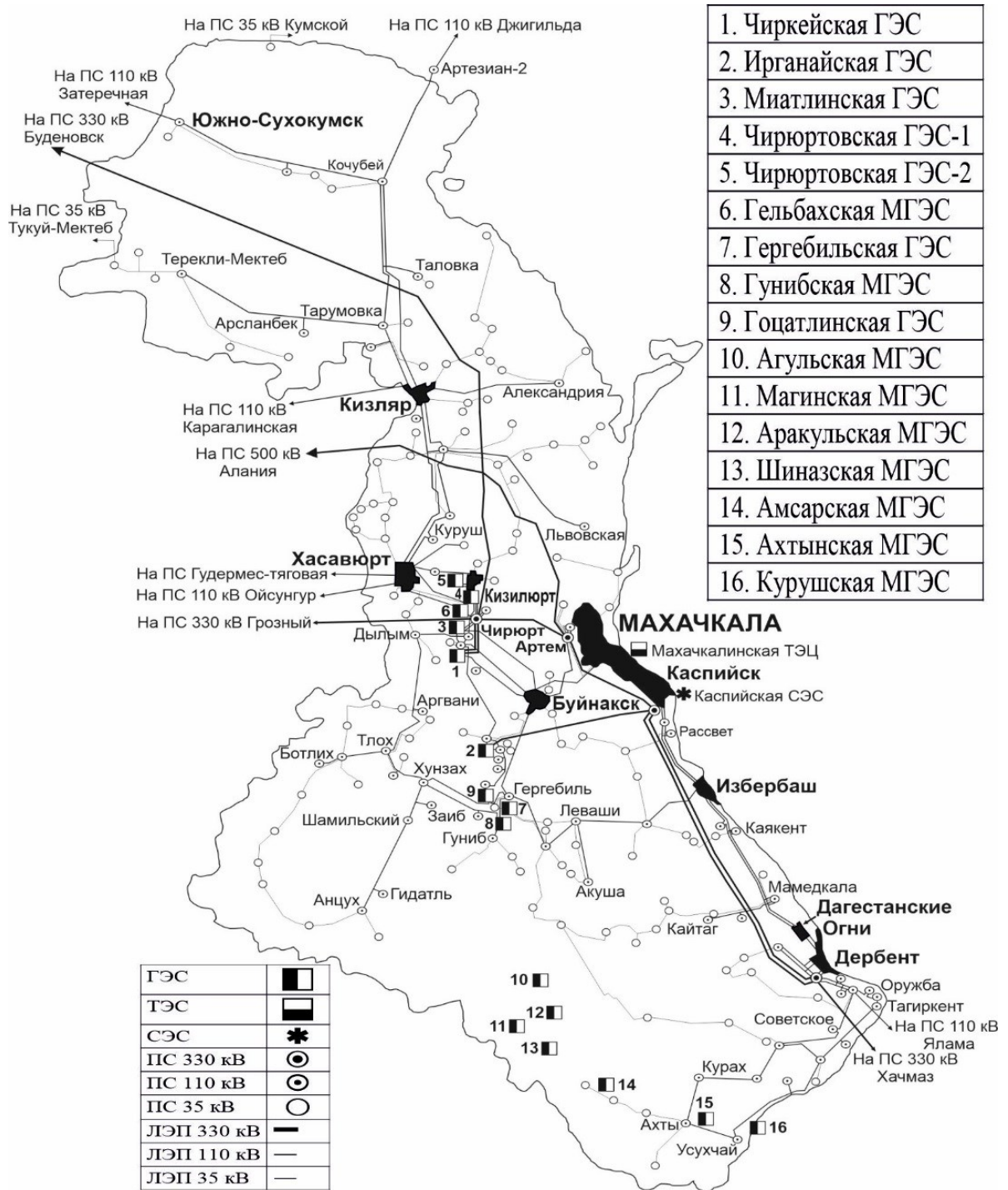


Рис. 3. Энергосистема Республики Дагестан
 Fig. 3. The power system of the Republic of Dagestan

Примечание: на картосхеме не нанесены подстанции в границах городских образований.

На долю 16 ГЭС приходится почти 99 % мощности и объема производства. Это определяет специфику энергосистемы: независимость от поставщиков ископаемого топлива и сильная зависимость от сезонной водности рек. Отсюда избыточность производства летом и сильный дефицит зимой. В регионе также функционирует Махачкалинская ТЭЦ и Каспийская солнечная электростанция, их значимость не выражена (чуть более 1 %).

Сетевое хозяйство разнообразно. Системообразующие сети напряжением 330 кВ обеспечивают связь с ЕЭС России, соседними регионами (Северная Осетия, Чеченская Республика) и Азербайджаном. Связь с Республикой Калмыкия реализована питающей сетью 110 кВ. Сети питающего класса (35–110 кВ) – основа подпитки распределительной сети. Этот класс в силу их многочисленности в работе не рассматривается (0,4–0,6–10 кВ).

За 2021 год выработка электроэнергии в Дагестане составила 4846,41 млн кВт·ч, внутреннее потребление – 7708,4 млн кВт·ч, дефицит – 2862,0 млн кВт·ч (37 % от потребности). С учетом роста населения дефицит будет усиливаться, что покроеется за счет поставок из объединенной энергосистемы Юга (Ростовская область, Ставропольский край). Но после вывода в 2024 году из эксплуатации мощной Новочеркасской ГРЭС, ОЭС Юга также станет дефицитной [Системный оператор ..., 2022].

Для региона демонстративен анализ структуры потребления электроэнергии. Нужды промышленности минимальны (4 %), очень высоки потребности жителей (42,3 %). При этом потребление на душу населения низкое (1550 кВт ч/год). Технические потери в сетях достигают 42 % (физический износ). В сумме на непроизводственную сферу и сетевые потери приходится 93,6 % потребления электроэнергии.

Таким образом, в Дагестане востребовано сооружение новых электростанций и масштабная модернизация электросети (износ до 80 % потенциала). Такие меры зависимы от масштабных капиталовложений и недостижимы до 2035 года [Генеральная схема..., 2023]. Энергосистема Дагестана внесена в перечень критических в составе Единой энергосистемы России (высоки риски системных сбоев) [Об утверждении перечня..., 2017]. Отсюда предложение использования потенциала конструктивной географии.

Топоморфологическое расчленение питающей электросети Дагестана. Геосетевой анализ свидетельствует о наличии крупных ареалов децентрализованного электроснабжения (север и юг). В зоне централизации нет автономных компонентов электрической сети (рис. 4).

Главный остов циклической сети – это территория наибольшего освоения региона (сгущение циклов – вектор «сжатия пространства»). Здесь сконцентрирована основная часть населения, транспортного и экономического потенциала региона.

Всего в границах главного остова выделено 49 циклов (рис. 4 А). Остов структурно включает два топологических яруса (рис. 4Б): первый циклы № 1–27, второй – 22 цикла (№ 28–49). Вторым ярусом включает и городские образования с 27 подстанциями (35–110 кВ): Хасавюрт (цикл 28), Кизилюрт (29), Махачкала – Каспийск (31, 32), Избербаш (34), Дагестанские Огни (40), Дербент (41) и Буйнакс (цикл 46). Сетевой цикл с самым большим номером занимает центр (цикл 49). Это фокус генерации (Чиркейская и Миатлинская ГЭС) и три подстанции 330 кВ (ПС Чиркейская ГЭС, Чирюрт, Артем).

Надежность циклической питающей сети можно оценить морфологическим типом управляющей структуры (см. табл. 1). В остове доминирует смешанный тип управления: очень низкая уязвимость энергосистемы и потребителей в зоне обслуживания в случае аварий и сбоев. Тип доминирует во втором ярусе. В первом фиксируются топологические дефекты: отсутствие в сети важных структурных элементов и компонентов, без которых уровень сложности сети понижен, или такие нарушения элементов (компонентов) сети, которые снижают уровень ее надежности [Тархов, 2005].

В Дагестане фиксируется дефект суперцикла на периферии освоенных территорий (№ 14; 15; 18; 20; 23). В основе суперцикла протяженные сети в одноцепном исполнении (35 кВ). Разрыв любого элемента такой цепи полностью обесточивает потребителей. Так, в цикле 20 функционирует самый протяженный горный сетевой участок (142 км). Для ликвидации топологического дефекта целесообразно дробить суперцикл (нарастить питающую электросеть, использовать внутренние дендриты).

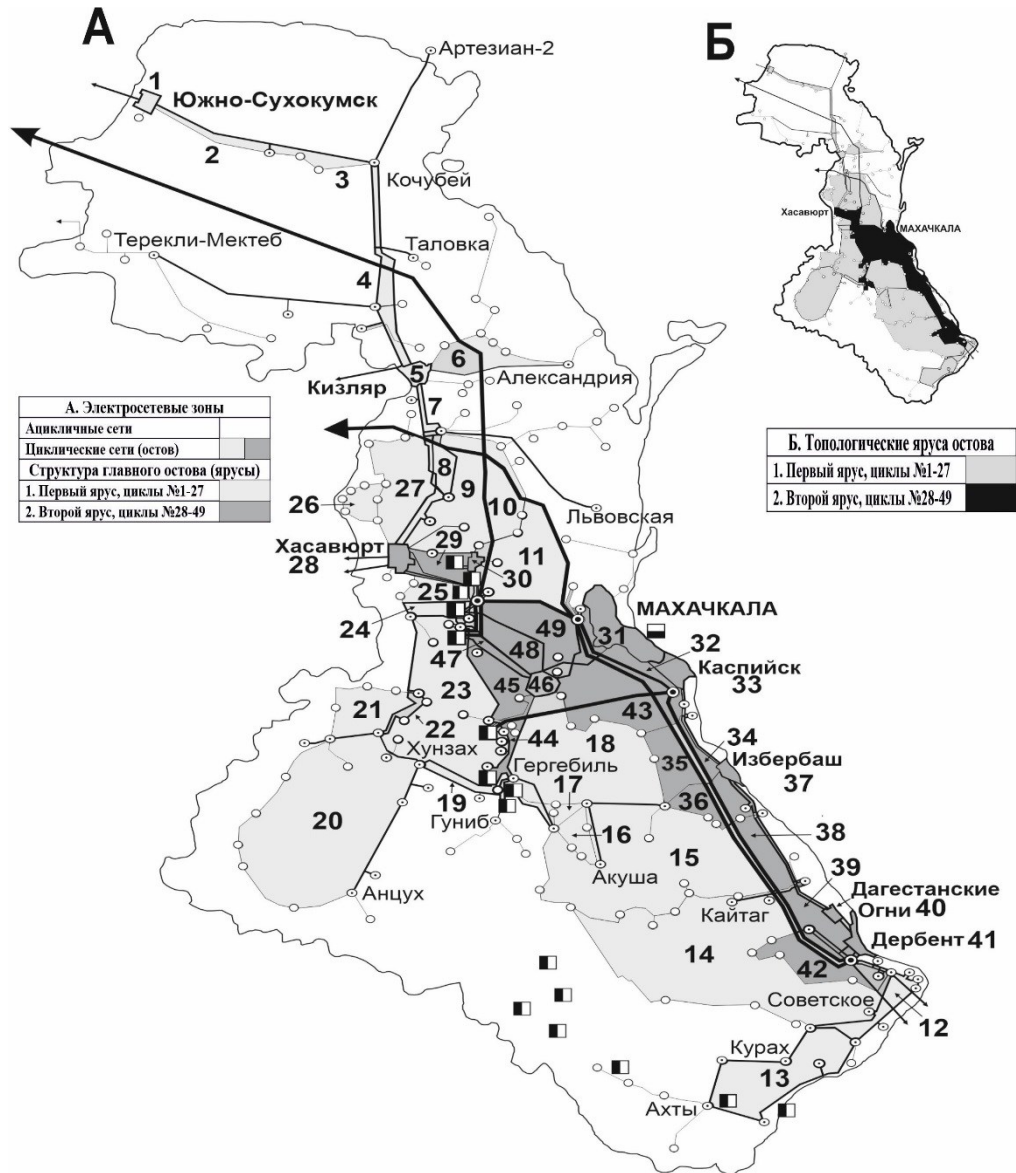


Рис. 4. Топологическое расчленение энергосистемы Республики Дагестан
 Fig. 4. Topological dismemberment of the power system of the Republic of Dagestan

Дефектом является и изрезанность формы острова с далеко выходящими наружу циклами (№ 1–6; 13; 20), что нарушает монолитность яруса. В качестве мер нейтрализации дефекта необходимо округлить форму, заполнив клинья и, соответственно, формируя новые циклы, что также требует наращивания питающей сети.

Топологические дефекты присущи и ациклическим сетям. Дефект предцикла (незамкнутый цикл) характерен для внешних дендритов (север и юг энергосистемы) и для внутренних дендритов (в цикле 15, 20, 29). Способ ликвидации – замыкание в полный цикл.

Таким образом, для ликвидации дефектов необходимо наращивание сети. Но объемы не столь масштабны и затратны сравнительно с ростом надежности энергоснабжения. Логичен и учет взаимосвязанной ликвидации дефектов в циклах и дендритах. В ходе трассирования сетевого маршрута необходимо онлайн-сопровождение по спутниковой карте, что позволяет учесть лимитирующие факторы местности. На юге Дагестана это орографические барьеры (высокогорье) и очаговость расселения, а на севере – экономическая целесообразность в условиях крайне низкой плотности населения.

Модельный вариант пространственной оптимизации энергосистемы представляет собой результат ликвидации топологических дефектов сети и разномасштабной организации энергетического пространства (рис. 5А). В ходе ликвидации топологических дефектов возрастает число циклов, меняется их нумерация (всего 77 циклов). В результате расширяется зона циклических сетей, а конфигурация второго яруса прямо соответствует дифференциации региона по плотности населения (см. рис. 1В–5В).

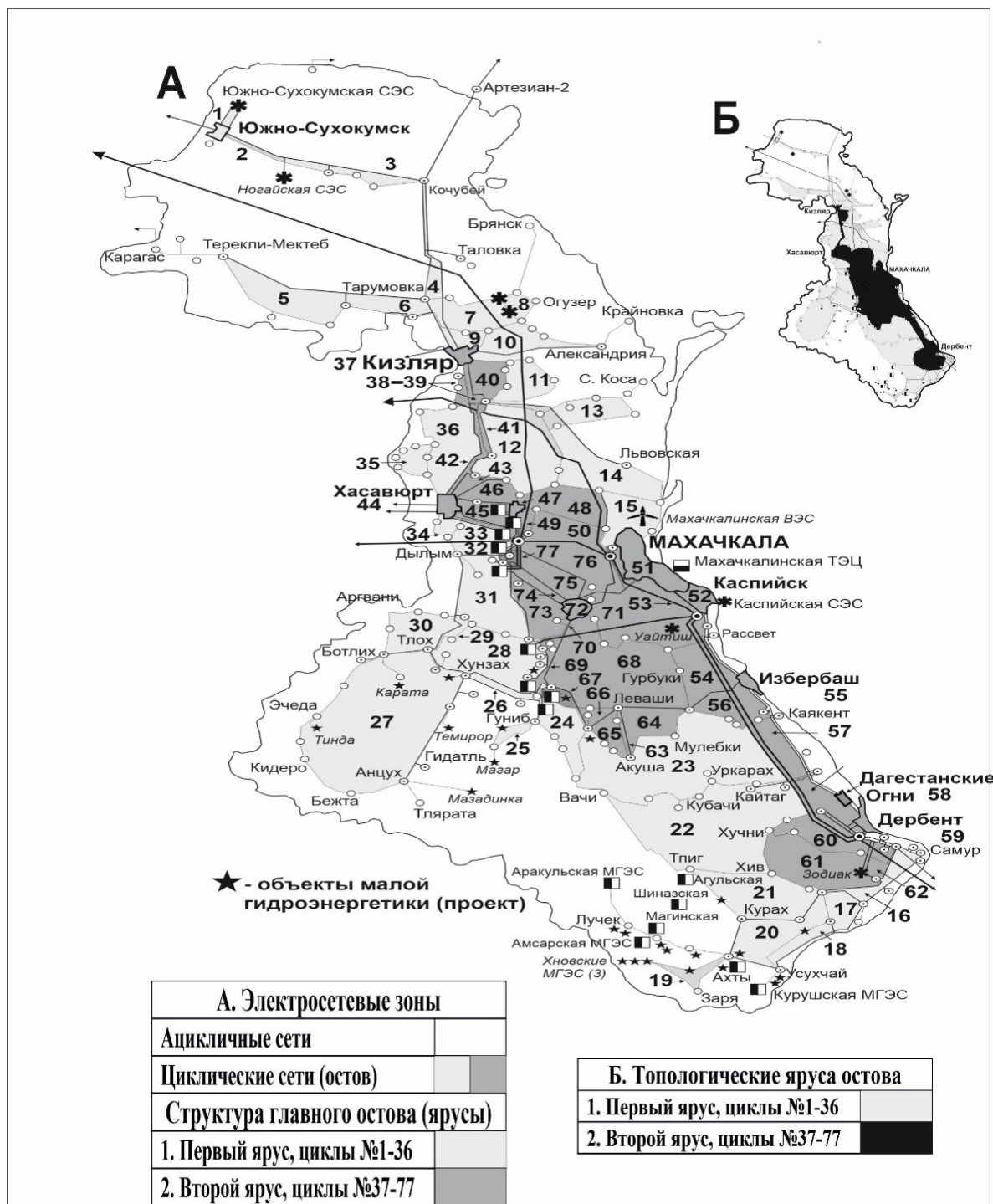


Рис. 5. Модель энергетического пространства Республики Дагестан
Fig. 5. The model of the energy space of the Republic of Dagestan

Примечание: перспективные проекты строительства объектов малой энергетики на основе возобновляемых источников энергии отобраны по тематическому обзору интернет-сайтов.



Проблемными остаются север и юг Дагестана, где по объективным причинам лимитировано развитие централизованной сети. Однако реально взаимное дополнение вертикали централизованной энергосистемы горизонтальной интеграцией локальных энергосистем (рис. 5А). В результате энергосистема дополняется объектами малой генерации со своей распределительной сетью, замыкающими локальную зону электроснабжения (цикл, село, хутор). Расстояние сети от генератора до потребителя минимально. В качестве генерирующей основы таких систем особые надежды в Дагестане возлагаются на развитие возобновляемой энергетики.

В Дагестане экономический потенциал гидравлической энергии для развития малой гидроэнергетики составляет 16 млрд кВт·ч/год (освоено 10–15 %), ветроэнергетический потенциал – 60 млрд кВт·ч/год. Однако реальная доля ветроэнергетических ресурсов имеет ограничения (технологические, экологические, инфраструктурные) и оценена ниже – 1 млрд кВт·ч/год. Фиксируется благоприятное сочетание локализации ресурса вдоль побережья Каспийского моря (плотно заселенная зона) и смещения скоростного режима на зимний сезон (рост бытовой нагрузки). Показатели инсоляции составляют 1670 млрд кВт·ч/м². Разведанные запасы теплоэнергетических вод – 86,2 тыс. м³/сутки (освоено 15–18 %) [Алибеков и др., 2020].

Таким образом, только по двум видам ресурсов ВИЭ (ветро-, гидро-) экономически эффективный потенциал в регионе достигает 17 млрд кВт·ч/год, что в два раза выше потребности региона (см. табл. 2). Следовательно, реализация программы масштабного вовлечения в энергобаланс ресурсов возобновляемых источников позволяет существенно повысить устойчивость и надежность энергоснабжения Дагестана.

В итоге вертикаль энергетического пространства Дагестана формируется за счет расширения циклического остова питающей сети. Горизонтальный уровень пространства формируют системы локального значения, ориентированные на энергоносители разной природы и связанные с главным остовом распределительной сетью. Сейчас такие локальные образования все чаще называют энергосистемой с распределенной генерацией.

Одновременно из анализа новой морфологии питающей сети вытекает вывод о формировании новых топологических дефектов (см. рис. 5А). Топология электросети как живой организм, ему присущи пульсации с разным знаком эволюции: упрощение или усложнение структуры. В нашем случае произошло усложнение энергосистемы и рецидив топологических дефектов. Процесс неизбежен в ходе всей эволюции энергосистемы, где можно выделить два этапа пространственной эволюции.

Первый этап – эволюция «вширь» по горизонтали энергетического пространства (до региональных границ). Рассмотренный модельный вариант относится к этапу незавершенной эволюции питающей сети. Последующая пространственная эволюция ориентирована «вглубь» по вертикали вплоть до локального масштаба (цикл, село, хутор и т. д.). Поэтому здесь очевиден большой потенциал для научного поиска и перспективного моделирования. Как известно, идеальной не бывает ни одна сложная система.

Заключение

Региональная энергосистема характеризуется рядом проблем: износ сети, нарастающий дефицит мощности при одновременном росте населения и, как следствие, обострение проблемы надежности электроснабжения. Пространственная оптимизация – более простой и менее затратный путь нейтрализации проблемы.

Проведено топоморфологическое расчленение питающей электросети. Выделен и структурирован циклический остов, где доминирует смешанный тип управления: очень низкая уязвимость энергосистемы и потребителей. Однако выявлены топологические дефекты, снижающие уровень надежности электроснабжения.

Разработана модель пространственной оптимизации энергосистемы за счет ликвидации топологических дефектов. В результате зона цикличной сети соответствует региональной дифференциации по плотности населения.

Проблемными остаются север и юг Дагестана, где лимитировано развитие централизованной питающей электросети. Целесообразно дополнение вертикали централизованной энергосистемы – горизонтальной интеграцией локальных систем (разномасштабные энергосистемы). В результате энергосистема дополняется объектами малой генерации со своей распределительной сетью, замыкающими локальный масштаб территории (цикл, село, хутор). Основой таких систем являются объекты малой энергетики на основе ресурсов возобновляемых источников энергии.

В заключение показано, что потенциал конструктивной географии позволяет реагировать на изменения энергетического пространства на всех уровнях масштаба (локальный – региональный) и, как следствие, укрепляет надежность электроснабжения.

Список источников

- Алаев Э.Б. 1983. Социально-экономическая география: Понятийно-терминологический словарь. М., Мысль, 290 с.
- Алибеков А., Ильясов Р., Магомедов И., Абдулагаев А., Патахов Ш. 2020. План развития ВИЭ в Республике Дагестан на 2020–2025 годы. Махачкала, Корпорация развития Дагестана, 35 с.
- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года. Электронный ресурс. URL: <https://statik.govtrentment.ru/media/...files/...pdf> (дата обращения: 02.01.2023).
- ГОСТ Р 57114-2016. Национальный стандарт Российской Федерации «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы». Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.rudocument/1200139922...> (дата обращения 13.12.2022).
- Единая национальная электрическая сеть. 2020. Часть I. Распределительные устройства электрических станций и подстанций ЕЭС России. Справочник. Екатеринбург, Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина», Уральский энергетический институт, 94 с.
- Мелентьев Л.А. 1982. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. 2-изд. М., Высшая школа, 319 с.
- Об утверждении зональной классификации муниципальных районов и городских округов Республики Дагестан: Постановление Правительства Республики Дагестан от 19 марта 2019 г. № 48. г. Махачкала. Электронный ресурс. URL: <https://publication.pravo.ru..File...0500201903130002...> (дата обращения: 22.12.2022).
- Об утверждении перечня энергосистем и энергорайонов, характеризующихся режимом с высокими рисками нарушения электроснабжения в 2017–2022 годах, и перечня мероприятий по снижению рисков нарушения электроснабжения в таких энергосистемах и энергорайонах: Приказ Министерства энергетики РФ от 28 ноября 2017 г. № 1125. Электронный ресурс. URL: <https://garant.ru>Прайм>Документы ленты ПРАЙМ> (дата обращения: 21.12.2022).
- План электрификации России (ГОЭЛРО). 1955. 2-е изд. М., Госполитиздат, 634 с.
- Подстанции АО «Дагестанская сетевая компания». Электронный ресурс. URL: <https://www.energybase.ru> АО «Дагестанская сетевая компания». Подстанции (дата обращения 24.12.2022).
- Схема ЛЭП и электроснабжения России (актуальность данных на январь 2022 года). Электронный ресурс. URL: <https://www.freosm.ru> (дата обращения 25.12.2022).
- Схема и программа развития Единой энергосистемы России на 2019–2025 годы: Приказ Минэнерго России от 28 февраля 2019 г. № 174. Электронный ресурс. URL: <http://minenergo.gov.ru>node/14828files.stroyinf.ru>Техническая документация> (дата обращения 09.12.2022).
- Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Республики Дагестан на период 2023–2027 годы. Электронный ресурс. URL: <http://www.minenergord.ru> (дата обращения 17.12.2022).
- Системный оператор ЕЭС России (СО ЕЭС России). Единая энергетическая система России. Электронный ресурс. URL: <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/ups2021/> (дата обращения 30.12.2022).



Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан (Дагстат): Численность населения Республики Дагестан в разрезе городов и районов на 1 января 2022 года. Электронный ресурс. URL: <http://www.dagstat.gks.ru/naselenie> (дата обращения 20.07.2022).

Электроэнергетика Северного Кавказа: проблемы и возможные решения. Аналитический доклад. 2013. М., ОНД национальной энергетической безопасности, 114 с.

Список литературы

- Айдаева С.А., Рамазанова К.А., Рамазанова К.М. 2016. Состояние и перспективы развития топливно-энергетического комплекса Республики Дагестан. В кн.: Проблемы теории и практики управления развитием социально-экономических систем. Сборник трудов научно-практической конференции. Махачкала, 23–27 ноября 2016. Махачкала, Формат: 11–13.
- Атаев З.А. 2008. Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России. Рязань, Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, 284 с.
- Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Кучеров Ю.Н. 2013. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. М., Энергия, 304 с.
- Гитинасулов М.М. 2011. Современное состояние и перспективы развития энергетического сектора в Республике Дагестан. Региональная экономика: теория и практика, 5(188): 52–56.
- Ильинский Н.Ф., Цаценкин В.К. 1968. Приложение теории графов к задачам электромеханики. М., Энергия, 200 с.
- Магомедов Н.А. 2010. Концепция развития возобновляемой энергетики республики Дагестан как составная часть инновационной экономической политики. Региональная экономика: теория и практика, 38(173): 20–25.
- Оре О. 1980. Теория графов. М., Наука, 336 с.
- Раджабова З.К., Исмаилова П.И. 2017. Современные проблемы развития электроэнергетики в условиях региона на примере Республики Дагестан. Фундаментальные исследования, 3: 195–199.
- Совалов С.А., Семенов В.А. 1988. Противоаварийное управление в энергосистемах. М., Энергоатомиздат, 416 с.
- Тархов С.А. 2005. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск, Универсум, 382 с.
- Надежность систем энергетики. 2007. М., Энергия, 192 с.
- Эльдаров Э.М. 2008. Дагестан: факторы развития сельской системы расселения в постсоветский период. Кавказ и глобализация, 1: 105–115.
- Эскандеров А.Г., Гаджиев Г.Г. 2014. Энергетический комплекс Республики Дагестан: состояние, проблемы, потенциал. В кн.: Актуальные вопросы экономики и современного менеджмента. Сборник научных трудов по итогам межвузовской научно-практической конференции. Самара, 7 апреля 2014. Самара, ИЦРОН: 57–59.
- Эфендиева Ш.Т. 2015. Состояние электроэнергетики Республики Дагестан на современном этапе. В кн.: Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук. Сборник трудов научно-практической конференции. Омск, 07 мая 2015. Омск, Инновационный центр образования: 84–86.

References

- Aidaeva S.A., Ramazanova K.A., Ramazanova K.M. 2016. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya toplivno-energeticheskogo kompleksa Respubliki Dagestan [The State and Prospects of Development of the Fuel and Energy Complex of the Republic of Dagestan]. In Problemy teorii i praktiki upravleniya razvitiyem sotsialno-ekonomicheskikh sistem [Problems of Theory and Practice of Management of the Development of Socio-Economic Systems]. Proceedings of the scientific and practical conference. Makhachkala, 23–27 November 2016. Makhachkala, Publ. Format: 11–13.
- Ataev Z.A. 2008. Geograficheskiye osnovy lokalnoy energetiki Tsentralnogo ekonomicheskogo rayona Rossii [Geographical Foundations of Local Energy of the Central Economic Region of Russia]. Ryazan, Publ. Ryazanskiy gosudarstvennyy universitet im. S.A. Esenina, 284 p.
- Voropai N.I., Kovalev G.F., Kucherov Yu.N. 2013. Kontseptsiya obespecheniya nadezhnosti v elektroenergetike [The Concept of Ensuring Reliability in the Electric Power Industry]. Moscow, Publ. Energia, 304 p.

- Gitinasulov M.M. 2011. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya energeticheskogo sektora v Respublike Dagestan [The Current State and Prospects of Development of the Energy Sector in the Republic of Dagestan]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika*, 5(188): 52–56.
- Ilyinsky N.F., Tsatsenkin V.K. 1968. Prilozheniye teorii grafov k zadacham elektromekhaniki [Application of Graph Theory to Problems of Electromechanics]. Moscow, Publ. Energiya, 200 p.
- Magomedov N.A. 2010. Kontseptsiya razvitiya vozobnovlyayemoy energetiki respublik Dagestan kak sostavnaya chast innovatsionnoy ekonomicheskoy politiki [The Concept of Renewable Energy Development of the Republic of Dagestan as an Integral Part of Innovative Economic Policy]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika*, 38(173): 20–25.
- Ore O. 1980. Teoriya grafov [Graph Theory]. Moscow, Publ. Nauka, 336 p.
- Radzhabova Z.K., Ismailova P.I. 2017. Modern Problems of Power in the Region. *Fundamental research*, 3: 195–199 (in Russian).
- Sovalov S.A., Semenov V.A. 1988. Protivoavariynoye upravleniye v energosistemakh [Emergency Management in Power Systems]. Moscow, Publ. Energoatomizdat, 416 p.
- Tarkhov S.A. 2005. Evolyutsionnaya morfologiya transportnykh setey [Evolutionary Morphology of Transport Networks]. Smolensk, Publ. Universum, 382 p.
- Nadezhnost sistem energetiki [Reliability of Energy Systems]. 2007. Moscow, Publ. Energiya, 192 p.
- Eldarov E.M. 2008. Dagestan: faktory razvitiya selskoy sistemy rasseleniya v postsovetkiy period [Dagestan: Factors of Development of the Rural Settlement System in the Post-Soviet Period]. *Kavkaz i globalizatsiya*, 1: 105–115.
- Eskanderov A.G., Gadzhiev G.G. 2014. Energeticheskiy kompleks Respubliki Dagestan: sostoyaniye. problemy. potentsial [Energy Complex of the Republic of Dagestan: State, Problems, Potential]. In: Aktualnyye voprosy ekonomiki i sovremennogo menedzhmenta [Topical Issues of Economics and Modern Management]. Collection of scientific papers on the results of the interuniversity scientific and practical conference. Samara, 7 April 2014. Samara, Publ. ICRON: 57–59.
- Efendieva Sh.T. 2015. Sostoyaniye elektroenergetiki Respubliki Dagestan na sovremennom etape [The State of the Electric Power Industry of the Republic of Dagestan at the Present Stage]. In: Aktualnyye voprosy i perspektivy razvitiya matematicheskikh i estestvennykh nauk [Topical Issues and Prospects for the Development of Mathematical and Natural Sciences]. Proceedings of the scientific and practical conference. Omsk, 07 May 2015. Omsk, Publ. Innovatsionnyy tsentr obrazovaniya: 84–86.

*Поступила в редакцию 06.02.2023;
поступила после рецензирования 25.02.2023;
принята к публикации 02.03.2023*

*Received February 06, 2023;
Revised February 25, 2023;
Accepted March 02, 2023*

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

Атаев Заирбег Авукавович, доктор географических наук, профессор кафедры экономики и финансов, руководитель научно-исследовательского центра «Возобновляемые источники энергии и энергетика», Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Zairbeg A. Ataev, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Economics and Finance, head of the research center "Renewable energy sources and energy", Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, Russia



УДК 631.6
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-62-75

Синергетика систем агролесомелиорации

Ивонин В.М.

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета,
Россия, 346428, г. Новочеркасск, Пушкинская, 111
E-mail: Ivoninforest@yandex.ru

Аннотация. Отдельные защитные лесные насаждения, их простые и сложные системы и надсистема региона представляют ранжирование систем агролесомелиорации, образованных сочетанием биотических, биокосных и технических элементов. Единство простых систем обеспечивается энергией, притекающей извне, и энергетикой корпоративного поведения элементов. В основу единства сложных систем заложен переток энергий соседних автономных систем. Надсистема объединяет сложные системы агролесомелиорации посредством природной древовидной гидрографической сети и межсистемных «узлов» лесных массивов, лугов, пастбищ и других природных комплексов, дивергентные потоки вещества, энергии и информации которых перекрывают подчинённые структуры. Это самопроизвольно формирует относительно устойчивую структуру агролесомелиоративной надсистемы региона, аттрактор которой направлен на коренное улучшение сельскохозяйственных земель. Относительная устойчивость этой структуры определяется соотношением в её составе пашни, сенокосов и пастбищ, лесов и открытой водной поверхности. Пашня дестабилизирует устойчивость надсистемы; сенокосы, пастбища, леса и открытая водная поверхность способствуют стабилизации. Синергетика любой агролесомелиоративной системы определяется энергетической напряжённостью полей мелиоративного воздействия (экотонные зоны, «ветровые тени», зоны мелиоративного влияния, геохимические барьеры и др.). Эти эффекты могут снижаться или исчезать при деградации или распаде систем агролесомелиорации, вызванных ошибками антропогенной деятельности или вариациями взаимосвязей хаоса и порядка при климатических стрессах.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, лесная полоса, агролесомелиорация земель, система, синергетика агролесомелиорации, корпоративное поведение элементов

Для цитирования: Ивонин В.М. 2023. Синергетика систем агролесомелиорации. Региональные геосистемы, 47(1): 62–75. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-62-75

Synergetics of Agroforestry Systems

Vladimir M. Ivonin

Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute –
branch of the Don State Agrarian University,
111 Pushkinskaya St, Novochoerkassk 346428, Russia
E-mail: Ivoninforest@yandex.ru

Abstract. Separate protective forest plots, their simple and complex systems and supersystems represent a hierarchy of agroforestry systems formed by a combination of biotic, bioinertic and technical elements. The unity of simple systems is ensured by the energy flowing in from outside and the energy of the corporate behavior of the elements. The unity of complex systems is based on the energy flows of neighboring autonomous systems. The supersystem combines complex systems of agroforestry through a natural tree-like hydrographic network and intersystem "nodes" of forests, meadows, pastures, and other natural complexes, whose divergent flows of matter, energy, and information overlap subordinate structures. Thus,

a relatively stable structure of the agroforestry reclamation supersystem of the region is spontaneously formed, the attractor of which is aimed at the radical improvement of agricultural lands. The stability of this structure is determined by changes in its composition of the ratio of arable land, hayfields and pastures, forests and open water surface. Arable land destabilizes the stability of the supersystem; hayfields, pastures, forests and open water contribute to stabilization. The synergistic effects of any agroforestry system are determined by the energy intensity of the fields of reclamation impact (ecotone zones, "wind shadows", zones of reclamation influence, geochemical barriers, etc.). These effects may decrease or disappear with the degradation or collapse of agroforestry systems caused by anthropogenic errors or variations in the relationship of chaos and order under climatic stresses.

Key words: protective forest plantations, forest belt, agroforest land reclamation, system, synergy of agroforestry, corporate behavior of elements

For citation: Ivonin V.M. 2023. Synergetics of Agroforestry Systems. Regional Geosystems, 47(1): 62–75. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-62-75

Введение

Согласно Федеральному закону¹ агролесомелиорация земель – это использование полезных функций комплекса мелиоративных защитных лесных насаждений для коренного улучшения земель сельскохозяйственного назначения или земель, предназначенных для осуществления производства сельскохозяйственной продукции.

Системы (комплексы) мелиоративных защитных лесных насаждений составляют полезные, стокорегулирующие, прибалочные и другие лесные полосы, склоновые, донные и пойменные лесные насаждения гидрографической сети, лесные колки, водораздельные и другие леса. Такие неравновесные системы усложняются технологическими дорогами, земляными валами, валами-канавами (по нижней опушке стокорегулирующих лесных полос), распылителями стока, склоновыми напашными или ступенчатыми террасами, земляными плотинами прудов, донными запрудами и др.

Самоорганизацию сложных и неравновесных систем, состоящих из взаимодействующих между собой элементов и/или подсистем, исследует междисциплинарная наука – синергетика [Хакен, 2003].

Самоорганизация системы – это непрерывный процесс, не замкнутый в себе, но включённый в более сложную структуру. При этом организованное целое всегда эффективнее суммы составляющих его компонентов [Богданов, 1989].

При самоорганизации систем используют такие понятия, как нелинейность, когерентность, открытость [Баранцев, 1999]. Под нелинейностью понимают неустойчивость, необратимость развития системы при её выходе в многомерное пространство. Когерентность – согласованность взаимодействия элементов в пределах всей системы, т. е. кооперация составляющих элементов, вызывающая резонанс нового качества. Открытость системы подразумевает её свободный обмен с окружающей средой веществом, энергией и информацией во времени и пространстве.

В синергетике появляется новый взгляд на общенаучные категории порядка и хаоса, когда спокойные периоды функционирования системы сменяются критическими. В точке бифуркации (кризисная зона между порядком и хаосом) возможности развития системы разветвляются. При этом исходная устойчивость нарушается и хаос обеспечивает возможность системе подключиться к новому аттрактору (пути дальнейшего развития), зависящему от локальных факторов среды [Лисичкина, Голоктионова, 2015].

¹ О мелиорации земель: Федеральный закон (с изменениями на 8 декабря 2020 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9015302> (дата обращения: 01.07.2022).



Нелинейность (неустойчивость) является одной из основных характеристик любого растительного сообщества. В ходе развития такая система выбирает оптимальную форму самоорганизации в виде определённого порядка элементов и структуры. Конкретные виды растений могут или не могут совместно обитать с другими видами (растений, животных, грибов и микроорганизмов). Это может обеспечивать относительное равновесие сообщества со средой, но это равновесие постоянно нарушается деятельностью человека, климатическими изменениями, инвазиями разных видов и т. д. Такие состояния равновесности-неравновесности (точки бифуркации) предоставляют системе пути оптимального развития за счёт изменения исходной структуры.

Синергетический подход характеризуется переходом от простого к сложному, от линейного к нелинейному, от закрытого к открытому, от равновесности к неустойчивости – изучению того, что вдали от равновесия. При этом изменения, которые происходят в системе, не исчезают, а накапливаются. Составляющие элементы приходят к кооперативному поведению, приводящему к новому порядку, формирующему новую структуру [Yakimtsov, 2018].

Элементы системы земледелия, взаимодействуя друг с другом, образуют положительные (или отрицательные) синергетические эффекты факторов формирования урожайности. Регулируя эти эффекты можно предупредить антагонизм факторов влияния и оптимизировать технологии земледелия [Тарасов и др., 2018].

В сельскохозяйственном производстве наиболее востребованы технологии, обеспечивающие максимальный синергетический эффект от природно-биологических ресурсов: земли, воды, почвенной биоты, продуктивности растений и животных, и других компонентов агроландшафтов, при сохранении окружающей природной среды [Федоренко, 2019].

Фактором стабильности аграрных природно-антропогенных ландшафтов (полевых, садовых и лугопастбищных) служат лесохозяйственные урочища в виде систем мелиоративных лесных насаждений [Ивонин, 2017].

Такие системы на стыке сельского и лесного хозяйства представляют технологии и подходы к многофункциональному управлению ландшафтами. Синергия между сельским и лесным хозяйствами может перейти от признания компромиссов между ними, через общность реализации, к пространству совместных инноваций [Van Noordwijk et al., 2018].

Применение агролесомелиорации в сельском хозяйстве Эфиопии приводит не только к экономической отдаче, но и синергическому эффекту (совместное производство сельскохозяйственной и побочной продукции лесоводства, приносящей дополнительный доход). При этом повышается устойчивость управления земельными ресурсами [Kassie, 2018].

Агролесомелиорация в Нигерии способствует формированию экологических систем управления природными ресурсами, диверсифицирующих производство продукции с получением социальных, экономических и экологических выгод для землепользователей при интеграции деревьев в сельскохозяйственный ландшафт [Alao, Shuaibu, 2013].

Системы агролесомелиорации обеспечивают убедительную синергию между способностью мелких ферм адаптироваться к климатическим рискам и повышением продуктивности фермерских хозяйств, диверсификацией и увеличением доходов при одновременном улавливании углерода из атмосферного воздуха [Lasco et al., 2014].

Самоорганизация и саморазвитие консолидированных катенно-бассейновых биогео-ландшафтов определяет кластерно-синергетическое влагосберегающее аграрное природопользование степной зоны. Лесофитобиологизированные катенно-бассейновые агроэко-ландшафты являются важнейшим элементом обеспечения биоэкологической защиты, устойчивости и эффективности использования ресурсов (энергетических, материальных и информационных), роста биопродуктивности агроландшафтов и снижения их энтропии [Панов, 2012].

Таким образом, обобщение данных о сложных, нелинейных, когерентных и открытых структурах разных уровней ранжирования может представить систему логико-теоретических взглядов на синергетику региональных структур агролесомелиорации.

Материалы и методы исследования

Исходными материалами послужили данные собственных исследований [Ивонин, 2017; Ивонин, 2020; и др.] и результаты наблюдений различных авторов [Рулев, Пугачёва, 2019; Сучков, 2021; и др.]. При этом методология исследований основывалась на системном и синергетическом подходах, а также визуализации научных данных (рис. 1).

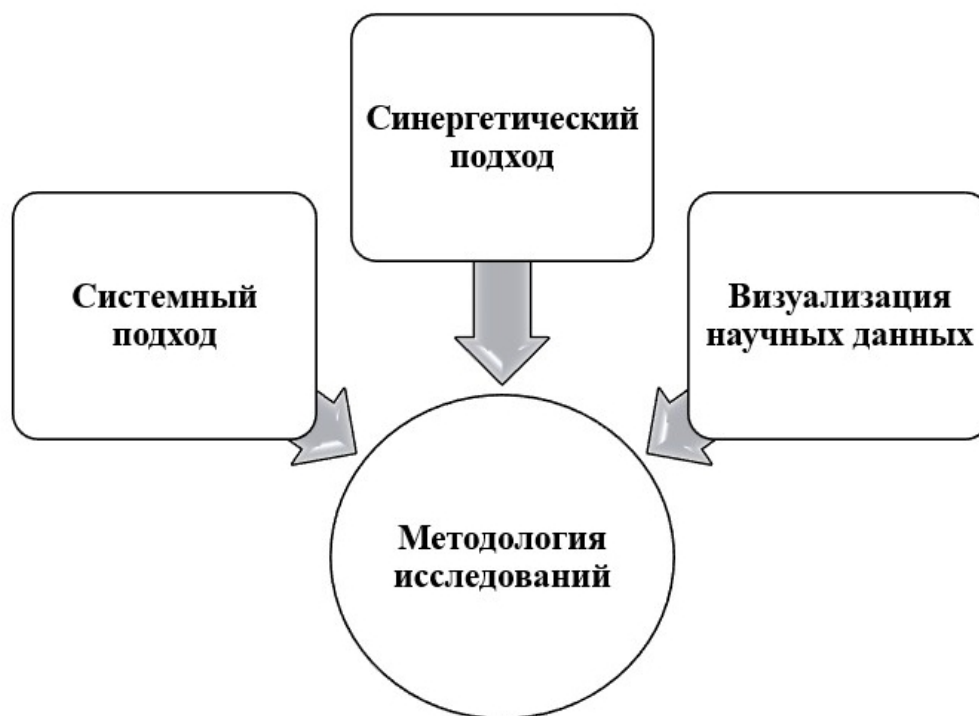


Рис. 1. Методология исследований
Fig. 1. Research methodology

Системный подход исследует различные структуры на основании того, что эмпирические знания имеют смысл и значение только в системе обобщений, способствующей синтезу всех накопленных знаний. При этом понятие «система» неразрывно связано с понятием «структура», образованная составляющими элементами и их связями [Кириллова и др., 2016].

Синергетический подход, дополняя системный, исследует многофакторное воздействие на технологическую систему, вызывающее её самоструктурирование за счёт различных физико-химических эффектов, которые изменяют параметры и характеристики исследуемой системы, её энергетическое состояние [Промотов, 2004].

Синергетический подход применяется в границах самоорганизующихся систем или условий их возникновения в изучаемой отрасли науки, выявлении структурных элементов этих систем, их связей и др. [Мальцева, 2009].

Визуализация научных данных предполагает графическое изображение зависимости определённой функции от нескольких параметров. Методология визуализации многомерных данных при решении задач параметрического анализа технических систем представлена в научном обзоре [Романова, 2016]. Эти подходы были использованы нами для понимания процессов самоорганизации сложных агролесомелиоративных систем.

Результаты и их обсуждение

Ранее нами была исследована иерархичность и сложность мелиоративных систем, которую характеризует их ранжирование: элементы мелиораций – простые мелиоративные системы – сложные системы – большая надсистема мелиораций [Ивонин, 2022].

Это ранжирование по отношению к агролесомелиоративным системам определяется данными, представленными на рис. 2.



Рис. 2. Ранжирование агролесомелиоративных систем региона
Fig. 2. Ranking of agroforestry systems in the region

На первом уровне ранжирования отдельные лесные полосы или куртины деревьев и кустарников создают в соляной или ветровой тени поля фациального мелиоративного воздействия, которые распространяются на ограниченные участки местных агроландшафтов.

На втором (простые системы различных видов лесных полос, колков и других насаждений) уровне ранжирования эффект обеспечивается притоком вещества, энергии и информации извне и дополнительной (внутренней) синергетической энергии, проявленной через корпоративное поведение составляющих элементов. При этом агролесомелиоративное воздействие может распространяться на аграрную местность (группу местных агроландшафтов) или аграрный район.

Третий уровень ранжирования представляют сложные системы мелиоративных лесных насаждений в пределах водосборов балок или рек. Эти сложные системы объединяют известное число подсистем (простых автономных систем полевых защитных и/или стокорегулирующих лесных полос, склоновых и донных насаждений и др.), каждая из которых относительно самостоятельна и способна адаптироваться к факторам окружающей (природной) среды и соседствующим автономиям, обеспечивая между ними функциональную преемственность. Это усиливает синергетические эффекты сложной системы, обогащает землепользование, увеличивает масштабы агролесомелиорации земель.

Сложные системы могут дополнительно включать в свой состав природные комплексы (региональные леса, участки лугов и пастбищ, водные объекты), мало затронутые хозяйственной деятельностью. Эти комплексы организуют согласованность функционирования элементов и автономных подсистем.

Контур большой надсистемы охватывает территорию региона, организуя ландшафтное пространство даже за пределами зон воздействия сложных агролесомелиоративных систем: лесные массивы и полосы лесов, лесостепные или степные леса, луга и пастбища и др. Скрепляет эти территории природная древовидная гидрографическая сеть бассейна главной реки. Она объединяет мелиоративные защитные лесные насаждения первичных, малых, средних и крупных бассейнов с помощью ландшафтно-геохимических катен (микроарен) или систем (мезо-, мега- и макроарен). Такое объединение формирует сложную структуру региональной надсистемы агролесомелиорации.

Эта структура обеспечивает хранение генофонда, поставки и регуляцию содержания в атмосфере кислорода и углерода, миграцию и расселение биоты, формирование дивергентных потоков вещества, энергии и информации, одновременно решая возникающие экологические проблемы при сельскохозяйственном производстве [Ивонин, Воскобойникова, 2021].

На всех уровнях ранжирования относительно устойчивые неравновесные агролесомелиоративные системы формируются набором элементов различных групп (рис. 3).



Рис. 3. Группировка элементов агролесомелиоративных систем
Fig. 3. Grouping of elements of agroforestry systems

К группе технических элементов агролесомелиоративных систем можно отнести земляные плотины прудов, донные запруды из сборного железобетона и каменной кладки, быстротокки, ступенчатые перепады и другие сопрягающие сооружения в вершинах оврагов, буны, подпорные стенки и др. Простейшими земляными сооружениями являются валы и валы-каналы для усиления стокорегулирующей роли лесных полос, террасы, распылители стока и др.

К этой группе отнесём технологические дороги, а также антропогенные образования (свалки и др.) с зонами детерминации природных процессов среди аграрных урочищ и местностей.

В группу биотических элементов относим дубняки и липняки среди степных лугов, колки, ленточные боры, лесные насаждения вдоль рек, каналов и водохранилищ, мелиоративные лесные полосы и гослесополосы, водораздельные, водоохранные, байрачные и пойменные леса, насаждения-илофильтры, аренные и прирусловые леса и лесные полосы, заросли вокруг стариц и истоковые насаждения.

Выполняя многочисленные природоохранные функции, такие насаждения обеспечивают фиксацию углерода, продуцирование кислорода, метаболическую утилизацию антропогенных загрязнителей и равновесные отношения между растениями и почвой.

Мелиоративные лесные полосы занимают особое положение, способствуя не только повышению уровня первичной продуктивности, но и сокращению деградационных процессов за счёт формирования лесных геохимических барьеров и лесоаграрных мезоэкотонов (с контактными, фильтрационно-барьерными, опушечными функциями).

Растения-мелиоранты предназначены для повышения продуктивности пастбищ, закрепления песков, восстановления эродированных почв с повышением их плодородия, а также для производства кормов и лекарственного сырья на вторично засоленных почвах. Мелиоративный эффект естественных лугов и посевов многолетних трав зависит от их состава и продуктивности подземной и надземной биомассы, мощности и профильного распределения корневых систем (с ризосферной микрофлорой), проективного покрытия, способности обогащения почвы азотом, образования гумуса и др.

Фитомелиорантами служат растения комбинированных паров (донник, рапс, горчица, кормовое просо), а также сидераты, обогащающие почву органическим веществом и улучшающие водно-физические свойства.

Однолетние травы, дающие отаву (суданская трава, вика и др.) после скашивания надземной массы, повышают водопрочность почвенных агрегатов. Фитомелиоративным способами восстановления почв являются не только севообороты с многолетними травами, но и залежная сукцессия.

В сравнении с пашней почвы, под естественными травянистыми формациями, отличаются лучшей водопрочностью структуры, водно-физическими и химическими характеристиками, повышенной противозерозионной устойчивостью.

Подразделениями биоремедиации (очистка или восстановление почв и вод с помощью живых организмов) являются ризофилтрации, фитоаккумуляции, фиторемедиации. Ризофилтрации – это удаление с помощью корневых систем растений тяжёлых металлов и радионуклидов из стоков, поверхностных или грунтовых вод. Фитоаккумуляции – это способность растений-гипераккумуляторов тяжёлых металлов и радионуклидов извлекать их из почвы и накапливать в своей наземной фитомассе, что создаёт условия удаления загрязнителей из окружающей среды. Фиторемедиации – технологии очистки сточных вод с помощью растений-макрофитов (полупогружённых – рогозы и тростники, плавающих – ряски, погружённых в воду – рдест) или высших растений. Для фиторемедиации используют биопруды (аэробные, контактные и др.), гидрботанические площадки (природные и созданные), биоплато, поля орошения и филтрации как места естественных процессов самоочищения воды населяющими их организмами.

В группу биокосных элементов объединены донные хворостяные, фашинные или габионные запруды, наносы между которыми являются местами обитания естественных биоценозов, сооружения из природного камня, ветвей и почвогрунта, а также защитные покровы на склонах и откосах из деревянных решёток (заполненных почвогрунтом и природным камнем) или геотекстиля из соломы, стеблей кукурузы и других местных материалов. В эту группу включены элементы культуртехнической подготовки земель к сельскохозяйственному использованию: расчистка земель, выравнивание поверхности (в том числе выполаживания оврагов с последующим облесением), внесение в почву компостов, зелёного удобрения, соломы, микробных препаратов и местных органических удобрений, фосфоритование, гипсование и др. Единение элементов различных групп (см. рис. 3) в одной агролесомелиоративной системе обеспечивает её синергетику (рис. 4).



Рис.4. Синергетика агролесомелиоративной системы
Fig. 4. Synergetics of the agroforestry system

Основным биотическим элементом агролесомелиоративной системы является мелиоративное защитное лесное насаждение. В определённых условиях среды при своём развитии структура мелиоративного лесного насаждения, находясь в неустойчивом состоянии, выбирает свою форму самоорганизации в зависимости от условий среды, количества и состава древесных пород, наличия различных ценотических групп деревьев, отличающихся по диаметру и высоте ствола.

Считают, что чем ярче выражены такие временные показатели, тем в более равновесном состоянии находится система древостоя и можно говорить о более высокой её организованности и эффективности за счёт выполнения каждой группой деревьев своей функции [Василенко, 2008].

Способности роста, развития, самоподдержания и самоуправления мелиоративных защитных лесных насаждений лежат в основе их самоорганизации. В процессе адаптации древесных видов к окружающей среде происходит снижение или повышение годовых приростов по высоте и диаметру, уплотнение или изреживание лесных насаждений, отпад отдельных деревьев или определённых пород (видов), избирательность мелиоративного воздействия на почвы и агроценозы.

Важными показателями относительно равновесного состояния защитных лесных насаждений являются возможности самоуправления (влияние друг на друга главных, сопутствующих пород и кустарников, формирование лесной подстилки, воспроизводство древесины, ягод, грибов, плодов и лекарственного сырья и др.). Эти возможности усиливаются управлением насаждениями извне (подбор породного состава, дополнение лесных культур, санитарные и восстановительные рубки и др.).

Открытость агролесомелиоративной системы характеризует её постоянный обмен веществом, энергией и информацией с окружающей (природной) средой с возможностями образования новых структур и сложных систем (надсистем). Неравновесность системы – это её чувствительность даже к незначительным возмущениям окружающей среды, приводящая к появлению или исчезновению полей мелиоративного воздействия лесных насаждений. Нелинейность системы характеризует её неустойчивость, необратимость развития за счёт окружающей (природной) среды.



Под кооперацией понимают энергию совместного действия элементов агролесомелиоративной системы, вызывающую резонанс нового качества. Совместное действие может проявляться как среди одной группы элементов (соседние лесные полосы), так и между элементами разных групп (технических, биологических, биокосных).

Наиболее ярким проявлением кооперации элементов одной группы являются поля мелиоративного воздействия, возникающие при реакции лесных сообществ на постоянно меняющиеся факторы окружающей среды (биомезоклимат, ветровые потоки, снегораспределение, плодородие почв и др.). При определённых факторах природной среды поля мелиоративного воздействия соседних лесных насаждений расширяются, полностью перекрывая межполосные участки. Если такое перекрытие осуществляется в ответственные фазы вегетации агроценоза, то формируется его резонансная продуктивность.

Кооперация элементов разных групп проявляется, например, при сочетании технологических дорог с лесохозяйственными урочищами, которое способствует ослаблению скоростей ветра, снегозащите и укреплению дорожного полотна, предупреждению выноса на него продуктов водной и ветровой эрозии, прикрытию прилегающих агроценозов от пыли и транспортных выбросов. На склоновых землях усиление лесных полос валами, валами-канавами, щелеванием междурядий и другими способами повышает стокорегулирующие способности такого сочетания.

Эффект повышения работоспособности, при снижении затрат на строительство грунтовых плотин (мелиоративного или рекреационного назначения), вызывает биологическое или биокосное крепление (хворостяные настилы в сочетании с насаждениями ивы и тополя) верховых откосов взамен технического крепления (сборные железобетонные покрытия и др.). На низовых откосах грунтовых плотин обычно укладывают дернину с её креплением деревянными спицами.

Синергетический эффект проявляется при кооперации разных групп элементов: облесение оврагов и балок в сочетании с устройством сопрягающих и донных сооружений, а также склоновыми террасами. Насаждения-илофилтры по тальвегам обычно чередуют с залуженными территориями или/и хворостяными, фашинными, каменными запрудами. Когерентностью можно считать самосогласованность процессов в сложных системах агролесомелиорации при нестабильной внешней среде. Согласованность между простыми системами в сложной системе в основном определяют водораздельные, ценные (степные и лесостепные) леса, ленточные боры, ленты государственных лесополос и другие водораздельные насаждения, служащие начальным структурным звеном территориального агролесомелиоративного каркаса. Эти насаждения являются местами уникального биоразнообразия и генофонда биоты, источниками атмосферного кислорода и хранилищами углерода, каналами расселения биоты и др. [Ивонин, Воскобойникова, 2021].

Согласованности большой надсистемы агролесомелиорации способствуют «узлы» лесных массивов, лугов, пастбищ и других природных комплексов, находящиеся между автономными структурами и связывающими их дивергентными потоками вещества, энергии и информации, которые время от времени перекрывают своим воздействием составляющие структуры. Такие временные перекрытия объединяют простое в сложное, вызывают обменные хаотические процессы, играющие конструктивную роль в выборе путей построения эволюционного целого, когда мелиоративная обстановка охватывает всю площадь агроценозов. При этом развивающаяся структура надсистемы может попадать в состояние бифуркации, когда мелиоративная обстановка исчезает при определённых сочетаниях факторов окружающей среды, а самоорганизация древесных насаждений (биотических элементов) ослабевает.

Состояние бифуркации даёт возможность нескольких продолжений развития сложной структуры, одно из которых может осуществлять выход на высший уровень развития агролесомелиоративной надсистемы. Пик такого восхождения характерен не только благопри-

ятной мелиоративной обстановкой для агроценозов, но и zenитом самоорганизации древесных насаждений. Объединяясь в сложную структуру, составляющие системы, подсистемы и элементы не просто суммируются, а определённым образом трансформируют исходную структуру. Это приводит к чередованию периодов эволюции и инволюции, увеличению интенсивности и затухания процессов самоорганизации, дезинтеграции или частичному распаду структур, что подтверждает известный принцип поведения нелинейных систем. При этом если простые системы преимущественно управляются извне, то надсистема в основном самоорганизуется.

Регуляторами самоорганизации надсистемы агролесомелиорации в земледельческих регионах служит соотношение пашни, сенокосов и пастбищ, лесов и открытой водной поверхности (рис. 5). На это в своё время указывал В.В. Докучаев [Докучаев, 1892].

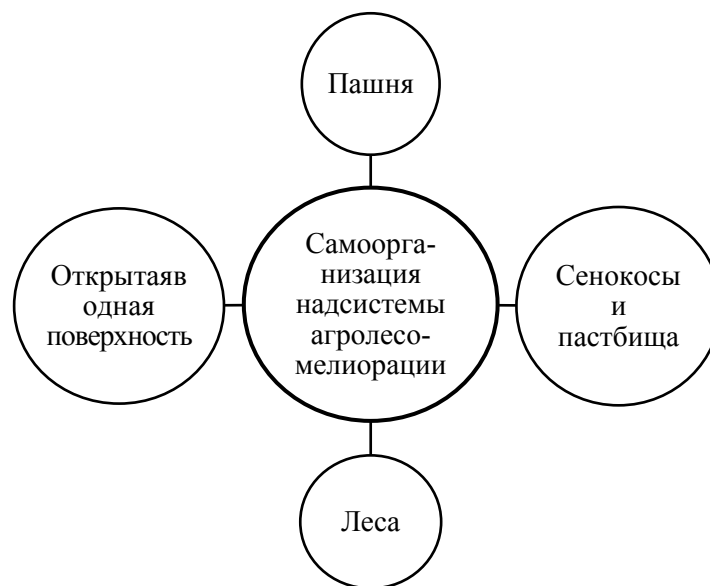


Рис. 5. Регуляторы самоорганизации надсистемы агролесомелиорации
Fig. 5. Regulators of self-organization of the supersystem of agroforestry

Пашня дестабилизирует самоорганизацию мелиоративной надсистемы, а сенокосы, пастбища и леса – стабилизируют. Открытая водная поверхность влияет на самоорганизацию надсистемы за счёт внутреннего влагооборота агроландшафтов, повышения относительной влажности воздуха с изменениями других характеристик микроклимата и динамики запасов грунтовых вод.

Следовательно, возможности самоорганизации большой надсистемы в её тектологические границы реализуются в основном за счёт стабилизирующих природных или природоподобных структур, которые формируют экотоны (с контактными, фильтрационно-барьерными и опушечными функциями), объединяющие биотические, технические или биокосные элементы, простые или сложные системы этих элементов.

Внутреннему единению надсистемы способствуют ландшафтно-геохимические микроарены, мезо-, мега- и макроарены на всех уровнях ранжирования агролесомелиоративных систем (см. рис. 2), что обеспечивает на неопределённое время относительно устойчивое состояние надсистемы в границах водосборов балок или/и речных бассейнов.

Это снижает необходимость антропогенной организации на уровне простых автономных систем и активизирует инициацию природных тенденций самоорганизации большой агролесомелиоративной надсистемы. Относительная устойчивость такой надсистемы в основном поддерживается внутренними взаимосвязями, снижая её зависимость от варьирования факторов окружающей средой.



Продолжительность времени относительно устойчивого состояния надсистемы агролесомелиорации определяется процессами её деградации или распада, вызванными свойствами составляющих элементов и автономных систем, ошибками антропогенного управления или вариациями взаимосвязей хаоса и порядка при климатических стрессах.

В целом большая надсистема (по сравнению с простой или сложной системами) более информативна и менее отзывчива на катастрофические проявления факторов природной среды. Достижение поставленных целей определяется динамикой физико-химических эффектов, которые изменяют энергетическое состояние надсистемы по отдельным периодам функционирования или преобразования её сложной структуры через точки бифуркации. Эффекты, изменяющие энергетическое состояние, возникают при положительном (синергизм) или отрицательном (антагонизм) проявлении влияния друг на друга и окружающую среду составляющих элементов (биотических, биокосных и технических) в рамках целого. При этом происходит биологизация технических или усиление работоспособности биотических и биокосных элементов.

Синергетическое воздействие на агросреду проявляется через поля мелиоративного воздействия (композиции биотических, биокосных и технических элементов) агролесомелиоративной системы, которые воздействуют на плодородие почв и биомезоклимат, снегозадержание, местный сток, эрозионные процессы, продуктивность агроценозов и скота, биологическое разнообразие, пыле- и газопоглощение, санитарное состояние водных объектов и их полноводность, способствуют возникновению экотонных зон, «ветровых теней», зон мелиоративного влияния и геохимических барьеров.

Заключение

Ранжирование агролесомелиоративных систем сельскохозяйственного региона включает: отдельные мелиоративные лесные насаждения, простые и сложные (автономные) системы мелиоративных лесных насаждений, большую надсистему агролесомелиорации. В состав этих систем, кроме биотических, могут включаться биокосные и технические элементы. Совместное применение этих элементов обеспечивает повышение возможностей защитного и ресурсосберегающего земледелия и обогащает землепользование в результате охвата тектологическими границами агролесомелиоративной системы соседних территорий, испытывающих мелиоративное влияние или воздействующих определённым образом на центральную структуру.

В группу биотических элементов включены различные леса, колки и лесные полосы, сообщества растений-мелиорантов, естественные луга и посевы многолетних трав, растения комбинированных паров и сидераты, подразделения биоремедиации.

К группе биокосных элементов относят донные хворостяные, фашинные или габионные запруды, сооружения из природного камня, ветвей и почвогрунта, защитные покровы на склонах и откосах, а также – расчистку земель, выравнивание поверхностей (в том числе выполаживания оврагов), внесение в почву компостов, зелёного удобрения, соломы и местных органических удобрений, фосфоритование, гипсование и др.

В группу технических элементов входят валы и валы-каналы для усиления стокорегулирующей роли лесных полос, террасы, распылители стока и другие простейшие земляные сооружения, а также – плотины балочных прудов, донные запруды из сборного железобетона и каменной кладки, быстротоки, ступенчатые перепады и другие сопрягающие сооружения на оврагах, буны, подпорные стенки и др. В эту группу объединяются также технологические дороги и антропогенные объекты с зонами детерминации природных процессов вблизи или среди аграрных урочищ и местностей.

Единство простых агролесомелиоративных систем обеспечивает приток вещества и энергии извне и дополнительная (внутренняя) синергетическая энергия корпоративного поведения составляющих элементов. Единство сложных агролесомелиоративных систем (объединение известного числа простых автономных систем) поддерживается синергетической соседствующих автономий с обеспечением их функциональной преемственности.

Объединяет простые и сложные системы в большую надсистему агролесомелиорации природная древовидная гидрографическая сеть первичных (элементарных), малых, средних и крупных бассейнов со своими агролесомелиоративными системами разного уровня ранжирования. Синергетике этого целого способствуют «узлы» лесных массивов, лугов, пастбищ и других природных комплексов, связывающих внутренние автономные агролесомелиоративные структуры дивергентными потоками вещества, энергии и информации. Всё это приводит к самопроизвольному возникновению относительно устойчивой, но неравновесной структуры агролесомелиоративной надсистемы, аттрактор которой направлен на коренное улучшение сельскохозяйственных земель региона.

Управление простой агролесомелиоративной системой обеспечивается преимущественно антропогенной организацией. При возрастании порядка ранжирования возрастает роль самоорганизации системы, на которую воздействует соотношение угодий в её составе: пашни, сенокосов и пастбищ, лесов и открытой водной поверхности. Пашня дестабилизирует самоорганизацию сложной системы или надсистемы, а сенокосы, пастбища, леса и открытая водная поверхность стабилизируют.

Синергетические эффекты агролесомелиоративной системы любого уровня ранжирования определяются вещественно-энергетической напряжённостью полей мелиоративного воздействия (экотонные зоны, «ветровые тени», зоны мелиоративного влияния, геохимические барьеры и др.). От динамики этой напряжённости зависят показатели плодородия почв, характеристики биомезоклимата, снегозадержание и снегораспределение, регулирование местного стока, сокращение эрозионных процессов, сохранение биологического разнообразия, пыле- и газопоглощение, повышение продуктивности агроценозов и др.

В конечном итоге это завершается достижением основной цели агролесомелиорации – коренным улучшением земель сельскохозяйственного назначения или земель, предназначенных для производства сельскохозяйственной продукции.

Синергетические эффекты могут снижаться или исчезать при деградации или распаде систем агролесомелиорации (на любом уровне ранжирования), вызванных ошибками антропогенной деятельности или вариациями взаимосвязей хаоса и порядка при климатических стрессах.

Список литературы

- Баранцев Р.Г. 1999. Нелинейность – когерентность – открытость как системная триада синергетики. Мост, 29: 54–55.
- Богданов А.А. 1989. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х кн.: Кн. 1. Редколлегия: Л.И. Абалкин (отв. ред.) и др. М., Экономика, 304 с.
- Василенко Н.А. 2008. Самоорганизация древесных ценозов. Владивосток, Дальнаука, 170 с.
- Докучаев В.В. 1892. Наши степи прежде и теперь. Правительственный вестник, 27: 39–41.
- Ивонин В.М. 2020. Визуальная модель системы лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 3(39): 68–82. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ивонин В.М., Воскобойникова И.В. 2021. Ландшафтная агролесомелиорация. Мелиорация и гидротехника, 11(3): 54–77. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-54-77
- Ивонин В.М. 2022. Мелиоративные системы: основы общей теории. Мелиорация и гидротехника, 12(1): 119–140. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-119-140
- Ивонин В.М. 2017. Обоснование системы лесных мелиораций природно-антропогенных ландшафтов. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 3(27): 18–31.
- Кириллова Т.В., Кириллова О.В., Кокель С.В. 2016. Системная методология: теория и практика. Современные проблемы науки и образования, 3: 265.



- Лисичкина Н.В., Голоктионова Ю.Г. 2015. Синергетика как способ решения проблемы прогнозирования динамики развития сложных социально-экономических систем. *Фундаментальные исследования*, 7(2): 413–417.
- Мальцева Н.Н. 2009. Становление и методологические проблемы синергетического подхода. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право*, 2(57): 173–182.
- Панов В.И. 2012. Кластерно-синергетическое влагоберегающее агроприродопользование с лесофитомелиорацией. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*, 2(26): 67–73.
- Промотов М.А. 2004. Синергетический подход к энергосберегающим процессам. *Успехи современного естествознания*, 4: 163–164.
- Романова И.К. 2016. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложения в технических системах. *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 3: 133–167. DOI: 10.7463/0316.0834876
- Рулев А.С., Пугачёва А.М. 2019. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы. *Вестник Российской академии наук*, 89(10): 1044–1051. DOI: 10.31857/S0869-587389101044-1051
- Сучков Д.К. 2021. Эколого-экономическая эффективность защитного лесоразведения в аридной зоне. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 13(3): 119–138. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-119-138
- Тарасов С.А., Пигорев И.Я., Тарасов А.А. 2018. Синергетические эффекты при взаимодействии факторов в практике земледелия. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 6: 81–87.
- Федоренко В.Ф. 2019. Тенденции биотехнологического развития сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*, 13(4): 8–15. DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-8-15
- Хакен Г. 2003. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 320 с.
- Alao J.S., Shuaibu R.B. 2013. Agroforestry Practices and Concepts in Sustainable Land Use Systems in Nigeria. *Journal of Horticulture and Forestry*, 5(10): 156–159. DOI: 10.5897/JHF11.055
- Kassie G.W. 2018. Agroforestry and Farm Income Diversification: Synergy or Trade-off? The Case of Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 6 (8). DOI: 10.1186/s40068-017-0085-6
- Lasco R.D., Delfino R.J.P., Espaldon M.L.O. 2014. Agroforestry Systems: Helping Smallholders Adapt to Climate Risks While Mitigating Climate Change. *WIREs Climate Change*, 5(6): 825–833. DOI: 10.1002/wcc.301
- Van Noordwijk M., Duguma L.A., Dewi S., Leimona B., Catacutan D.C., Lusiana B., Öborn I., Hairiah K., Minang P.A. 2018. SDG Synergy Between Agriculture and Forestry in the Food, Energy, Water and Income Nexus: Reinventing Agroforestry? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 34: 33–42. DOI: 10.1016/j.cosust.2018.09.003
- Yakimtov V. 2018. Analytic Overlook of the Methodology of Synergetics in Postnonclassical Science. *Baltic Journal of Economic Studies*, 4(2): 254–260. DOI: 10.30525/2256-0742/2018-4-2-254-260

References

- Barancev R.G. 1999. Nelinejnost – kogerentnost – otkrytost kak sistemnaya triada sinergetiki [Nonlinearity – Consensus – Openness as a Systemic Triad of Synergetics]. *Most*, 29: 54–55.
- Bogdanov A.A. 1989. Tektologiya: Vseobschaya organizacionnaya nauka [Tectology: (General Organizational Science)]. In 2 book. In 1. Ed. by L.I. Abalkin. Moscow, Publ. Ekonomika, 304 p.
- Vasilenko N.A. 2008. Samoorganizaciya drevesnih cenozov [Self-Organization of Tree Cenoses]. Vladivostok, Publ. Dalnauka, 171 p.
- Dokuchaev V.V. 1892. Nashi stepi prejde i teper [Our Steppes Before and Now]. *Pravitelstvennyy vestnik*, 27: 39–41.
- Ivonin V.M. 2020. Visual Model of Forest Reclamation System of Natural Anthropogenic Landscapes. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*, 3(39): 68–82 (in Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-68-82
- Ivonin V.M., Voskoboynikova I.V. 2021. Landscape Agroforestry Reclamation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*, 11(3): 54–77 (in Russian). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-54-77
- Ivonin V.M. 2022. Land Reclamation, Recultivation and Land Protection. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*, 12(1): 119–140 (in Russian). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-119-140
- Ivonin V.M. 2017. The Substantiation of Forestry Reclamation System of Natural-Anthropogenic Landscapes. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*, 3(27): 18–31 (in Russian).

- Kirillova T.V., Kirillova O.V., Kokel S.V. 2016. System Methodology: Theory and Practice. Modern Problems of Science and Education, 3: 256 (in Russian).
- Lisichkina N.V., Goloktionova Yu.G. 2015. Synergetics as a Way to Solve the Problem of Forecasting Complex Socio-Economic Systems Development. Fundamental research, 7(2): 413–417 (in Russian).
- Malceva N.N. 2009. The Rise and Methodological Problems of Synergetic Approach. Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Philosophy. Sociology. Law, 2(57): 173–182 (in Russian).
- Panov V.I. 2012. Klasterno-sinergeticheskoe vlagosberegayushchee agroprirodopolzovanie s lesofitomelioraciej [Cluster-Synergetic Moisture-Saving Agro-Environmental Management with Forest Phytomelioration]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie, 2(26): 67–73.
- Promptov M.A. 2004. Sinergeticheskij podhod k energosberegayushchim processam [Synergetic Approach to Energy Saving Processes]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya, 4: 163–164.
- Romanova I.K. 2016. Modern Methods of Multidimensional Data Visualization: Analysis, Classification, Implementation, and Applications in Technical Systems. Science and Education of the Bauman MSTU, 3: 133–167 (in Russian). DOI: 10.7463/0316.0834876
- Rulev A.S., Pugacheva A.M. 2019. Formation of a New Agroforestry Paradigm. Herald of the Russian Academy of Sciences, 89 (5): 495–501 (in Russian). DOI: 10.1134/S1019331619050071
- Suchkov D.K. 2021. Environmental and Economic Efficiency Protective Afforestation in the Arid Zoned. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 13(3): 119–138 (in Russian). DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-119-138
- Tarasov S.A., Pigorev I.J., Tarasov A.A. 2018. Synergetic Effects in the Interaction of Factors in Agricultural Practices. Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskohozyajstvennoj akademii, 6: 81–87 (in Russian).
- Fedorenko V.F. 2019. Trends in Biotechnological Development of Agriculture. Agricultural Machinery and Technologies, 13(4): 8–15 (in Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2019-13-4-8-15
- Haken H. 2003. Erfolgsgeheimnisse der Natur. Synergetik: Die Lehre vom Zusammenwirken. Berlin, Rowohlt, 320 p.
- Alao J.S., Shuaibu R.B. 2013. Agroforestry Practices and Concepts in Sustainable Land Use Systems in Nigeria. Journal of Horticulture and Forestry, 5(10): 156–159. DOI: 10.5897/JHF11.055
- Kassie G.W. 2018. Agroforestry and Farm Income Diversification: Synergy or Trade-off? The Case of Ethiopia. Environmental Systems Research, 6(8). DOI: 10.1186/s40068-017-0085-6
- Lasco R.D., Delfino R.J.P., Espaldon M.L.O. 2014. Agroforestry Systems: Helping Smallholders Adapt to Climate Risks While Mitigating Climate Change. WIREs Climate Change, 5(6): 825–833. DOI: 10.1002/wcc.301
- Van Noordwijk M., Duguma L.A., Dewi S., Leimona B., Catacutan D.C., Lusiana B., Öborn I., Hairiah K., Minang P.A. 2018. SDG Synergy Between Agriculture and Forestry in the Food, Energy, Water and Income Nexus: Reinventing Agroforestry? Current Opinion in Environmental Sustainability, 34: 33–42. DOI: 10.1016/j.cosust.2018.09.003
- Yakimtsov V. 2018. Analytic Overlook of the Methodology of Synergetics in Postnonclassical Science. Baltic Journal of Economic Studies, 4(2): 254–260. DOI: 10.30525/2256-0742/2018-4-2-254-260

*Поступила в редакцию 03.08.2022;
поступила после рецензирования 02.09.2022;
принята к публикации 23.09.2022*

*Received August 03, 2022;
Revised September 02, 2022;
Accepted September 23, 2022*

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

Ивонин Владимир Михайлович, профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций Новочеркасского инженерно-мелиоративного института – филиала Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Vladimir M. Ivonin, professor of the Department of Forestry and Forest Reclamation of the Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute - a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russia



УДК 504.504

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области

¹Корнилов А.Г., ²Киселев В.В., ¹Курепина В.А., ¹Лопина Е.М., ¹Боровлев А.Э.

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

² Белгородский университет кооперации, экономики и права
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru, vladislav_kiselev_93@mail.ru, vika.kurepina.97@mail.ru,
borovlev@bsu.edu.ru

Аннотация. В настоящее время изучение гидроэкологического состояния водных экосистем является одной из первостепенных задач. Увеличение объёмов хозяйственной деятельности близ водных объектов обуславливает ухудшение их гидрохимических характеристик, изменение которых можно рассматривать в качестве основного индикатора негативного влияния на водную среду. Работа посвящена мониторингу гидроэкологической ситуации в районах интенсивного сельского хозяйства Белгородской области. Дается общая оценка поступления в окружающую среду отходов животноводческого производства и внесения органических и минеральных удобрений на исследуемой территории. Определена геохимическая нагрузка для водных объектов Корочанского и Алексеевского районов Белгородской области по показателям содержания соединений азота и фосфора. Выявлено, что в пунктах отбора проб воды складывается умеренно напряжённая экологическая ситуация в связи с периодическим сверхнормативным поступлением биогенных загрязняющих веществ в исследуемые водные объекты. Среднегодовые концентрации соединений азота и фосфора часто превышают ПДК_{р.х.} в 2–3 раза. Основными индикаторами сельскохозяйственного загрязнения на исследуемых водных объектах являются соли аммония, а также фосфаты. В пункте отбора проб воды на реке Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем показателям зафиксировано в 70 % случаев, что говорит о высоком биогенном загрязнении на данном участке.

Ключевые слова: гидроэкологическая ситуация, биогенные элементы, азотные и фосфорные соединения, сельскохозяйственные районы, водные объекты

Для цитирования: 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. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Biogenic Pollution of Water Bodies in Agricultural Areas of the Belgorod Region

¹Andrey G. Kornilov, ²Vladislav V. Kiselev, ¹Viktoriya A. Kourepina,

¹Elena M. Lopina, ¹Andrey E. Borovlev

¹ Belgorod National Research University, Russia,
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

² Belgorod University of Cooperation, Economics and Law
116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru, vladislav_kiselev_93@mail.ru, vika.kurepina.97@mail.ru,
borovlev@bsu.edu.ru

Abstract. Currently, the study of the hydroecological state of aquatic ecosystems is one of the primary tasks. An increase in the volume of economic activity near water bodies causes changes in their

hydrochemical characteristics, the change of which can be considered as the main indicator of a negative impact on the aquatic environment. The work is devoted to the consideration of the hydroecological situation in the areas of intensive agriculture of the Belgorod region. A general assessment of the environmental intake of animal husbandry waste and the application of organic and mineral fertilizers in the study area is given. The geochemical load for the water bodies of the Korochansky and Alekseevsky districts of the Belgorod region was determined by the content of nitrogen and phosphorus compounds. It was revealed that a moderately tense ecological situation develops in the water sampling points due to the periodic excess intake of biogenic pollutants into the studied water bodies. The average annual concentrations of nitrogen and phosphorus compounds often exceed the maximum permissible concentrations by 2–3 times. The main indicators of agricultural pollution in the studied water bodies are ammonium salts, as well as phosphates. At the water sampling point on the Dry Root river, the maximum permissible concentration is exceeded. according to all indicators, it was recorded in 70 % of cases, which indicates high biogenic pollution at this site.

Keywords: hydroecological situation, biogenic elements, nitrogen and phosphorus compounds, agricultural areas, water bodies

For citation: 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. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Введение

В настоящее время на формирование гидроэкологического состояния водных объектов оказывает влияние большое количество естественных и антропогенных факторов [Коронкевич и др., 2017б; Барабанов и др., 2018; Решетников и др., 2018; Lisetskii, 2021]. Наличие последних связано в первую очередь с негативным воздействием на водные экосистемы хозяйственной деятельности, в особенности сельскохозяйственного производства [Ясинский и др., 2007; Коронкевич и др., 2017а; Стоящева, 2018].

Для территории Белгородской области, как региона с ярко выраженной сельскохозяйственной специализацией, характерно высокое загрязнение водных объектов биогенными компонентами (азот и фосфаты) на фоне интенсификации сельского хозяйства, особенно с развитием животноводческой отрасли [Кумани, Бабкина, 2005; Киселев, Корнилов, 2019; Курепина и др., 2019]. Масштабы развития животноводства в пределах Белгородского региона в последние годы приобретают небывалый размах, что не может не сказываться на экологическом состоянии всех компонентов природы. В особенности страдают близлежащие поверхностные водные объекты [Колмыков, 2006; Васюкин, 2013; Lisetskii et al., 2014; Лисецкий и др., 2015; Yermolaev et al., 2015].

В этой связи необходимость ведения систематического экологического мониторинга обусловлена возрастающей потребностью к сохранению водных экосистем и укладывается в рамки реализации современной политики устойчивого развития региона [Алексеевский и др., 2014; Апухтин и др., 2015; Ясинский, Сидорова, 2018].

Таким образом, целью работы является проверка гидрохимических характеристик водных объектов Белгородской области на наличие биогенных компонентов (азот и фосфор) в районах интенсивного сельскохозяйственного производства.

Объекты и методы исследования

Для исследования процессов биогенного загрязнения водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области были выбраны 2 участка разных малых рек и, соответственно, водосборных территорий в центральных и восточных районах региона – верховья бассейна реки Нежеголь (притоки Корень и Короча) и верховья реки Тихая Сосна, на территории Корочанского и Алексеевского районов, показанные на рис. 1.

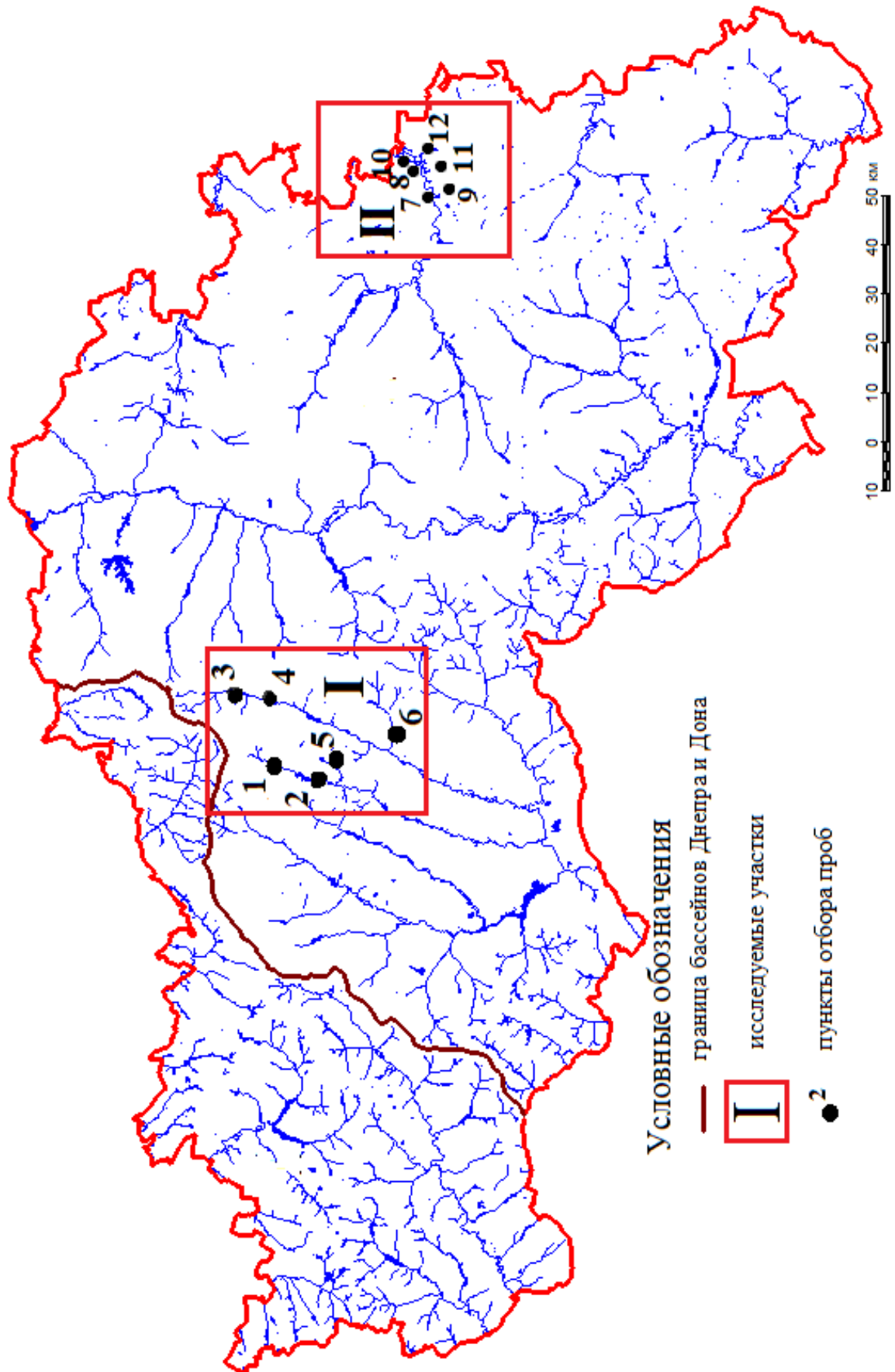


Рис. 1. Расположение объектов исследования на территории Белгородской области
Fig. 1. Location of research objects on the territory of the Belgorod region

Сбор данных с двух ключевых участков со сходной антропофункциональной структурой позволяет повысить достоверность выявленных закономерностей и сделанных выводов; некоторые структурные и климатические различия изучаемых водосборных территорий и водных объектов, предположительно, помогут расширить число выявленных взаимозависимостей показателей и закономерностей формирования гидроэкологических ситуаций. Оба участка характеризуются, с одной стороны, высоким уровнем сельскохозяйственной и животноводческой нагрузки, с другой стороны – некоторыми отличиями в агроклиматических показателях. В частности, согласно Атласу Белгородской области [Лебедева и др., 2021], в районах исследования значения годовых осадков несколько отличаются. Также наблюдаются различия в агроклиматическом районировании исследуемых территорий. При этом, гидротермический коэффициент (ГТК) на участке № 1 равен 1–1,2, а на втором – от 0,8 до 1. Показатель увлажнённости территории на 1 участке – от 0,87 до 0,94, а на 2 участке – от 0,80 до 0,87.

Для участка исследования № 1 характерно преобладание чернозёмов типичных и чернозёмов выщелоченных, а также наличие тёмно-серых лесных почв. Участок № 2 характеризуется преобладанием чернозёмов типичных и тёмно-серых лесных почв.

На первом исследуемом участке эрозия почв выражена слабее. По интенсивности эрозионных процессов он относится к Центральному району среднего смыва и средней заовраженности. Второй участок проходит по границе Северо-восточного района сильного смыва и сильной заовраженности и Юго-восточного района очень сильного смыва и сильной заовраженности. Доля эродированных почв на первом участке составляет 30–50 %. На втором участке эродированные почвы занимают от 50 до 73 %.

По эрозионному расчленению земной поверхности оба исследуемых участка имеют приблизительно равные показатели. Густота эрозионной сети на большей части из них составляет от 0,4 до 0,8 км/км².

В результате ландшафтно-функционального зонирования исследуемой территории было отмечено её обширное сельскохозяйственное использование (табл. 1). Более 60 % территории водосборных бассейнов заняты пашней. 10 % составляют сельские населённые пункты с дополнительной нагрузкой на водные объекты в виде неканализованных диффузных стоков.

Таблица 1
Table 1Ландшафтно-функциональный анализ исследуемой территории
Landscape and functional analysis of the study area

Участок исследования	Функциональные зоны			
	Пашня, %	Лес, %	Лугово-болотная растительность, %	Населённые пункты, %
Участок № 1	63	7	18	12
Участок № 2	62	11	17	10

В виду значительной доли пашни на исследуемых участках наблюдаются большие объёмы внесения органических и минеральных удобрений¹ на сельскохозяйственные угодья (табл. 2), что создаёт потенциально высокий модуль антропогенной нагрузки на близлежащие территории, а также на исследуемые водосборные участки рек Корочанского и Алексеевского районов [Гостищев и др., 2015].

Помимо этого, в бассейнах исследуемых рек наблюдается значительная концентрация площадок животноводческой отрасли с совокупным поголовьем около 900 тыс. голов (табл. 3).

¹ Статистический бюллетень. 2021 г. Сведения о внесении органических и минеральных удобрений под урожай. Белгород, Белгородстат.



Таблица 2
Table 2

Нагрузка органических и минеральных удобрений
на водосборные бассейны исследуемых территорий на начало 2021 года
The load of organic and mineral fertilizers on the catchment basins of the studied territories in 2021 year

Участок исследования	Внесение органики, т/га	Внесение минеральных удобрений		
		Азотные, кг/га	Фосфорные, кг/га	Калийные, кг/га
Участок № 1	51	790	180	200
Участок № 2	11	493	107	122

Таблица 3
Table 3

Животноводческая нагрузка на водную среду исследуемых территорий
Livestock load on the aquatic environment of the studied territories

Участок исследования	Общее поголовье, голов		Количество отходов, т/сут*
	Свиней	КРС	
Участок № 1	438295	1012	2103
Участок № 2	334000	120000	1603
	КРС	1012	17
	Птиц	120000	17

* Рассчитано на основе выхода отходов от одной условной головы: для свиньи – 4,8 кг, для крупного рогатого скота (КРС) – 16,8 кг, для птицы – 120 г.

При общем ландшафтно-функциональном сходстве участков 1 и 2 животноводческая нагрузка на первый участок выше, чем на второй в 1,3 раза, а суммарный расход воды по нижним наблюдаемым створам в 1,8 раза меньше, в то же время селитебная нагрузка значительно выше на втором участке.

Для изучения гидрохимического состояния водных объектов в период с марта 2018 по сентябрь 2020 г. осуществлялся отбор проб для химического анализа воды. Проведение анализа выполнялось в день сбора проб. Значения показателей концентрации нитратов и нитрит-ионов в составе исследуемых водных объектов определялись методом количественного и качественного анализа с помощью прибора ЭКОТЕСТ-2000. В качестве измеряющих электродов использовались: электрод «ЭКОМ-NO3» и Электрод «ЭЛИТ-071».

Анализ показателей концентрации аммонийного азота и фосфатов проводился в сертифицированных аккредитованных лабораториях г. Белгород.

Результаты и их обсуждение

Итогом ежесезонного мониторинга стало создание банка гидрохимических данных в части азотного и фосфатного загрязнения водных объектов на территории Корочанского и Алексеевского районов. Отбор проб осуществлялся на 12 створах в десятикратной повторяемости в течение 3 лет. Результат представлен в табл. 4 в виде среднегодовых значений.

Исходя из анализа таблицы, можно говорить о довольно серьёзном воздействии сельскохозяйственного производства на исследуемые водные объекты на участке исследования № 1 в Корочанском районе, что отражается на их гидрохимическом составе.

При этом стоит отметить, что в пункте отбора проб воды на реке Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем среднегодовым показателям зафиксировано в 70 % случаев, что говорит о высоком биогенном загрязнении на данном участке. Среднегодовые показатели по нитритам и нитратам превышают ПДК в 1,5 раза, соли аммония – в 3 раза, фосфаты – в 5–10 раз.

Таблица 4
Table 4

Среднегодовое содержание биогенных элементов в исследуемых водных объектах
The average annual content of biogenic elements in the studied water bodies

№ на рис. 1	Водный объект, (расход, м ³ /с)	Год исследования	Содержание биогенных элементов, мг/л			
			Нитриты (NO ₂ ⁻)	Нитраты (NO ₃ ⁻)	Аммоний (NH ₄ ⁺)	Фосфаты (PO ₄ ²⁻)
1	р. Корень – с. Коломыцево (0,5 м ³ /с)	2018	0,028	3,6	0,25	0,10
		2019	0,070	5,8	0,84	0,22
		2020	0,080	9,0	0,30	0,21
2	р. Корень – с. Долгий Бордок (0,7 м ³ /с)	2018	0,044	1,3	0,45	0,03
		2019	0,070	4,0	0,77	0,13
		2020	0,041	3,3	0,34	0,10
3	р. Короча – хутор Ивановка (0,9 м ³ /с)	2018	0,027	2,4	0,24	0,14
		2019	0,060	4,5	1,00	0,30
		2020	0,030	3,7	0,30	0,40
4	р. Короча – село Белый Колодец (1 м ³ /с)	2018	0,020	3,5	0,30	0,08
		2019	0,050	12,0	0,81	0,18
		2020	0,040	20,9	0,21	0,16
5	р. Сухой Корень (0,3 м ³ /с)	2019	1,100	31,0	1,70	1,00
		2020	0,080	67,0	0,37	2,10
6	р. Мокрая Ивица (0,8 м ³ /с)	2019	0,080	11,4	1,10	0,18
		2020	0,090	8,0	0,53	0,17
7	р. Тихая Сосна Кр.Хуторок (4,5 м ³ /с)	2018	0,026	7,4	0,89	–
		2019	0,020	11,6	2,81	–
		2020	0,230	3,7	0,05	0,46
8	р. Тихая Сосна с. Колтуновка (6 м ³ /с)	2018	0,026	6,8	0,91	–
		2019	0,102	10,3	0,93	–
		2020	0,030	4,9	0,05	0,54
9	Родник по ул. Чапаева	2018	0,033	2,6	0,32	–
		2019	0,091	42,3	0,12	–
		2020	0,240	23,5	0,19	0,19
10	Родник «Мазневская криница»	2018	0,0205	0,6	0,31	–
		2019	0,024	5,4	0,17	–
		2020	0,060	21,3	0,05	0,10
11	Пруд Лебязка	2018	0,036	1,7	1,64	–
		2019	0,021	1,6	1,78	–
		2020	0,100	0,9	2,83	0,10
12	Пруд Ольминский	2018	0,029	2,4	0,81	–
		2019	0,022	0,9	0,63	–
		2020	0,210	0,6	1,00	0,10

*полу жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК р.х.

Подобные высокие значения по всем биогенным элементам здесь можно объяснить наличием в бассейне Сухого Корня 4 производственных площадок животноводческих комплексов, а также маловодностью реки. Значительное негативное воздействие испытывает река Мокрая Ивица, где в пункте отбора проб воды индикаторами негативного сельскохозяйственного воздействия являются нитриты и соли аммония (превышение ПДК в 1,5–2



раза). На характер биогенного загрязнения водных объектов здесь значительное влияние могут оказывать органические и минеральные удобрения, которые попадают в них вместе с грунтовыми водами или в результате водной эрозии с полей сельхозугодий. Это актуально для района исследования в связи с большой долей пашни (более 60 %). В остальных пунктах отбора проб (реки Короча и Корень) участка исследования № 1 превышение ПДК по всем биогенным элементам носит менее систематический характер. Индикаторами сельскохозяйственной нагрузки выступают здесь соли аммония и фосфаты, среднегодовые показатели которых не превышают 1,5–2 ПДК.

В целом условный участок исследования № 2 отличается менее высокими показателями биогенного загрязнения относительно первого. Его отличительной чертой является более выраженная форма загрязнения нитритной и нитратной формами в пунктах отбора проб № 7 (р. Тихая Сосна Кр. Хуторок) и № 9 (Родник по ул. Чапаева) в черте города Алексеевка, что позволяет считать неканализованную селитящую нагрузку основным источником гидрохимического загрязнения на этом участке исследования. При этом в пунктах отбора проб в сельской местности № 8 (р. Тихая Сосна с. Колтуновка), № 10 (Родник «Мазневская криница»), № 11 (Пруд Лебяжка) и № 12 (Пруд Ольминский) нитратная и нитритная формы биогенного загрязнения носят менее выраженный характер, что можно объяснить оттоком сельского населения и уменьшением неканализованного стока на этом участке [Курепина, 2019]. Также стоит отметить высокие уровни загрязнения аммонийным азотом в пунктах № 8 (р. Тихая Сосна с. Колтуновка), № 11 (Пруд Лебяжка) и № 12 (Пруд Ольминский), расположенных в сельской местности, куда традиционно поступает большое количество органического вещества и сопутствующих ему биогенов с полей сельскохозяйственных угодий. Превышение ПДК по показателям аммония в 2–5 раз наблюдается здесь в 85 % случаев.

Таким образом, не смотря на определённое сходство ряда условий формирования гидроэкологической обстановки на участках № 1 и № 2 (высокая доля пашни, сельскохозяйственная нагрузка, малый уровень облесённости) можно отметить некоторые существенные отличия. В частности, участок № 2 содержит значительную долю городской неканализованной селитящей компоненты, участок № 1 имеет более высокие удельные показатели по совокупной антропогенной нагрузке на водосборных территориях в отношении применения органических и минеральных удобрений (в 1,5–5 раз), по удельной животноводческой нагрузке – на 30 %. Вследствие этого показатели содержания загрязняющих веществ в воде на участке № 1 превышают таковые на участке № 2 по нитратам в 2 раза, фосфатам – в 2–4 раза, нитритами – в 1,5 раза. В то же время содержание аммония (индикатор свежего загрязнения) в 3–5 раз больше для 2-го участка.

При корреляционном анализе совокупной выборки показателей загрязнения водных объектов Корочанского и Алексеевского районов тесной связи между данными либо вовсе не наблюдается, либо, в случае пары нитраты-фосфаты $r = 0,75$, она значительно снижается (табл. 5) относительно показателей только для рек Корочанского района.

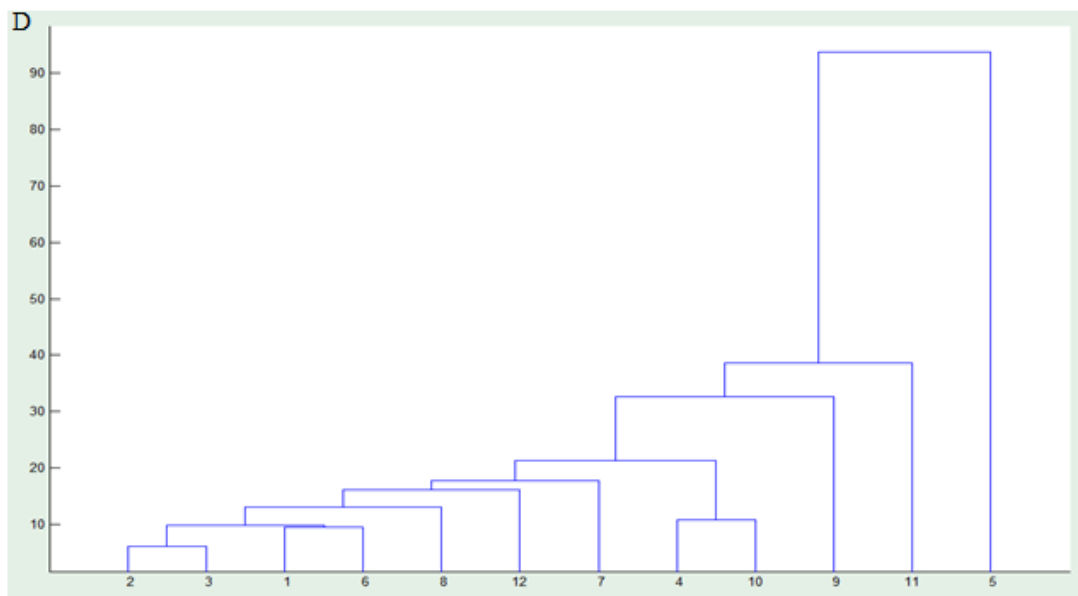
Таблица 5
Table 5

Корреляционная взаимосвязь между биогенными элементами во всех пунктах отбора проб воды
 Correlation relationship between biogenic elements in all water sampling points

	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{2-}
NO_2^-	1,00	0,32	0,22	0,38
NO_3^-	0,32	1,00	-0,09	0,75*
NH_4^+	0,22	-0,09	1,00	-0,05
PO_4^{2-}	0,38	0,75*	-0,05	1,00

*сильная взаимосвязь.

Для определения классификационного сходства объектов по гидрохимическому составу воды была построена дендрограмма (метод Уорда, Евклидово расстояние) на основании показателей гидрохимических элементов (рис. 2).



1 – р. Корень (К1); 2 – р. Корень (КО); 3 – р. Короча (К2); 4 – р. Короча (К3);
5 – р. Сухой Корень (СУ); 6 – р. Мокрая Ивица (МИ); 7 – р. Тихая Сосна (ТС1);
8 – р. Тихая Сосна (ТС2); 9 – Родник Чапаева (Р1); 10 – Родник «Мазневская криница» (Р2);
11 – Пруд Лебяжка (П1); 12 – Пруд Ольмяжский (П2)

Рис. 2. Группировка среднегодовых гидрохимических ситуаций на исследуемых водных объектах, соответствующих № 1–12, в части загрязнения биогенными элементами
Fig. 2. Grouping of average annual hydrochemical situations on the studied water bodies corresponding to № 1–12 in terms of pollution with biogenic elements

Результаты кластерного анализа показали, что все створы по уровню загрязнения, за исключением реки Сухой Корень, группируются в слабо дифференцированный кластер, что в определённой степени обусловлено условиями формирования гидроэкологической и гидрохимической обстановки (водностью, структурой водосборной территории, гидрологическим режимом). При этом река Сухой Корень выделяется в качестве существенно обособленного объекта, что обусловлено её малой водностью и повышенной животноводческой нагрузкой (4 производственных площадки свинокомплексов в бассейне) по сравнению с остальными объектами.

При корреляционном анализе выборки показателей для Корочанского района нитриты имеют тесную связь с аммонием $r = 0,73$, что закономерно, если рассматривать его как предшественника в биохимических трансформациях (табл. 6).

Таблица 6
Table 6

Корреляционная взаимосвязь между биогенными элементами на участке № 1
Correlation relationship between biogenic elements at the first site

	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{2-}
NO_2^-	1,00	0,35	0,73*	0,38
NO_3^-	0,35	1,00	0,21	0,95*
NH_4^+	0,73*	0,21	1,00	0,22
PO_4^{2-}	0,38	0,95*	0,22	1,00

* сильная взаимосвязь.



Нитраты имеют тесную связь с фосфатами $r = 0,94$, что может объясняться доминированием общих процессов формирования и протекания (в части переноса) геохимических потоков в районах сосредоточения животноводческих комплексов, когда азот и фосфор активно вносятся на территорию сельскохозяйственных угодий и затем происходит их постепенное вымывание в грунтовые воды и далее в реки, причём за время такого транзита аммоний навозных стоков успевает трансформироваться в нитратную форму. Попадание «свежих» стоков от проливов навозных стоков непосредственно в реки или разгрузки сточных вод от неканализованного селитебного сектора, расположенного непосредственно в пойме рек, имеет явно менее выраженное значение вследствие отсутствия тесной связи между показателями фосфаты-аммоний $r = 0,22$ и фосфаты-нитриты $r = 0,38$.

В отличие от участка № 1, по р. Тихая Сосна аммонийный азот и нитраты имеют положительную связь $r = 0,87$, что, возможно, обусловлено общностью происхождения как со стороны животноводческого сектора, так и со стороны селитебных территорий, в первую очередь от г. Алексеевка. В отличие от участка № 1, фосфаты и с аммонием $r = -0,66$, и с нитратами $r = -0,74$ имеют умеренную отрицательную связь, что пока трудно интерпретировать. Возможно, для достоверных результатов требуются значительно большие ряды наблюдений.

Заключение

На основании проведённого исследования сделаны следующие выводы:

1. Наблюдается напряжённая экологическая обстановка на исследуемых водных объектах ввиду наличия значительной доли пашни, а также концентрации большого количества площадок животноводческих комплексов, что становится важным фактором формирования гидроэкологической ситуации в районах исследования.

2. Результаты гидрохимического анализа в пунктах отбора проб воды на исследуемых ключевых участках показали существенные превышения показателей по загрязнению биогенными компонентами. Среднегодовые показатели по нитритам и нитратам систематически превышают ПДК_{р.х.} здесь в 1,5 раза, соли аммония – в 2–5 раз, фосфаты – в 3–10 раз. В пункте отбора проб воды № 5 на р. Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем среднегодовым показателям зафиксировано в 70 % случаев. В пунктах отбора проб воды № 8, 11 и 12 на втором ключевом участке исследования превышение ПДК_{р.х.} по аммонийному азоту наблюдается в 85 % случаев.

3. Результаты корреляционного и кластерного анализа показывают в основном умеренную дифференциацию гидрохимической обстановки на ключевых участках исследования в связи со схожими климатическими условиями, гидрологическим режимом рек, структурой водосборной территории. Существенные отличия реки Сухой Корень обусловлены её малой водностью и повышенной животноводческой нагрузкой по сравнению с остальными объектами.

4. На первом участке подтверждена ключевая роль животноводческой отрасли в формировании гидрохимической ситуации. На втором участке гидрохимическая ситуация формируется как под влиянием животноводческого сектора, так и со стороны неканализованных селитебных территорий, в первую очередь от г. Алексеевка, который обеспечен канализационными сетями не более чем на 50 %.

Список литературы

- Алексеевский Н.И., Кузьмина Е.О., Базелюк А.А. 2014. Термический режим рек на юге европейской территории России. Известия Российской академии Наук. Серия Географическая, 5: 55–66.
- Апухтин А.В., Кумани М.В. 2015. Многолетняя динамика основных элементов весеннего стока малых и средних рек Центрального Черноземья. Научные ведомости Белгородского научного университета. Серия Естественные науки, 21(218): 114–120.
- Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И. 2018. Влияние современных изменений климата и сельскохозяйственной деятельности на весенний поверхностный склоновый сток в лесостепных и степных районах русской равнины. Водные ресурсы, 45(4): 332–340. DOI: 10.1134/S0321059618040053

- Васюкин О.С. 2013. Прогрессивное развитие свинокомплексов Белгородской области. М., Россельхозиздат, 41 с.
- Гостищев Д.П., Вершинин В.В., Хватыш Н.В. 2015. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков на полях орошения. Евразийский союз ученых, 7–7(16): 7–12.
- 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. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108
- Колмыков С.Н. 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.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Мельник К.С. 2017а. Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2: 8–23. DOI: 10.15356/0373-2444-2017-2-8-23
- Коронкевич Н.И., Бибилова Т.С., Долгов С.В., Кашутина Е.А., Мельник К.С., Ясинский С.В. 2017б. Гидрологические последствия хозяйственной деятельности на водосборах. В кн.: Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения. Сборник научных трудов, посвящённый году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН. Сочи, 02–07 октября 2017. Сочи, ООО «Лик»: 78–84.
- 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. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437
- Лебедева М.Г., Корнилов А.Г., Петина М.А., Вендина Т.Н. 2021. «Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство» как информационная основа реализации политики устойчивого развития региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(2): 75–88. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88
- 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.
- Решетников В.С., Корнилов А.Г., Лебедева М.Г. 2018. Изменчивость водного режима малых рек (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42(1): 71–79. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79
- 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.
- Lisetskii F. 2021. Rivers in the Focus of Natural-Anthropogenic Situations at Catchments. Geosciences (Switzerland), 11(2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063
- 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. DOI: 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. DOI: 10.13005/bbra/2021



References

- Alekseevsky N.I., Kuzmina Ye.O., Bazelyuk A.A. 2014. Thermal Regime of the Rivers in the South of European Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 5: 55–66 (in Russian).
- Apukhtin A.V., Kumani M.V. 2015. Longstandig Dynamics of Basic Elements of the Spring Drain of the Small and Middle Rivers of the Central Chernozem Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 21(218): 114–120 (in Russian).
- Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I. 2018. Effect of Present-Day Climate Changes and Agricultural Activities on Spring Overland Runoff in Forest-Steppe and Steppe Regions of the Russian Plain. *Water Resources*, 45(4): 447–454 (in Russian). DOI: 10.1134/S009780781804005X
- Vasykin O.S. 2013. *Progressivnoye razvitiye svinokompleksov Belgorodskoy oblasti* [Progressive Development of Pig Farms of the Belgorod Region]. Moscow, Publ. Rosselkhozizdat, 41 p.
- Gostishchev D.P., Vershinin V.V., Khvatish N.V. 2015. Disposal of Sewage and Livestock Wastewater Irrigation Fields. *Eurasian Union of Scientists*, 7–7(16): 7–12 (in Russian).
- 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). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108
- Kalmykov S.N. 2006. *Gidrologicheskiye posledstviya khozyaystvennoy deyatel'nosti na vodosborakh* [A Brief Analysis of the Impact of Livestock Complexes on the River Basins of the Belgorod Region]. In: *Vodnyye resursy: novyye vyzovy i puti resheniya* [Region – 2006: Strategy of Optimal Development]. Materials of the international scientific-practical conference. Kharkiv, 15–16 May 2006. Kharkov, Publ. IRO of Kharkiv National University. V.N. Karazin: 214–216.
- 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 (in Russian). DOI: 10.15356/0373-2444-2017-2-8-23
- Koronkevich N.I., Bibikova T.S., Dolgov S.V., Kashutina E.A., Melnik K.S., Yasinskiy S.V. 2017. *Gidrologicheskiye posledstviya khozyaystvennoy deyatel'nosti na vodosborakh* [Hydrological Consequences of Watershed Management Activities]. In: *Vodnyye resursy: novyye vyzovy i puti resheniya* [Water Resources: New Challenges and Solutions]. Collection of Scientific Papers on the Year of Ecology in Russia and the 50th Anniversary of the Institute of Water Problems. Sochi, 02–07 October 2017. Sochi, Publ. OOO «Lik»: 78–84.
- Kumani M.V., Babkina O.P. 2005. *Izucheniye transformatsii gidrologicheskogo rezhima rek Kurskoy oblasti pod vliyaniyem selskokhozyaystvennogo proizvodstva* [Study of the transformation of the hydrological regime of the rivers of the Kursk region under the influence of agricultural production]. In: *Geoekologicheskiye issledovaniya Kurskoy oblasti* [Geocological 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). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437
- Lebedeva M.G., Kornilov A.G., Petina M.A., Vendina T.N. 2021. "Geographical Atlas of the Belgorod Region: Nature, Society, Economy" as an Information Basis for the Implementation of the Sustainable Development Policy of the Region. *InterCarto. InterGIS*, 27(2): 75–88 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88
- Lisetskii F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A., Pavlyuk Ya.V., Narozhnyaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. *Reki i vodnyye obyekt'y Belogoria* [Rivers and Water Bodies of Belogorye]. Belgorod, Publ. Konstanta, 362 p.
- Reshetnikov V.S., Kornilov A.G., Lebedeva M.G. 2018. Variability of the Water Regime of Small Rivers (on the Example of the Belgorod Region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 42(1): 71–79 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79
- 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).
- Easinsky S.V., Goorov F.N., Shilkrot G.S. 2007. *Metod otsenki vynosa biogennykh elementov v ovrazhno-balochnuyu i rechnuyu set maloy reki* [Method of Drifted-Over Evaluation of Biogenic Elements to Ravine-Balka and River System by Small River]. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 44–53.

- Easinsky S.V., Sidorova M.V. 2018. Dynamics of Water Intensity of the Economy in Russia and Its Regions. Questions of geography, 145: 406–413 (in Russian).
- Lisetskii F. 2021. Rivers in the Focus of Natural-Anthropogenic Situations at Catchments. Geosciences (Switzerland), 11(2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063
- 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. DOI: 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. DOI: 10.13005/bbra/2021

*Поступила в редакцию 20.12.2022;
поступила после рецензирования 18.01.2023;
принята к публикации 06.02.2023*

*Received December 02, 2022;
Revised January 18, 2023;
Accepted February 06, 2023*

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

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

Курепина Виктория Александровна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Лопина Елена Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Боровлев Андрей Эдуардович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Vladislav V. Kiselev, Candidate of Geographical Sciences, Lecturer of the Chair of Natural Sciences of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

Viktoria A. Kurepina, Postgraduate Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Elena M. Lopina, Candidate of Geographical Sciences, docent of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Andrey E. Borovlev, Candidate of Geographical Sciences, docent of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 379.85+711.455
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-88-100

Анализ поведения туристов в условиях развития комплекса «Бирюзовая Катунь»: использование беспилотных аппаратов

Дунец А.Н., Крупочкин Е.П., Табакаева Е.М., Котельникова А.В.

Алтайский государственный университет
Россия, 656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61

E-mail: dunets@mail.ru, evgeny.krupochkin@yandex.ru, tabakaevaem@mail.ru, natena-son@mail.ru

Аннотация. В статье представлен опыт использования съемки местности с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для пространственно-временного анализа туристских потоков на уровне туристского комплекса. Разработанная методика базируется на применении технологии беспилотной съемки и последующего цикла обработки с финализацией в виде локальной геоинформационной системы (ГИС), которая позволяет использовать при анализе дополнительную пространственную информацию. Апробирование методики проведено на ключевой территории в пределах туристско-рекреационной особой экономической зоны «Бирюзовая Катунь», расположенной в низкогорье Алтайского края. Для выбора участков съемки предварительно были выявлены аттракторы территории. Съемка проводилась в июле – августе 2022 года в выходные дни в течение четырех временных интервалов: с 9:00 до 12:00, с 13:00 до 14:00, с 14:00 до 15:00, с 16:00 до 18:00. Анализ тепловых карт позволил установить, что наблюдается положительная динамика числа туристов с 9:00 до 18:00, при этом наиболее резкий скачок отмечается в обеденное время в сравнении с полуднем (увеличение потока в 3,5). При анализе пространственного распределения потоков выявлено три ядра концентрации туристов в районе искусственного озера. Кроме этого, повышенная плотность туристов отмечается у бассейнов на турбазах с развитой инфраструктурой, а также в зоне сувениров и проката. Установлено, что погода в низкогорной части Алтая оказывает существенное влияние на интерес туристов к аттракторам. В этой связи для развития территории необходимо проектировать аттракторы и возможные туристские активности для разных погодных условий, в том числе межсезонья и зимнего периода.

Ключевые слова: туристская инфраструктура, туристский поток, аттракторы, туристско-рекреационное проектирование, БПЛА-съемка, ГИС

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках проекта 22-27-00245 «Теоретико-методологические основы проектирования туристских территорий в условиях социально-экономических систем предгорных и горных территорий Алтая».

Для цитирования: Дунец А.Н., Крупочкин Е.П., Табакаева Е.М., Котельникова А.В. 2023. Анализ поведения туристов в условиях развития комплекса «Бирюзовая Катунь»: использование беспилотных аппаратов. Региональные геосистемы, 47(1) 88–100. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-88-100

Unmanned Aerial Vehicles for Analyzing the Behavior of Tourists on the "Biruzovaya Katun"

**Alexander N. Dunets, Evgeny P. Krupochkin, Evgeniya M. Tabakaeva,
Anastasiya V. Kotelnikova**

Altai State University
61 Lenin Avenue, Barnaul 656049, Russia,

E-mail: dunets@mail.ru, evgeny.krupochkin@yandex.ru, tabakaevaem@mail.ru, natena-son@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to develop a methodology for using UAVs to analyze the spatial behavior of tourists at the level of the tourist complex. The key area for testing the methodology is the territory

of the special economic zone of the tourist and recreational type "Turquoise Katun", located in the low mountains of the Altai Territory. The collection of data on the movements of visitors was carried out in July-August 2022 using UAV surveys on weekends during four time intervals: from 9:00 am to 12:00 pm, from 1:00 pm to 2:00 pm, from 2:00 pm to 3:00 pm, from 4:00 pm to 6:00 pm on the key area of the tourist complex. The territory for the UAV survey was chosen taking into account the presence of attractors. As a result of photogrammetric processing of images, a digital elevation model and a series of orthophotomaps were built in the WGS-84 coordinate system corresponding to the given observation time intervals. On the basis of the collected spatial data, heatmaps of the density of tourist flows were constructed and their analysis was carried out, incl. comparison with attractors. The obtained spatial data are integrated into the GIS project, which greatly expands the possibilities for analysis. The advantages of using this technology are spatial referencing of images (each image has its own coordinates and time); high reliability (photogrammetric processing technology provides high accuracy of spatial processing results); efficiency of the entire cycle of work. An analysis of heatmaps showed that there is a positive trend in the number of tourists from 9:00 am to 6:00 pm, with the sharpest increase observed at lunchtime compared to noon (an increase in flow of 3.5). Three spots of tourist concentration were identified in the area of the artificial lake, which is determined by the landscape attractiveness of the western and eastern shores of the lake and the presence of a beach area for families with children in the northwestern part of the lake. In addition, an increased density of tourists is observed near the pools at camp sites with developed infrastructure, as well as in the area of souvenirs and rentals. It has been established that the weather in the low-mountainous part of Altai has a significant impact on the interest of tourists in attractors. In this regard, when developing the territory of the tourist complex, it is necessary to design attractors and possible tourist activities for different weather conditions, including the off-season and the winter period.

Keywords: tourist facilities, tourist flow, attractors, tourist and recreational design, UAV survey, GIS

Acknowledgements: The work is supported by Russian Science Foundation in within the framework of the scientific project 22-27-00245 «Theoretical and methodological foundations for the design of tourist territories in the conditions of socio-economic systems of the foothill and mountainous territories of Altai».

For citation: Dunets A.N., Krupochkin E.P., Tabakaeva E.M., Kotelnikova A.V. 2023. Unmanned Aerial Vehicles for Analyzing the Behavior of Tourists on the "Biruzovaya Katun". *Regional Geosystems*, 47(1): 88–100. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-88-100

Введение

Исследование поведения туристов – один из актуальных, но недостаточно изученных вопросов в условиях развития туристско-рекреационных комплексов [Колбовский, Морозова, 2010]. Важнейшим направлением формирования индустрии является знание моделей поведения человека, что позволяет выявлять потребности в развитии туристской инфраструктуры, а также имеет большое значение при проектировании территорий [Кружалин и др., 2019]. Существуют различные подходы к изучению туристских потоков. Традиционным методом являются анкетные опросы для выявления пространственных предпочтений туристов [Мартышенко, 2011]. При всех достоинствах метод отличается определенной долей субъективности, так как получаемые ответы могут быть не всегда искренними или полными по сравнению с методом наблюдения. Среди инструментальных методов изучения туристских потоков преобладает количественный учет передвижения людей с помощью данных операторов сотовой связи [Qin et al., 2019; Калининская и др., 2021], что, безусловно, важно, но не всегда дает сведения о качественных признаках, в том числе об объектах, привлекающих людей на уровне туристской местности или комплекса. Обзор пространственных моделей маршрутов, представленный в работе [Голомидова, Чученкова, 2019], показывает, что в них перемещение посетителей рассматривается с достаточно высокой степенью обобщения (на уровне стран или городов). Однако для проектирования на уровне туристского комплекса или местности особенно важно изучение поведения туристов с точки зрения выбора ими конкретных аттракторов – объектов, представляющих для них



интерес и формирующих цели посещения. Эта задача отчасти может быть решена в процессе непосредственного визуального наблюдения туристского поведения [Джанджугазова, 2019], хотя и требует больших трудозатрат и имеет более низкую точность по сравнению с инструментальными методами наблюдения.

Значительный потенциал для применения в сфере проектирования объектов туризма имеют работы, выполненные А.Г. Большаковым и А.А. Ануфриевым [2015], который разработал методику анализа пространственного поведения людей в городской местности (на площадях, бульварах и т. д.) на основе анализа космоснимков [Нямдорж и др., 2018]. К сожалению, ее применение ограничено невозможностью углубленного анализа временных изменений поведения людей (например, в течение дня). Опыт применения БПЛА-съемки для оценки туристского потенциала территорий и других задач описан в работах [Borkowski, Młynarczyk, 2019; Sestras et al., 2020; Kandrot et al., 2022; Tumová et al., 2022].

Таким образом, целью наших исследований является разработка новой методики выявления пространственного разнообразия туристского поведения в масштабе туристского комплекса, основанной на технологии БПЛА-съемки.

Ключевые задачи:

1. Выявить границы территориального объекта исследования в рамках модельной территории особой экономической зоны туристско-рекреационного типа «Бирюзовая Катунь».

2. Разработать технологию съемки, программирования и исполнения полетного задания для БПЛА с целью получения объективных данных о распределении туристов.

3. Разработать серию ГИС-моделей в виде карт тепловых потоков на исследуемый модельный участок.

4. Выявить основные закономерности и причинно-следственные связи поведения туристов на подобных территориях.

Объекты и методы исследования

На основе ресурсного подхода развитие туристских территорий связано с выявлением и использованием участков с наибольшим рекреационным потенциалом. Считается, что наибольшую привлекательность имеют участки на стыке разных природных сред (вода – суша, горы, лес)¹. Ресурсно-географический подход позволяет соотнести ценность туристских ресурсов и их использование туристами.

Изучать туристское пространство и распределение туристских потоков можно на основе комплексного подхода. Посетители не могут быть равномерно распределены по всей территории. На пространственное размещение потока влияют туристские аттракторы, инфраструктура, психолого-поведенческие характеристики людей. Территориальная организация является важнейшей составляющей развития территориального туристского комплекса [Orperman, 1993]. Комплексный подход позволяет совершенствовать взаимосвязи между территориальными структурами [Мироненко, 2005].

На примере ключевой территории в Бирюзовой Катунь выявлялось пространственное размещение туристских ресурсов, аттракторов и потребителей туристских услуг. Для этого важно было провести исследования перемещений людей в течение суток. Для проведения работ отбирались выходные дни с хорошей погодой, что позволило выявить «ядра» притяжения туристов.

Апробированный нами метод исследования поведения людей базируется на технологии БПЛА-съемки в разные интервалы времени в пределах изучаемой территории,

¹ Кусков А.С., Иванов А.В., Яшков И.А., Ширинкин П.С. 2011. Туристское ресурсоведение. Москва, Университетская книга, 352 с.

а также последующей фотограмметрической и тематической обработке. Начало работы с БПЛА-комплексом предполагает подготовку и настройку оборудования, настройку программного обеспечения (программа управления полетным заданием) и калибровку (при необходимости). Летно-съёмочные работы производились с помощью двух аппаратов: БПЛА мультироторного типа *DJI Inspire-1*; БПЛА мультироторного типа *DJI Mini 2*. Непосредственно сам съёмочный процесс включал два вида съёмки – съёмка в свободном режиме и съёмка в режиме перекрытия в пределах указанной зоны.

Фотограмметрическая обработка снимков выполнялась *Agisoft Metashape Professional Edition* и включала пять этапов: создание фотограмметрического проекта; построение системы связующих точек для выравнивания фотографий и отбраковки плохих кадров; корректировка системы координат и оптимизация выравнивания позволяет производить измерения объема или площади поверхности, экспортировать построенные модели в ГИС; построение плотного облака точек; построение цифровой модели рельефа и ортофотоплана.

Карта высот является необходимым условием для построения ортофотоплана, поскольку значения высот учитываются при ортокоррекции полученного изображения – мозаики.

Результатом фотограмметрической обработки является серия планов в системе координат WGS-84, соответствующая заданным интервалам времени. Предварительное наблюдение за потоками позволило нам экспериментальным путем выделить интервалы съёмки с 9:00 по 18:00 с учетом количественного и пространственного изменения потока туристов. Это позволило получить наборы исходных пространственных данных для ГИС, на основе которых возможны построение и анализ «тепловых потоков», т. е. плотности размещения туристов.

Результаты и их обсуждение

Инвестиционный проект Бирюзовой Катунь представляет собой вновь созданную туристскую территорию, развитие которой происходило в удаленной от существующих дорог части в нижнем течении р. Катунь. Основными характеристиками данной местности являются наличие реки со значительной скоростью течения и природного ландшафта – низкогорий, покрытых сосново-березовым лесом, и сенокосов на открытых участках горных долин. Развитие карстовых форм обусловило привлекательность этой территории для спелеотуристов и экскурсантов. Климат здесь континентальный с теплым летом и относительно холодной зимой. Средняя температура в январе (самый холодный месяц) -18°C , в июле $+19^{\circ}\text{C}$. Снег выпадает в конце ноября и устойчиво лежит до конца марта. Высота снежного покрова достигает 88 см [Харламов, 2015; Харламова, 2017]. Такие условия позволяют развивать здесь разнообразные виды туризма. Однако подобные условия имеются на большой территории в низкогорьях Алтая. Отсутствие достаточного количества водных объектов с теплой водой обусловило локализацию туристского потока в местах благоприятных для отдыха у воды и купания. Поэтому центральным объектом в Бирюзовой Катунь стал искусственно созданный водоем.

На этой территории к настоящему времени сформирован туристско-рекреационный комплекс, включающий искусственный водоем, гостиничные комплексы, парк экстремальных развлечений, выставочные помещения, магазины, кафе и др. Бирюзовая Катунь находится еще на стадии развития и важно выявить, как существующие аттракторы обеспечивают привлекательность сформированного туристского пространства. Для этого необходимо проанализировать пространственное поведение туристов на территории комплекса и оценить привлекательность существующих туристских объектов (аттракторов).

Для выявления востребованности созданной туристской инфраструктуры проведен анализ соотношения аттракторов и распределения туристов на ключевом участке Бирюзовая Катунь.

Ключевым аттрактором территории является искусственный водоем – центр притяжения туристов. На протяжении его береговой линии общей площадью акватории 4,5 га находится пляж. Более широкая полоса пляжа располагается на западной и северо-западной стороне водоема. В северной части работает аквапарк, представляющий из себя водные горки, расположенные напротив друг друга. Расширение водоема в северо-западной части в сочетании с небольшой глубиной создает условия для отдыха семей с детьми.

Водоем имеет вытянутую форму и любой его берег может использоваться как пляж. Однако сочетание аттракторов и пейзажная привлекательность, которая является одним из главных критериев эстетической привлекательности территории, влияют на распределение туристского потока [Дирин, 2007; Дирин, Попов, 2010]. Основная часть пляжа обращена в сторону Катунь и горного хребта. Открывающийся вид концентрирует в себе множество разных элементов, что дает преимущество при выборе места отдыха. Пейзажное разнообразие влияет также и на размещение кафе, которые построены на западной стороне водоема, находятся прямо за пляжем и отделены прогулочной дорожкой. На пляже расположены шезлонги, точки проката сап-досок и катамаранов, торговые точки с прохладительными напитками.

Полоса пляжа с восточной стороны чуть меньше, чем на западной стороне. Сразу за пляжем находится ограждение, отделяющее зону прогулок от берега р. Катунь. Здесь посажены деревья и кустарники, которые создают условия для более спокойного отдыха.

К юго-востоку от водоема располагаются две спортивных площадки, одна из которых – корт для большого тенниса. Площадки отделены от озера не только забором, но и посадками деревьев.

Северная часть водоема является главным входом на водный объект для посетителей, приехавших на автомобилях. Здесь находятся две крупные парковки. Одна из них – место старта мотодельтопланов и привлекает внимание посетителей.

Подходы к р. Катунь со стороны искусственного озера ограничены забором в целях безопасности. Большинство туристов подходят к реке с южной стороны озера от подвесного моста, который соединяет Бирюзовую Катунь с Чуйским трактом – основной туристической автодорогой Алтая. Малые архитектурные формы в парковой зоне в сочетании с мостом и берегом реки популярны для фотографирования, однако здесь нет постоянного потока пеших туристов.

Важным аттрактором является двухэтажная художественная галерея «Простор» в 300 м от южной части озера, где можно ознакомиться с постоянными и временными экспозициями, арт-объектами. Рядом работают ресторан и торговая зона.

Аттракторами также выступают открытые бассейны на территории гостиниц, находящихся не так далеко от озера, преимущественно на западной стороне от береговой линии водоема.

Основные объекты туристской инфраструктуры в зоне исследования показаны на фрагменте карты 2ГИС (рис. 1). Выявление аттракторов на ключевой территории исследования необходимо для определения закономерностей распределения туристского потока. В июле – августе 2022 года проведено изучение распределения туристов. Установлено, что важным фактором, влияющим на количество туристов, являются погодные условия. Выбор выходных дней для проведения БПЛА-съемки был необходимым элементом для получения достоверной информации.



Рис. 1. Ключевой участок на территории туристского комплекса «Бирюзовая Катунь» (<https://2gis.ru/>)
Fig. 1. Key section on the territory of the tourist complex "Turquoise Katun" (<https://2gis.ru/>)

Выявление аттракторов стало основой для определения территории, на которую необходимо было сделать полетное задание для БПЛА. Съемка проходила в теплые дни без осадков, при дневной температуре +25 °С.

После проведения БПЛА-съемки материалы были собраны в одном ГИС-проекте. На основе классификации и последующей ручной корректировки мозаик (ортофотопланов) созданы наборы векторных точечных слоев (вес одной точки: 1 точка = 1 человек), построена серия тепловых карт, отражающих потоки внутри ключевого участка. Все основные операции апробируемой технологии отражены на схеме (рис. 2).

При создании тепловых карт использовался алгоритм «Плотность ядер». Данный алгоритм позволяет вычислить плотность точечных объектов вокруг каждой ячейки выходного растра. По завершении эксперимента построена серия тепловых карт (пример, карта рис. 3), составлена таблица с результатами статистической обработки численности людей в пределах ОЭЗ ТРК «Бирюзовая Катунь» (табл.).

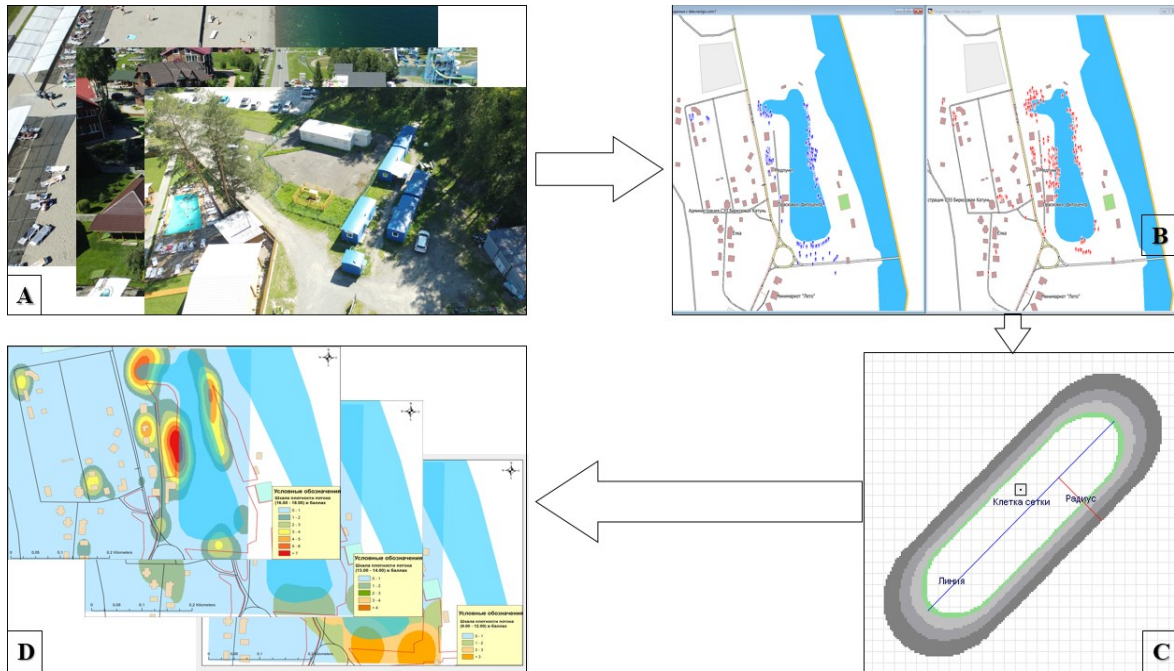


Рис. 2. Технологическая схема построения тепловых карт туристских потоков, реализованная на основе материалов БПЛА-съемки: А – исходные наборы снимков, В – примеры обработанных снимков с векторными наборами слоев точек в ГИС (1 точка = 1 человек), С – применение алгоритма «Плотность ядер», D – заключительный результат обработки

Fig. 2, Technological scheme for constructing heatmaps of tourist flows, implemented on the basis of UAV survey materials: A – initial sets of images, B – examples of processed images with vector setsof point layers in GIS (1 point = 1 person), C – application of the "Density of cores" algorithm, D – the final processing result

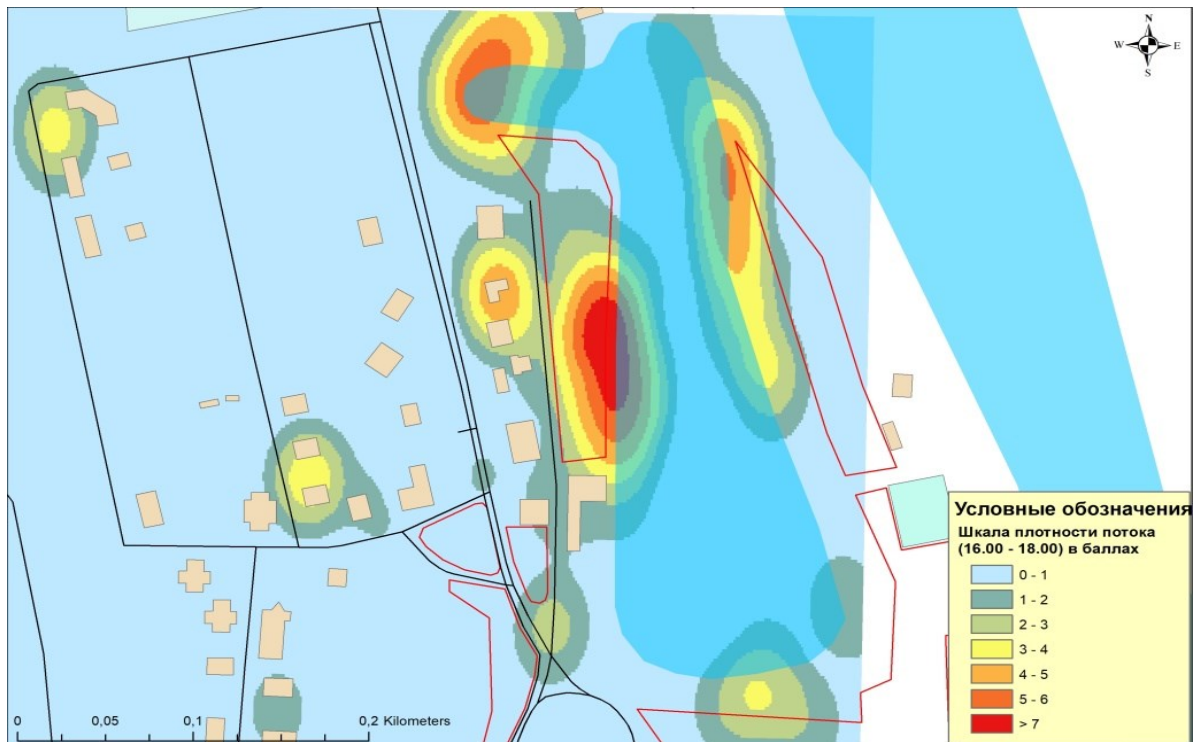


Рис. 3. Фрагмент тепловой карты для ключевого участка на территории туристского комплекса «Бирюзовая Катунь» (для интервала с 16:00 до 18:00)

Fig. 3. A fragment of a heatmap for a key section on the territory of the tourist complex "Turquoise Katun" (for the interval from 4 pm to 6 pm)

Результаты статистической обработки данных о численности людей
в пределах туристско-рекреационной особой экономической зоны «Бирюзовая Катунь»,
выявленных с помощью БПЛА-съемки
The results of statistical processing of data on the number of people within the tourist and recreational
special economic zone "Turquoise Katun" identified by UAV survey

Интервал	Число людей	Места концентрации (ядра)	География «ядер» концентрации людей
9:00–12:00	37	Пляжная зона, кафе, прогулочные дорожки	Нет явных центров, слабая концентрация
13:00–14:00	141 (прирост – 3,8)	Пляжная зона (включая водную акваторию), Зоны отдыха гостиничных комплексов, Кафе, рестораны	Формирование аттракторов вблизи гостиничных комплексов и кафе
14:00–15:00	314 (прирост – 2,2)	Пляжная зона (включая водную акваторию), зоны отдыха прибрежных и отдаленных гостиничных комплексов	Дифференциация аттракторов, формирование нескольких ядер
16:00–18:00	412 (прирост – 1,3)	Пляжная зона (включая водную акваторию), все виды гостиничных комплексов, кафе и рестораны	Общее изменение потока в сторону акватории, слияние ядер в прибрежной зоне, формирование нескольких мелких, но устойчивых ядер в западной (не прибрежной) части территории, не привязанной к озеру

Анализ тепловых карт позволил установить следующие закономерности в распределении потоков и предпочтениях туристов. Во-первых, наблюдается положительная динамика числа туристов с 9:00 до 18:00, при этом наиболее резкий скачок отмечается в обеденное время в сравнении с полуднем (увеличение потока в 3,5). Анализ разновременных снимков (сгруппированных по интервалам) позволил выявить несколько ядер концентрации. К аттракторам относятся: пляжная зона с акваторией искусственного озера; пункты питания (кафе, рестораны); бассейны и зоны отдыха, расположенные вблизи гостиничных комплексов; прогулочные дорожки около сувенирных павильонов и парковая зона с малыми архитектурными формами.

Более детальный анализ по временным интервалам позволяет обнаружить следующие пространственные закономерности: с 9:00 до полудня фиксируется наименьшее количество туристов, особенно на пляже и в парковых зонах. Преимущественно люди сосредоточены в кафе и на прогулочных дорожках, парковой зоне. В обеденное время до 14:00 наблюдается концентрация в трех локациях: особенно на берегу озера, у летних кафе и на территории некоторых гостиничных комплексов с бассейнами. В интервале до 15:00, при сохранении общей закономерности, происходит дифференциация потоков на несколько «ядер концентрации»: в пляжной зоне, гостиничной зоне отдыха в северной части территории и у сувенирных павильонов с местами проката. В интервале до 16:00 происходит дальнейшее разбиение уже выделенных «ядер концентрации» на более мелкие за счет усиления мощности потока, а также более четко выделяется новое ядро – непосредственно прибрежная акватория, особенно северо-западная точка и более линейная восточная зона озера. Данная тенденция, особенно сдвиг потока непосредственно в акваторию,



наблюдается до 18:00. При этом отмечается заполнение береговой зоны практически со всех сторон. Наряду с этим выделяется несколько небольших тепловых ядер в местах нахождения бассейнов рядом с кафе.

Таким образом, распределение туристского потока по ключевому участку определяется наличием развитой инфраструктуры пляжа в сочетании с пейзажной привлекательностью западного и восточного берегов озера, наличием пляжа для семей с детьми в северо-западной части озера. Основная зона прогулок вдоль западной части озера – от парковки до кафе и ресторанов, далее, к южной части, до сувениров и парковой зоны. Формирование ядер плотности также характерно у мест с концентрацией инфраструктуры развлечения (бассейны, беседки, игровые площадки).

Для низкогорной зоны Алтая в летний период характерна частая смена погоды. Распределение туристов на ключевом участке Бирюзовой Катунь с центром «искусственное озеро» является характерным для теплой погоды без дождя. В остальное время отдых туристов в долине Катунь связан с экскурсиями, отдыхом на турбазе (в гостинице), кратковременными прогулками по берегу реки. Скопление туристов характерно в местах основных экскурсионных объектов (Тавдинские пещеры на Бирюзовой Катунь), местах продажи сувениров, на аттракционах и в парковых зонах. Например, даже при условии солнечной погоды, но с температурой воздуха до +20 °С, картина распределения турпотока меняется. Искусственное озеро в такие периоды может посещать небольшое количество туристов и только для прогулок.

Погода в низкогорной части Алтая оказывает существенное влияние на интерес туристов в выборе аттракторов. Холодная река Катунь с быстрым течением не пользуется большой популярностью на территории ключевого участка в сравнении с другими аттракторами.

Для развития территории необходимо учитывать перечень аттракторов и возможных туристских активностей в разных погодных условиях, в том числе в межсезонье и в зимний период. Создание туристских проектов в расчете на хорошую погоду летнего периода не оправдано. Развитие туристских комплексов возможно через создание инфраструктуры, которая будет соответствовать запросам туристов в разные сезоны. Для анализа пространственно-временного поведения туристов на туристско-рекреационной территории апробирована новая методика, которая базируется на применении технологии беспилотной съемки и последующего цикла обработки с финализацией в виде локальной ГИС.

К преимуществам данной технологии относятся: пространственная привязка снимков (каждый снимок имеет свои координаты и время); высокая достоверность (технология фотограмметрической обработки дает высокую точность результатов пространственной обработки); оперативность выполнения всего цикла работ.

Заключение

В работе предложен и апробирован новый методический подход анализа поведения туристов в масштабе туристского комплекса (на примере ОЭЗ «Бирюзовая Катунь»), базирующийся на методах географии, геоинформатики и фотограмметрии. Ключевым звеном предлагаемой технологии сбора и анализа данных является применение беспилотного летательного аппарата для пространственно-временного анализа туристских потоков на уровне туристского комплекса с последующим построением моделей и соотносением их с аттракторами.

Технология пространственно-временного анализа тепловых потоков, согласно представленной схеме (см. рис. 2), основана на реализации соответствующего ГИС-проекта, функциональными задачами которого являются:

– аккумулялирование результатов БПЛА-съемки в единой системе координат в пределах указанных границ области обработки;

- подключение любой пространственной информации к проекту, облегчающему построение аналитики и выявление закономерностей;
- идентификация людей и создание набора векторных слоев (точек) в заданной системе весов;
- алгоритмизированная обработка точек для построения тепловых карт;
- создание и анализ серии тепловых карт, отражающих потоки внутри локальной туристско-рекреационной зоны.

В результате комплекса проведенных работ, прежде всего, выполнен сбор всех имеющихся данных для моделируемой территории. Собраны в одном ГИС-проекте материалы многодневных и разновременных (интервальных) наблюдений в виде набора снимков и облака точек. Далее на основе классификации и последующей ручной корректировки мозаик (ортофотопланов) созданы наборы векторных точечных слоев (вес одной точки: 1 точка = 1 человек), построена серия тепловых карт, отражающих потоки внутри туристского комплекса.

Проведенные исследования позволили выявить пространственно-временные особенности поведения туристов на ключевом участке туристско-рекреационного комплекса Бирюзовая Катунь. Выявлено три ядра концентрации посетителей в районе искусственного озера. Повышенная плотность туристов фиксируется у бассейнов на турбазах с развитой инфраструктурой, а также в зоне продажи сувениров и проката.

Основные результаты исследования:

- разработана новая методика выявления пространственного разнообразия туристского поведения в масштабе туристского комплекса, основанной на технологии БПЛА-съемки;
- в рамках предлагаемой методики апробирована технология съемки, программирования и исполнения полетного задания для БПЛА с целью получения объективных данных о распределении туристов;
- построена серия ГИС-моделей тепловых потоков, отражающих поведение туристов в пределах исследуемой территории;
- выявлены основные закономерности и причинно-следственные связи поведения туристов в разные интервалы времени;
- на основе полученных данных проведено изучение размещения аттракторов, их привлекательности для туристов, проанализированы основные перемещения туристов в течение дня.

В заключение следует отметить инновационный характер предложенного методического подхода к анализу туристских потоков и моделирования поведения туристов. К его основным преимуществам относятся:

- 1) оперативность получения новых данных;
- 2) высокая точность пространственной и временной привязки;
- 3) возможность анализа обработанных материалов в любой ГИС-системе;
- 4) возможность дополнения и соотнесения с любой количественной информацией, полученной из других источников;
- 5) возможность построения динамических моделей, таких как «тепловые потоки»;
- 6) малые материальные затраты на получение объективной информации в сравнении с классическими методами наблюдения, для которых необходимо привлечение большого количества специалистов, сил и материальных ресурсов.

Основным недостатком является зависимость от погодных условий, однако эта проблема устраняется проведением оперативной съемки, например, в промежутке между интенсивными осадками. Другим выходом из ситуации является перенесение запланированных полетов на другой день, что не требует перепрограммирования полетного задания.



Список литературы

- Большаков А.Г., Ануфриев А.А. 2015. Пространственное поведение как основа организации структуры архитектурного пространства на примере городских площадей. Вестник Иркутского государственного технического университета, 7(102): 127–148.
- Голомидова Е.С., Чученкова О.А. 2019. Отечественные и зарубежные концепции в географии туризма. Псковский регионологический журнал, 3(39): 110–127.
- Джанджугазова Е.А. 2019. Туристская привлекательность объектов культурного наследия на особо охраняемых туристских территориях. Культурологический журнал, 1(35): 1–9.
- Дирин Д.А. 2007. Оценка и рекреационное использование пейзажно-эстетических ресурсов Усть-Коксинского района Республики Алтай. Новосибирск, Издательство Сибирского отделения РАН, 206 с.
- Дирин Д.А., Попов Е.С. 2010. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов: методологический обзор. Известия Алтайского государственного университета, 3–2(67): 120–124.
- Калинская А.В., Асеева Д.В., Добродомова Т.Н. 2021. Использование различных методов статистического сбора и анализа пространственно-временных данных в туризме как способ повышения уровня экономической безопасности государства. Научное обозрение. Экономические науки, 3: 10–14.
- Колбовский Е.Ю., Морозова В.В. 2010. Рекреационная география и территориальные аспекты формирования туристского продукта в России. Ярославский педагогический вестник, 3(3): 100–105.
- Кружалин В.И., Шабалина Н.В., Цыщук Е.А. 2019. Научно-методические подходы к туристско-рекреационному проектированию: муниципальный уровень. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки, 3: 9–26. DOI: 10.18384/2310-7189-2019-3-9-26.
- Мартышенко Н.С. 2011. Оценка пространственного распределения туристов в Приморском крае в высокий сезон. Практический маркетинг, 8(174): 17–25.
- Мироненко Н.С. 2005. Эволюция моделей в рекреационной географии. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 11: 326–330.
- Нямдорж Н., Смолин Е.Е., Большаков А.Г. 2018. Пространственное поведение как основа организации благоустройства территории бульваров на примере г. Иркутска. Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость, 8(1(24)): 208–221.
- Харламов С.В. 2015. Условия формирования новой туристской дестинации в постсоветский период на территории Алтайского края. Вестник Кемеровского государственного университета, 2–7(62): 130–133.
- Харламова Н.Ф. 2017. Бирюзовая Катунь. В кн.: Туристская энциклопедия регионов России. Том. 1. Алтайский край. Барнаул, Апостроф: 114–116.
- Borkowski G., Młynarczyk A. 2019. Remote Sensing Using Unmanned Aerial Vehicles for Tourist-Recreation Lake Evaluation and Development. Quaestiones geographicae, 38(1): 5–14. DOI: 10.2478/quageo-2019-0012
- Kandrot S., Hayes S., Holloway P. 2022. Applications of Uncrewed Aerial Vehicles (UAV) Technology to Support Integrated Coastal Zone Management and the UN Sustainable Development Goals at the Coast. Estuaries and Coasts, 45: 1230–1249. DOI: 10.1007/s12237-021-01001-5
- Oppermann M. 1993. Tourism Space in Developing Countries. Annals of Tourism Research, 20(3): 535–556. DOI: 10.1016/0160-7383(93)90008-Q
- Qin S., Man J., Wang X., Li C., Dong H., Ge X. 2019. Applying Big Data Analytics to Monitor Tourist Flow for the Scenic Area Operation Management. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2019: 1–11. DOI: 10.1155/2019/8239047
- Sestras P., Rosca S., Bilasco S., Nas S., Buru S.M., Kovacs L., Spalevic V., Sestras A.F. 2020. Feasibility Assessments Using Unmanned Aerial Vehicle Technology in Heritage Buildings: Rehabilitation-Restoration, Spatial Analysis and Tourism Potential Analysis. Sensors, 20(7): 2054. DOI: 10.3390/s20072054
- Tumová D., Pančíková L., Varmus M., Dikošová E. 2022. Prediction Models in The Managerial Decision-Making on The Application of UAVs in Tourism. Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics, 2022: 1–12. DOI: 10.5171/2022.968089

References

- Bolshakov A.G., Anufriev A.A. 2015. Spatial Behavior as a Basis of Architectural Space Structure Organization for the Case of Urban Squares. Proceedings of Irkutsk State Technical University, 7(102): 127–148 (in Russian).
- Golomidova E.S., Chuchenkova O.A. 2019. Domestic and Foreign Concepts in the Geography of Tourism. Pskov Journal of Regional Studies, 3(39): 110–127 (in Russian).
- Dzhandzhugazova E.A. 2019. Tourist Attractiveness of Cultural Heritage Sites in Specially Protected Tourist Areas. Journal of cultural research, 1(35): 1–9 (in Russian).
- Dirin D.A. 2007. Otsenka i rekreatsionnoe ispol'zovanie peyzazhno-esteticheskikh resursov Ust'-Koksinskogo rayona Respubliki Altay [Assessment and Recreational Use of Landscape and Aesthetic Resources of the Ust-Koksinsky District of the Altai Republic]. Novosibirsk, Publ. Sibirskogo otdeleniya RAN, 206 p.
- 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).
- Kalinskaya A.V., Aseeva D.V., Dobrodomova T.N. 2021. The Use of Different Methods of Statistical Collection and Analysis of Spatial-Time Data in Tourism as a Way to Increase the Level of Economic Security of the State. Economic sciences., 3: 10–14 (in Russian).
- Kolbovsky E.Ju., Morozova V.V. 2010. Recreational Geography and Territorial Aspects of Formating a Tourist Product in Russia. Yaroslavl Pedagogical Bulletin, 3(3): 100–105 (in Russian).
- Kruzhalin V.I., Shabalina N.V., Tsyshchuk E.A. 2019. Scientific and Methodological Approaches to Touristand Recreational Design: Municipal Level. Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural Sciences, 3: 9–26 (in Russian). DOI: 10.18384/2310-7189-2019-3-9-26
- Martishenko N.S. 2011. Estimation of Spatial Tourist Allocation in Primorye in High Season. Practical marketing, 8(174): 17–25 (in Russian).
- Mironenko N.S. 2005. Evolyutsiya modeley v rekreatsionnoy geografii [Evolution of Patterns in Recreational Geography]. InterKarto. InterGIS, 11: 326–330.
- Nyamdorzh N., Smolin E.E., Bolshakov A.G. 2018. Spatial Behavior as the Basis of the Organization of the Improvement of the Territory of Avenues at the Example of Avenues of the City of Irkutsk. Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate, 8(1(24)): 208–221 (in Russian).
- Kharlamov S.V. 2015. Conditions of Formation of New Tourist Destinations in the Territory of Altai Kray in the Post-Soviet Period. Bulletin of Kemerovo State University, 2–7(62): 130–133 (in Russian).
- Kharlamova N.F. 2017. Biryuzovaya Katun' [Turquoise Katun]. In: Turistskaya entsiklopediya regionov Rossii. Vol. 1. Altayskiy kray [Tourist Encyclopedia of Russian Regions. Vol. 1. Altai Territory]. Barnaul, Publ. Apostrof: 114–116.
- Borkowski G., Młynarczyk A. 2019. Remote Sensing Using Unmanned Aerial Vehicles for Tourist-Recreation Lake Evaluation and Development. Quaestiones geographicae, 38(1): 5–14. DOI: 10.2478/quageo-2019-0012
- Kandrot S., Hayes S., Holloway P. 2022. Applications of Uncrewed Aerial Vehicles (UAV) Technology to Support Integrated Coastal Zone Management and the UN Sustainable Development Goals at the Coast. Estuaries and Coasts, 45: 1230–1249. DOI: 10.1007/s12237-021-01001-5
- Oppermann M. 1993. Tourism Space in Developing Countries. Annals of Tourism Research, 20(3): 535–556. DOI: 10.1016/0160-7383(93)90008-Q
- Qin S., Man J., Wang X., Li C., Dong H., Ge X. 2019. Applying Big Data Analytics to Monitor Tourist Flow for the Scenic Area Operation Management. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2019: 1–11. DOI: 10.1155/2019/8239047
- Sestras P., Rosca S., Bilasco S., Nas S., Buru S.M., Kovacs L., Spalevic V., Sestras A.F. 2020. Feasibility Assessments Using Unmanned Aerial Vehicle Technology in Heritage Buildings: Rehabilitation-Restoration, Spatial Analysis and Tourism Potential Analysis. Sensors, 20(7): 2054. DOI: 10.3390/s20072054
- Tumová D., Pančíková L., Varmus M., Dikošová E. 2022. Prediction Models in the Managerial Decision-Making on the Application of UAVs in Tourism. Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics, 2022: 1–12. DOI: 10.5171/2022.968089

*Поступила в редакцию 22.11.2022;
поступила после рецензирования 21.12.2022;
принята к публикации 13.02.2023*

*Received November 22, 2022.
Revised December 21, 2022.
Accepted February 13, 2023*



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

Дунец Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Крупочкин Евгений Петрович, кандидат географических наук, заведующий кафедрой экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Табакаева Евгения Михайловна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры рекреационной географии, сервиса, туризма и гостеприимства, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

Котельникова Анастасия Владимировна, ассистент кафедры рекреационной географии, сервиса, туризма и гостеприимства, Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander N. Dunets, Doctor of Geographical Sciences, Professor of the Department of Economic Geography and Cartography of the Altai State University, Barnaul, Russia

Evgeny P. Krupochkin, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Economic Geography and Cartography of the Altai State University, Barnaul, Russia

Evgeniya M. Tabakaeva, Candidate of geological and mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Recreational Geography, Service, Tourism and Hospitality of the Altai State University, Barnaul, Russia

Anastasiya V. Kotelnikova, Assistant of the Department of Recreational Geography, Service, Tourism and Hospitality of the Altai State University, Barnaul, Russia



УДК 631.459.2
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-101-115

Эрозионная опасность пахотных земель Белгородской области

Буряк Ж.А., Нарожняя А.Г., Маринина О.А.

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

Аннотация. В статье приведены результаты оценки эрозионного риска от ливневой эрозии для пахотных земель Белгородской области. Потенциальные почвенные потери рассчитаны по адаптированной для условий России эрозионной модели USLE; входные расчетные эрозионные факторы получены с использованием технологий пространственного анализа в геоинформационной среде, а структура посевных площадей была проанализирована с использованием актуальных спутниковых снимков. Среднегодовые потенциальные почвенные потери с пашни за последние 10 лет составили 3,5 т/га. На основе модели смыва с чистого пара создана база геоданных территорий с повышенным риском эрозионной деградации, которая включает 14 тысяч ареалов на пашне. Это позволило оценить пространственную дифференциацию эрозионного риска обрабатываемых почв области и определить территории адресного внедрения противоэрозионных и почвенно-реабилитационных мероприятий.

Ключевые слова: водная эрозия почв, поверхностный смыв, USLE, моделирование, почвенные потери

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

Для цитирования: Буряк Ж.А., Нарожняя А.Г., Маринина О.А. 2023. Эрозионная опасность пахотных земель Белгородской области. Региональные геосистемы, 47(1): 101–115. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-101-115

Erosion Risk of Arable Land in the Belgorod Oblast

Zhanna A. Buryak, Anastasia G. Narozhnyaya, Olga A. Marinina

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

Abstract. The purpose of the work was to use geoinformation technologies to assess the soil erosion risk from rainfall under conditions of intensive agricultural load at the regional level (on the example of the Belgorod Oblast). Potential soil losses were calculated for arable land using the USLE erosion model adapted for Russian conditions. The input calculated erosion factors were obtained using the technologies of spatial analysis of the digital elevation model, and the structure of sown areas was analyzed using up-to-date satellite images MODIS. The average annual potential soil losses from arable land over the past 10 years amounted to 3.5 t ha⁻¹. Based on the model of erosion from bare (clean) fallow, a geodatabase of territories with an increased risk of erosion degradation was created, which includes 14 thousand areas on arable land. This made it possible to assess the spatial differentiation of the erosion risk of cultivated soils in the region and determine the areas for the precision implementation of anti-erosion and soil rehabilitation measures. The developed geodatabase corresponds to the priorities of the State Program for the effective involvement of agricultural land in the turnover. Namely, it can serve as information support for identifying areas where, when expanding the area of crops, it is necessary to apply a set of soil protection measures.

Keywords: water erosion, soil, surface runoff, USLE, modeling, soil losses



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: Buryak Zh.A., Narozhnyaya A.G., Marinina O.A. 2023. Erosion Risk of Arable Land in the Belgorod Oblast. *Regional Geosystems*, 47(1): 101–115. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-101-115

Введение

Водная эрозия почв – одна из наиболее значимых проблем в сельском хозяйстве западной части Восточно-Европейской равнины. Она наносит существенный вред земельным ресурсам и сельскохозяйственному производству страны: ежегодный ущерб от эрозии оценивается примерно в 10 % дохода, произведенного сельским хозяйством [Ли-сецкий и др., 2012].

Значительное сокращение площади обрабатываемых почв Европейской части России [Prishchepov et al., 2017] с сопутствующими климатическими изменениями во всех ландшафтных зонах после 1991 года – главная причина сокращения эрозионных потерь на 46 % за 20 лет [Golosov et al., 2018]. Преобразования в сельскохозяйственном производстве России повлияли в итоге на почвозащитную способность агроценозов, причем в различных природных зонах она имеет разную направленность [Литвин и др., 2017]: поверхностный смыв почвы сократился в лесной и лесостепной зонах, но вырос в степной зоне за счет увеличения доли пропашных культур.

С 2021 года вступила в силу Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ [О Государственной программе..., 2023], цель которой состоит в масштабном расширении посевных площадей за счет вовлечения в оборот залежных земель. При этом крайне важно на уровне субъектов и органов местного самоуправления превентивно обозначить территории, повторная распашка которых нецелесообразна, либо требует применения комплекса почвозащитных мероприятий от доминирующих процессов деградации, в т. ч. от водной эрозии почв. Установлено [Иванов и др., 2017], что значительная часть заброшенной в 1990-е гг. пашни имеет высокий эрозионный потенциал рельефа, что несет определенные риски при ее неизбирательном возврате в обработку.

Поэтому оценка эрозионного потенциала агроландшафтов и выявление территорий с повышенным эрозионным риском – актуальная задача для системных решений противоэрозионного контроля на региональном уровне. Для ее решения в масштабе субъекта страны наиболее перспективно использование моделирования эрозионного процесса в геоинформационной среде, подкрепленное результатами наземных почвенно-эрозионных обследований [Жидкин и др., 2021; Maltsev et al., 2022]. Автоматизированные геоинформационные системы (ГИС), дополненные актуальными данными дистанционного зондирования Земли, позволяют получать наиболее оперативную и достоверную информацию о состоянии различных экосистем на любой территории [Евдокимов, Штефурак, 2022], в том числе и для контроля состояния почвенных ресурсов. Использование ГИС и баз геоданных позволяет свести оценку почвенных потерь до конкретного участка, причем модель может быть расширена элементами мониторинга состава посевов [Терехин, 2019] и, таким образом, приобрести динамичный расчетный характер вплоть до оценки ежемесячных почвенных потерь [Efthimiou, 2023].

Цель работы состояла в использовании геоинформационных технологий и результатов моделирования для оценки эрозионного риска в условиях интенсивной земледельческой нагрузки на региональном уровне (на примере Белгородской области).

Объекты и методы исследования

Белгородская область – один из субъектов Европейской части России, расположена на юго-западе Среднерусской возвышенности (рис. 1). Это один из самых аграрно развитых субъектов страны: распаханность территории составляет 61 %. Занимая в стране 67-е место по площади (27,1 тыс. км²), Белгородская область находится на 12-м месте по валовому сбору зерна (в 2021 году – 3 млн т). Почвы региона обладают высоким естественным плодородием: черноземные почвы занимают около 80 % всей площади и примерно 90 % от площади пашни. При этом территория Белгородской области является наиболее эродированной в Центрально-Черноземном районе и подвержена поверхностному смыву и линейному размыву почв больше соседних областей. Склоновый тип ландшафтов представлен на 72 % площади области. Территория характеризуется высокой расчлененностью рельефа (до 1,5 км/км²), суммарная длина овражно-балочной сети достигает порядка 18,5 тыс. км. Пашотные земли в подавляющем большинстве (76 %) расположены на склонах более 1°. По современным оценкам доля эродированных почв на пашне составляет 56 % от ее общей площади.

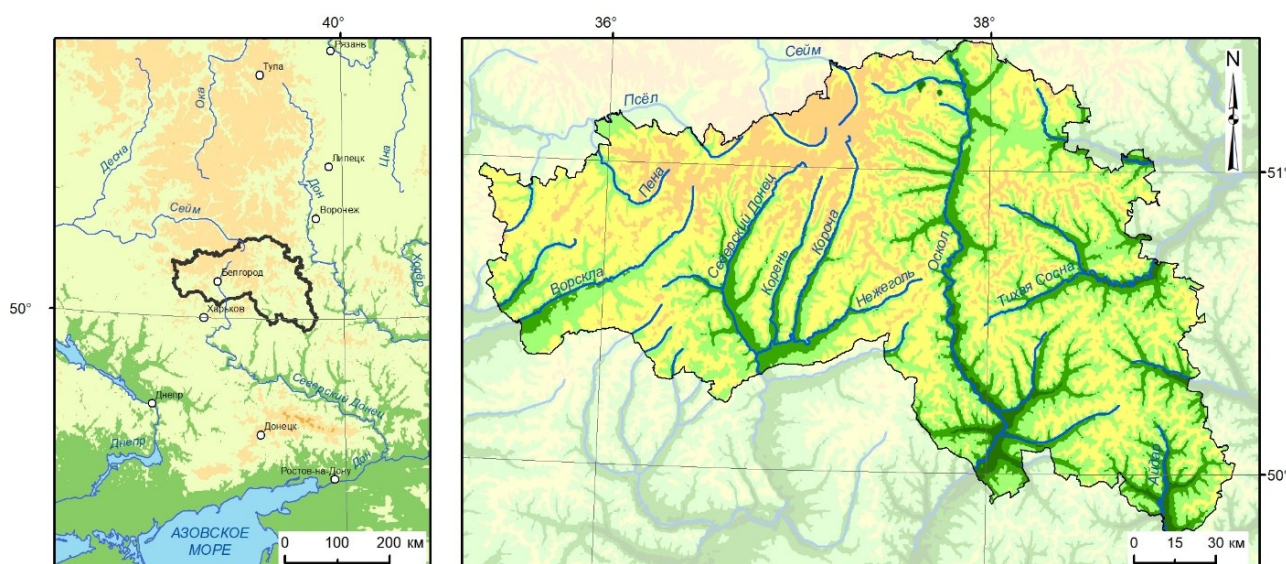


Рис. 1. Расположение Белгородской области
Fig. 1. Location of the study area (Belgorod Oblast)

Продолжительная история сельскохозяйственного освоения территории области привела к деградации всех компонентов геосистем [Чендев и др., 2008], в первую очередь почвенного покрова. По данным крупномасштабного почвенного обследования 80-х гг. прошлого века доля эродированной пашни составляет 49,9 %. Причем эродированные площади увеличиваются: за последние 30 лет до 2010 года на 6 % [Лиसेцкий, Марциневская, 2009]. По обобщенным оценкам литературных источников среднегодовые темпы смыва в Белгородской области с пашни составляют 5–6 т/га [Жидкин, Чендев, 2014]. Смытые почвы Белгородской области потеряли около 130 млн т гумуса, из-за чего наблюдается снижение их продуктивности – ежегодный недобор продукции в пересчете на зерно составляет 1,22 млн т [Лукин и др., 2008].

Для определения на пашне ареалов с повышенной эрозионной опасностью применяли методы математического моделирования эрозионных процессов, используя средства пространственного анализа в ГИС.

Суммарные эрозионные потери почвы складываются из потерь от ливневой эрозии и эрозии в период весеннего снеготаяния. Климатические изменения последнего тридцатиле-



тия привели к снижению доли эрозии от снеготаяния в лесостепной зоне в 12,6 раз по сравнению с ливневым смывом [Maltsev, Yermolaev, 2020]. В последнее время по оценкам среднегодовых темпов эрозии в лесостепной зоне доминирует ливневый смыв, а слой талого стока настолько мал, что не приводит к существенным эрозионным потерям при весеннем снеготаянии. Поэтому в данной работе мы рассматривали только ливневую эрозию почв.

Среднегодовые темпы ливневой эрозии почвы на пашне были рассчитаны по эмпирической модели *USLE* [Wischsmeier, Smith, 1978], адаптированной для условий Европейской России [Ларионов, 1993; Краснов и др., 2001]:

$$W = R \times K \times LS \times C \times P, \quad (1)$$

где *W* – среднегодовые почвенные потери от ливневых осадков (т/га в год); *R* – эрозионный потенциал ливневых осадков максимальной 30-минутной интенсивности (усл. ед.); *K* – фактор эродированности почв (т/га на единицу эрозионного потенциала осадков); *LS* – фактор рельефа (усл. ед.); *C* – эрозионный индекс культуры или севооборота (усл. ед.); *P* – коэффициент почвозащитной эффективности противоэрозионной меры (усл. ед.).

Эрозионный потенциал осадков *R* представляет собой произведение кинетической энергии дождевых капель, выпавших за дождь на площади в один гектар, на 30-минутную максимальную интенсивность этого дождя. Эти данные были впервые обобщены для территории России к середине 80-х гг. XX в. [Ларионов, 1993] и актуализированы по статистической *GAM*-модели согласно последним климатическим данным до 2021 года [Савельев и др., 2022]. Распределение *R*-фактора по малым речным бассейнам представлено в векторном формате на открытом геопортале «Речные бассейны Европейской части России» [Геопортал ..., 2023] и было использовано для моделирования в данной работе.

Фактор эродированности почв *K* зависит от гранулометрического состава почвы, содержания гумуса, структуры, водопроницаемости и каменистости почвы. *K*-фактор был рассчитан по формуле (2), которая была адаптирована для условий России [Ларионов, 1993]:

$$K = \{16,67 \times 10^{-6} \times [m_s \times (100 - m_c)]^{1,14} \times (12 - a) + 0,25 \times (b - 2) + 0,193(4 - c)\} \times z, \quad (2)$$

где *m_s* – содержание фракций 0,1–0,001 мм, %; *m_c* – содержание фракций < 0,001 мм, %; *a* – содержание гумуса, %; *b* – класс структуры почвы; *c* – класс водопроницаемости почвы; *z* – коэффициент каменистости и щебнистости.

Источником данных о почвенном покрове служила векторная почвенная карта Белгородской области масштаба 1:200 000, составленная на основе почвенных обследований 1965–1980 гг. Карта насчитывает 28 почвенных комбинаций, для каждой был рассчитан *K*-фактор на основе параметров основных типов почв Белгородской области [Соловиченко, Тютюнов, 2013]. Расчетные данные были присвоены 3,7 тыс. контурам почвенной карты. Для расчетов картограмма была конвертирована в растровый формат.

Фактор рельефа *LS* рассчитывали по формуле (3) [Ларионов и др., 1998], учитывающей не только длину и уклон, но и форму склона, а также поправку на эродированность почв:

$$LS = 22,1^{-p} \times L^p \frac{18,62 \times \sin(\arctan(S \times 10^{-2}))}{1 + 10^{0,53 - 0,015 \times L \times S \times 10^{-2}}} \times F^p + 0,065, \quad (3)$$

где *L* – длина склона, м; *S* – уклон, %; *F* – коэффициент поперечного профиля склона; *p* – показатель степени при длине склона, рассчитывается по формуле (4):

$$p = 0,2 + 2,067 \times (p_0 - 0,2) \times L^{-0,15} \times K^{-0,45}, \quad (4)$$

где *p₀* – показатель степени, равный 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5 при уклонах < 1; 1–3; 3–5 и > 5 % соответственно; *K* – коэффициент эродированности почв, определяется по формуле (2).

Как правило, именно формат входных данных о рельефе определяют пространственное разрешение будущей рабочей модели оценки эрозионных потерь. Для расчета

LS-фактора использовали ранее полученную [Нарожняя, Буряк, 2016] гидрологически корректную цифровую модель рельефа (ЦМР) разрешением 30×30 м. Для получения растровых моделей параметров рельефа для расчета по формуле (3) использовали наборы инструментов *Spatial Analyst* и *Hydrology* программы *ArcGIS* 10.5, в частности утилиты геообработки *Slope*, *Curvature* и *Flow Length*. Остальные растры параметров эрозионной модели (1) были пространственно сопоставлены и приведены к разрешению ЦМР 30×30 м, что позволило получить модель смыва регионального уровня с достаточно высокой детализацией.

Фактор *C* (агрофона) рассчитан по результатам дешифрирования посевных площадей с использованием среднегодовых значений вегетационного индекса *NDVI*. Исходными данными служили снимки среднего пространственного разрешения *MODIS* и производные композитные изображения *MOD13Q1 (Vegetation Indices)*, показывающие значения нормализованного вегетационного индекса *NDVI* за 16 дней. Нами были отобраны снимки за период с 2012 по 2021 г. для месяцев, в которых отсутствует снежный покров (апрель – октябрь). Для каждого месяца были созданы мозаики среднегодовых значений. Для генерации коэффициента *C* от значений *NDVI* использована следующая формула [Van der Knijff et al., 1999]:

$$C = \exp^{-\alpha \frac{NDVI}{\beta - NDVI}}, \quad (5)$$

где α и β – безразмерные параметры, детерминирующие форму кривой *NDVI* по отношению к коэффициенту *C*, со значениями 2 и 1 соответственно. Для снимков по каждому месяцу проведен расчет фактора растительности на пашне по формуле (5) за месяц. По ним усреднены значения *C* за каждый год, а затем определено среднее за 5 лет.

Для калибровки *C*-фактора под местные условия была проанализирована структура посевных площадей Белгородской области за аналогичный период [Территориальный орган..., 2023]. По общему соотношению культур был получен средневзвешенный *C*, равный 0,342. При этом среднегодовой *C*-фактор Белгородской области, рассчитанный по формуле (5), показывает заниженное значение – 0,158. Для корректировки фактора агрофона по *MODIS* по среднему региональному значению был добавлен к фактору *C* множитель 2,16.

Модель потенциальных почвенных потерь для чистого пара легла в основу региональной базы геоданных пашни с высокой эрозионной опасностью. Отметим, что для Белгородской области ранее было проведено сходное исследование [Малышев, Голеусов, 2019], где критерием выделения эрозионно опасных земель выступало обоснованное критическое значение рельефной функции *LS*, но без учета прочих факторов водной эрозии. В данном исследовании предельную величину смыва почвы с пара определяли, исходя из допустимых норм эрозии в зависимости от выращиваемых культур. По обобщенным оценкам для сельскохозяйственных угодий Белгородской области допустимая норма эрозия составляет 4,5–5,6 т/га в год [Марциневская, 2011; Спесивый, Лисецкий, 2014]. Эти цифры применимы к сложившемуся составу обрабатываемых в регионе культур, который может быть пересчитан на условия чистого пара с использованием повышающего коэффициента. Худший сценарий, при котором на эрозионно опасных землях могут возделываться пропашные культуры, предполагает величину *C*-фактора 0,23 (для зерно-травяно-пропашного севооборота). Это в 4,4 раза ниже по сравнению с чистым паром ($C = 1$). Таким образом, за граничное значение повышенного эрозионного риска для чистого пара можно принять среднюю допустимую норму эрозии для почв Белгородской области, увеличенную в 4,4 раза, что будет составлять ~ 20 т/га в год.

Для определения местоположения таких участков пашни растровая модель эрозионных потерь с пара была классифицирована, переведена в векторный формат, после чего выполнили ее генерализацию. Обособленные мелкие ареалы были удалены путем их агрегации, используя критерий расстояния менее 100 м, кроме того ареалы площадью менее 2 га были исключены из выборки.

Результаты и их обсуждение

Результатом исследования является количественная оценка потенциальных эрозионных потерь почвы от ливневой эрозии с пахотных земель Белгородской области с учетом фактического состава посевных площадей за последние 10 лет (рис. 2).

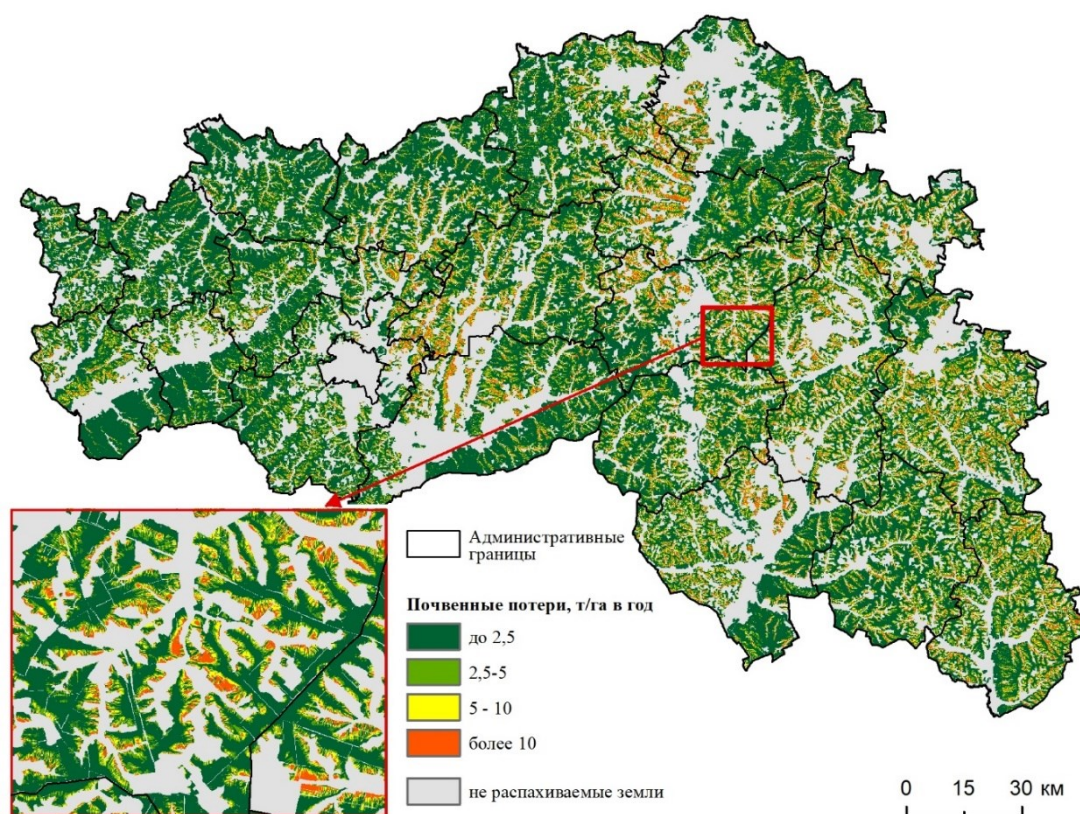


Рис. 2. Потенциальные эрозионные потери почвы от ливневой эрозии на пахотных землях Белгородской области

Fig. 2. Potential rainfall erosion-induced soil losses on cropland in Belgorod Oblast

Величина потенциальной эрозии на пахотных землях варьирует в широких пределах и изменяется по территории неравномерно. Среднегодовая расчетная величина потенциальных почвенных потерь составила $3,5 \pm 0,3$ т/га. Для условий Белгородской области за счет фактора агрофона среднегодовой модуль смыва с пашни снижается более чем в три раза по сравнению с результатами расчета для условий чистого пара. Высокая эрозионная опасность характерна прежде всего для склонов крутизной более 5° . Средняя величина почвенных потерь на таких землях составляет 13 т/га в год. Это связано прежде всего с размещением пропашных культур на эрозионно опасных участках пашни.

Распределение почвенных потерь по административным единицам Белгородской области (районам и городским округам) в табл. 1 и рис. 3. С учетом сформировавшейся структуры площадей самыми эрозионно опасными районами являются Алексеевский, Красногвардейский и Ровеньский, где доля пашни с потенциальным смывом более 2,5 т/га приближается к 40 %. Это обусловлено общими закономерностями почвенно-геоморфологических условий – расчлененным рельефом с крутыми склонами, распространением почв с низкой противоэрозионной устойчивостью. Однако даже в районах с более благоприятными условиями рельефа, доля пашни со смывом более 10 т/га составляет 8–9 % – Корочанский, Красненский, Новооскольский, Чернянский.

Таблица 1
Table 1

Условия рельефа и потенциальные почвенные потери на пашне
для муниципальных образований Белгородской области
Relief conditions and potential soil losses on arable land for the municipalities of the Belgorod Oblast

Муниципальное образование	Распаханность, %	Распределение пашни по уклонам, %				Смыв, т/га в год*	Распределение пашни по эрозионным потерям (т/га в год), %				
		0–3°	3–5°	5–7°	>7°		0**	> 2,5	2,5–5	5–10	>10
Алексеевский	57,1	61	27	8	4	4,6	16	45	17	13	10
Белгородский	51,5	69	21	5	5	2,9	25	52	13	7	3
Борисовский	57,3	82	13	3	1	2,4	18	61	12	6	3
Валуйский	50,7	69	23	6	2	3,2	25	50	13	8	5
Вейделевский	64,0	69	24	5	2	3,1	16	56	14	9	5
Волоконовский	61,2	72	21	5	2	3,2	16	55	15	9	5
Грайворонский	58,2	85	11	2	2	2,4	18	61	11	6	3
Губкинский	57,7	77	15	5	3	3,6	22	51	13	8	6
Ивнянский	62,5	86	9	3	2	1,9	19	66	8	4	2
Корочанский	57,7	77	17	5	2	4,1	16	52	15	9	8
Красненский	53,9	69	19	8	4	4,0	18	50	14	9	8
Красногвардейский	47,0	62	28	7	3	4,4	16	46	17	12	9
Краснояржуский	56,2	73	17	6	4	2,2	24	58	11	5	2
Новооскольский	55,1	71	21	6	3	4,4	17	51	14	9	8
Прохоровский	64,0	84	12	3	2	2,6	18	62	11	6	4
Ракитянский	62,9	84	10	3	2	2,1	20	64	10	4	2
Ровеньский	62,7	62	29	7	2	4,2	15	46	18	13	8
Старооскольский	46,7	84	11	3	2	4,7	35	47	8	5	5
Чернянский	60,3	78	16	4	1	4,6	16	49	16	10	9
Шебекинский	51,9	77	17	4	2	3,4	17	57	13	7	5
Яковлевский	57,2	80	15	3	2	3,0	20	56	13	7	4
Всего по области	61,1	68	26	4	2	3,5	19,4	53,2	13,1	8,3	6,0

*с учетом структуры посевных площадей за последние 10 лет; **плакоры и микродоразделы склонов

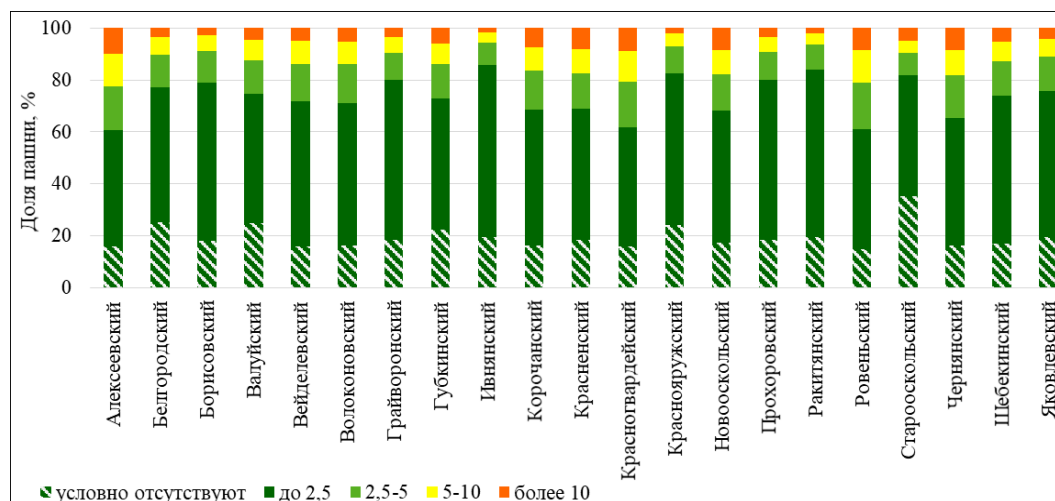


Рис. 3. Почвенные потери с пашни (т/га в год) муниципальных образований Белгородской области
Fig. 3. Soil losses from arable land (t/ha per year) of municipalities of the Belgorod Oblast

Стоит отметить, что 90 % территории Белгородской области обеспечено проектами бассейнового природопользования, на основе которых разработаны рекомендации по адаптивно-ландшафтному земледелию, предусматривающие в необходимых случаях контурную организацию посевных площадей, залужение ложбин, консервацию деградированной пашни, проведение лесомелиоративных мероприятий и др. Ожидается, что при их комплексном внедрении эрозионные потери могут быть сокращены на 40 %.

Сравнение величин темпов водной эрозии по результатам представленной работы с данными предыдущих исследований достаточно затруднительно: они рассчитаны по различным методикам и могут включать оценки по другим видам угодий. По обобщенным оценкам литературных источников средние темпы смыва в Белгородской области с пашни составляют 5–6 т/га в год [Жидкин, Чендев, 2014].

Недавнее исследование потенциальных потерь почв на пахотных землях для Европейской части России по адаптированной модели RUSLE [Мальцев, Ермолаев, 2019] методически наиболее близко к нашей работе. Однако его результаты дают сильно завышенные величины: смыв с пара оценивается в 25 т/га в год, а с учетом агроценозов – в 11 т/га в год (в сравнении с полученными нами 11,3 и 3,5 т/га в год соответственно). Такое расхождение при использовании аналогичной методики расчета объясняется разными масштабами оценок (глобальная против региональной) и, следовательно, разными источниками данных и способами их получения и обработки (масштаб, разрешение, уровень обобщения и т. п.).

Приведенные выше данные отражают потенциальные почвенные потери с учетом осредненного по фактическим данным за десять лет фактора агрофона. Однако чтобы отразить максимальный эрозионный риск для пашни можно исключить из моделирования противоэрозионный фактор растительности и выполнить оценку для условий чистого пара (фактор агрофона равен 1). Имея представление о пространственном распределении участков повышенного эрозионного риска (рис. 4), можно определить «прицельные» противоэрозионные мероприятия, при которых состав культур в севообороте может выступать инструментом сдерживания эрозии, причем даже в самых неблагоприятных почвенно-климатических и геоморфологических условиях. Ранее авторами [Buryak, Marinina, 2020] была выполнена оценка эрозионного риска в агроландшафтах Белгородской области по вышеописанной методике: было выявлено 14 тыс. ареалов повышенной эрозионной опасности на пашне площадью от 2 до 700 га. Доля таких территорий составляет 11,5 % от площади пахотных земель области.

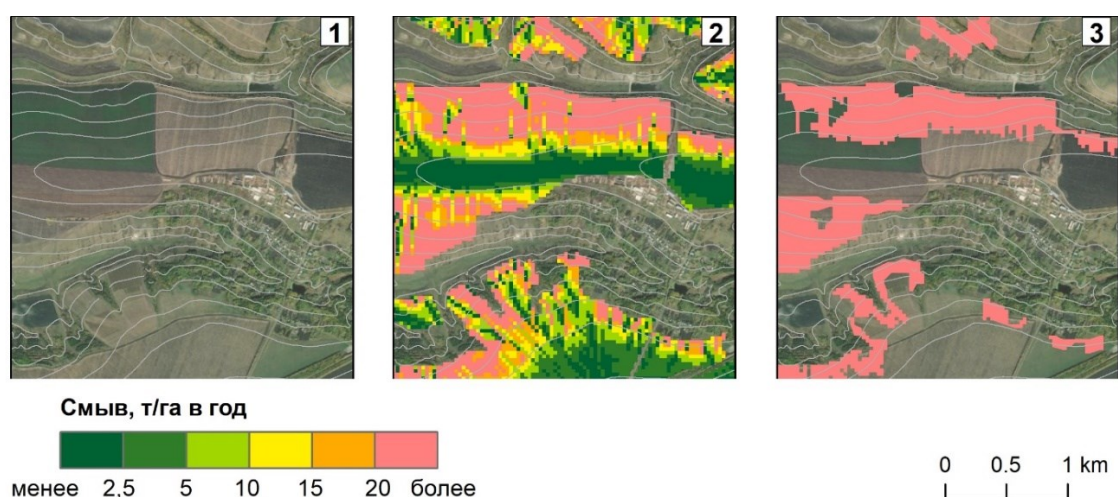


Рис. 4. Пример выделения ареалов повышенной эрозионной опасности в ГИС:

- 1 – результаты моделирования почвенных потерь от водной эрозии с пара;
- 2 – космический снимок территории; 3 – выделение ареалов максимального эрозионного риска

Fig. 4. An example of the allocation of areas of increased erosion risk with GIS:

- 1 – results of modeling soil losses from water erosion from fallow;
- 2 – satellite image of the territory; 3 – allocation of maximum erosion risk areas

На основе ранее полученных результатов была создана база геоданных «Территории повышенного эрозионного риска на пашне Белгородской области» с точной локализацией каждого участка. База зарегистрирована как объект интеллектуальной собственности (RU2022623075) [Буряк, Бабушкин, 2022]. Модель базы данных представлена на рис. 5 и содержит тематические блоки «Эрозионные участки», «Эрозионные факторы», «Административные границы» и др.

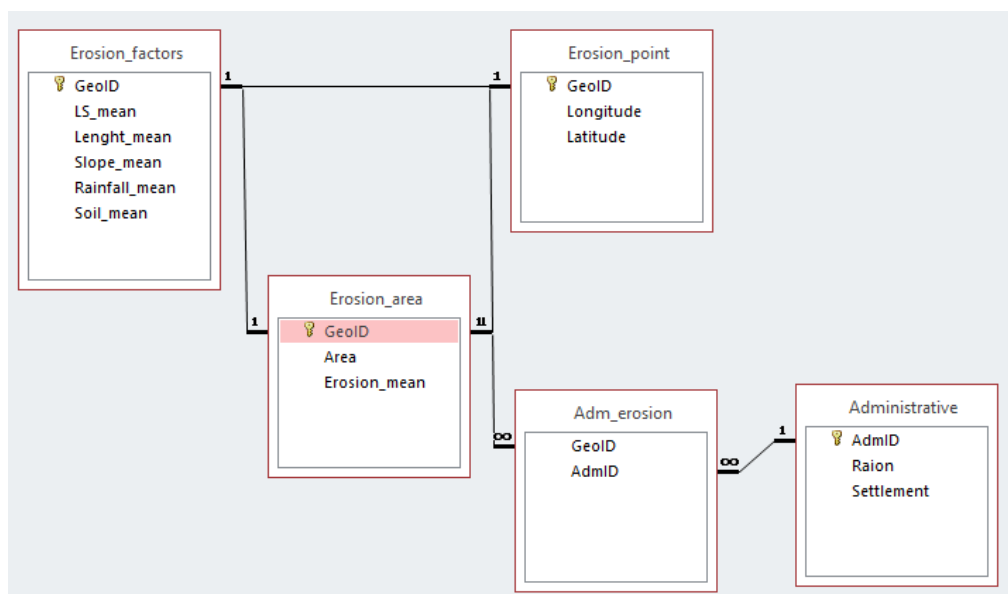


Рис. 5. ER-модель структуры БД «Территории повышенного эрозионного риска на пашне Белгородской области»
Fig. 5. ER-model of the structure of the database "Territories of increased erosion risk on the arable land of the Belgorod Oblast"

В структуре базы данных имеются сведения о координатах и принадлежности каждого эрозионного контура к конкретному сельскому поселению и муниципальному образованию, что дает возможность ее практического применения при территориальном планировании и землеустроительном проектировании, а также позволяет проводить сравнительные оценки эффективности мер по поддержанию почвенного плодородия. Распределение площадей повышенного эрозионного риска пашни по районам Белгородской области приведено на рис. 6.

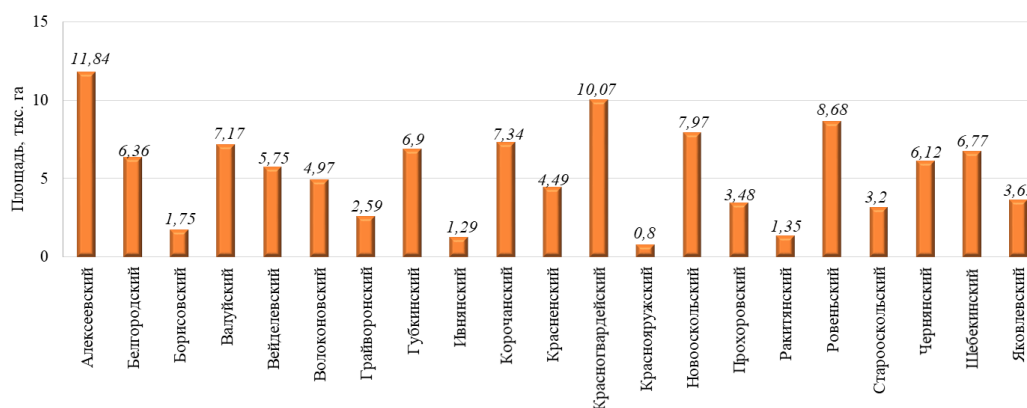


Рис. 6. Площади участков пашни с высокой эрозионной опасностью (более 20 т/га с пара) в разрезе муниципальных образований Белгородской области
Fig. 6. Areas of arable land with high erosion risk (more than 20 t/ha per fallow) in the context of municipalities of the Belgorod Oblast

По полученным данным была построена картограмма плотности распределения ареалов эрозионной опасности (с весовым коэффициентом по площади ареала) (рис. 7).

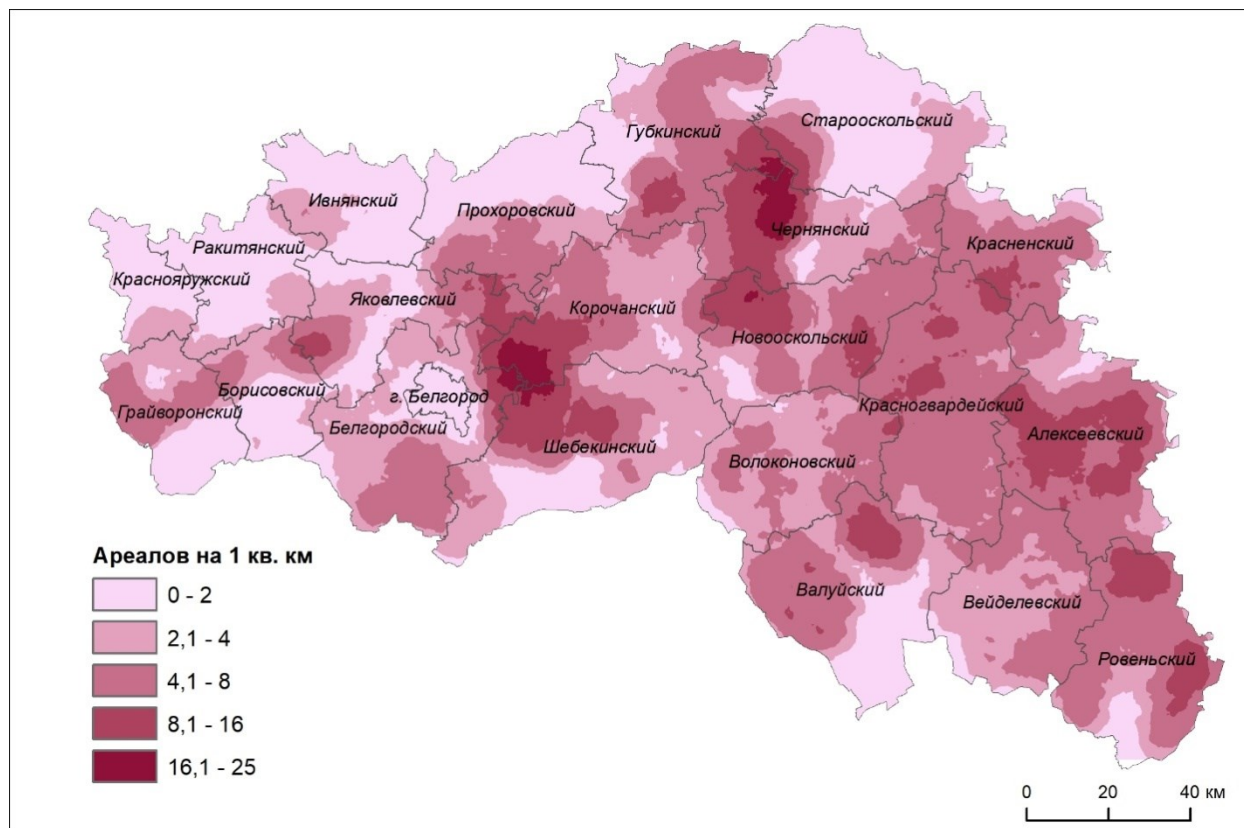


Рис. 7. Плотность ареалов (ед. на км²) повышенной эрозионной опасности в Белгородской области
Fig. 7. Density of areas (units per km²) with increased erosion risk in the Belgorod Oblast

Результаты, представленные на рис. 7, показывают неравномерное распределение эрозионного риска: он нарастает с запада на восток, причем в центральной части области проявляется в виде двух обширных ареалов. Наложение сетки муниципальных образований на модель дает предварительную картину того, в каких из них должен быть сделан упор на усиление мер по противоэрозионному обустройству агроландшафтов и на модернизацию используемых практик землеустройства и землепользования.

Заключение

Для территории Белгородской области впервые проведена оценка потенциальных почвенных потерь с пашни от ливневой эрозии с помощью пространственного моделирования в ГИС-среде. Установлено, что при сложившейся за последнее десятилетие структуре посевных площадей потенциальный среднегодовой смыв почвы можно оценить величиной 3,5 т/га. На основе полученной модели потенциальных почвенных потерь выполнена оценка повышенного эрозионного риска на пашне (для условий чистого пара) для районов Белгородской области. Лидируют по доле эрозионно опасной пашни (где потенциальный смыв почвы превышает 2,5 т/га в год) Алексеевский, Красногвардейский и Ровенский районы, где их доля превышает 40 %. Для агроландшафтов Белгородской области создана база геоданных земель с повышенным риском эрозионной деградации, которая включает 14 тыс. ареалов, и может быть использована для адресного внедрения противоэрозионных и почвенно-реабилитационных мероприятий. Полученная пространственно распределенная эрозионная модель органично вписывается во внедряемую в регионе концепцию бассейнового

природопользования. Она позволяет комплексно оценить последствия водно-эрозионных процессов: начиная от смыва с отдельно взятого склона и заканчивая риском заиления водных объектов от поступающих с водосбора наносов.

Разработанная база геоданных территорий повышенного эрозионного риска соответствует приоритетам Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса. Она может служить информационным обеспечением для выявления территорий, на которых при расширении площади посевов необходимо применять комплекс почвозащитных мероприятий. Эрозионные модели не заменят данные полевого почвенно-эрозионного обследования, но могут стать инструментом для планирования рационального землепользования, позволяя определить участки пашни, требующие прицельного мониторинга. Результаты работы по оценке эрозионного потенциала агроландшафтов и выявлению территорий с повышенным эрозионным риском могут быть тиражированы в других регионах при создании проектов территориального планирования с фокусом на доминирующий процесс почвенной деградации – водную эрозию почв.

Список источников

- Буряк Ж.А., Бабушкин К.С. 2022. Территории повышенного эрозионного риска на пашне Белгородской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных, охраняемой авторскими правами, № 2022623075. Дата регистрации 24.11.2022. Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем, 12. Электронный ресурс: <https://new.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=8C4D329B-797F-4EC9-BCC2-6E81F4745188>
- Геопортал «Речные бассейны Европейской России». Электронный ресурс. URL: <https://bassepr.kpfu.ru/> (дата обращения: 02 марта 2023).
- О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 (ред. от 18.01.2023). Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384213/ (дата обращения: 02 марта 2023).
- Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области (Белгородстат). База данных показателей муниципальных образований. Электронный ресурс. URL: https://belg.gks.ru/belg_db (дата обращения: 02 марта 2023).

Список литературы

- Евдокимов С.И., Штефуряк А.В. 2022. Использование ГИС-технологий в мониторинге природных и антропогенных объектов. Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки, 15(1): 70–93.
- Жидкин А.П., Смирнова М.А., Геннадиев А.Н., Лукин С.В., Заздравных Е.А., Лозбенев Н.И. 2021. Цифровое моделирование строения и степени эродированности почвенного покрова (Прохоровский район Белгородской области). Почвоведение, 1: 17–30. DOI: 10.31857/S0032180X21010159
- Жидкин А.П., Чендев Ю.Г. 2014. Обзор существующих представлений об эрозии почв в Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, 23(194): 147–155.
- Иванов М.А., Прищепов А.Б., Голосов В.Н., Залялиев Р.Р., Ефимов К.В., Кондратьев А.А., Киняшова А.Д., Ионова Ю.К. 2017. Изменения площади пахотных угодий в бассейнах рек Европейской территории России за период 1985–2015 гг. как фактор динамики эрозии почв. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 14(6): 149–157. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-149-157
- Краснов С.Ф., Добровольская Н.Г., Литвин Л.Ф. 2001. Пространственно-временные аспекты оценки эрозионного потенциала дождевых осадков. В кн.: Эрозия почв и русловые процессы. Москва, Издательство Московского университета: 8–18.



- Ларионов Г.А. 1993. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. Москва, Издательство МГУ, 200 с.
- Ларионов Г.А., Добровольская Н.Г., Краснов С.Ф., Лю Б.Ю., Неринг М.А. 1998. Теоретико-эмпирическое уравнение фактора рельефа для статистических моделей водной (дождевой) эрозии. В кн.: Эрозия почв и русловые процессы. Москва, Макс-Пресс Москва: 25–44.
- Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. 2009. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 10(58): 39–43.
- Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. 2012. Современные проблемы эрозиоведения. Белгород, Константа, 455 с. DOI: 10.13140/2.1.1029.9682
- Литвин Л.Ф., Кирюхина З.П., Краснов С.Ф., Добровольская Н.Г. 2017. География динамики земледельческой эрозии почв на европейской территории России. Почвоведение, 11: 1390–1400. DOI: 10.7868/S0032180X17110089
- Лукин С.В., Верютина О.С., Корнейко Н.И., Малыгин А.В. 2008. Влияние водной эрозии почв на основные агрохимические свойства пахотных почв Белгородской области. Достижения науки и техники АПК, 9: 7–8.
- Мальшев А.В., Голосов П.В. 2019. Критическое значение фактора рельефа и эрозионная опасность агроландшафтов Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(1): 63–75. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-63-75
- Мальцев К.А., Ермолаев О.П. 2019. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России. Почвоведение, 12: 1502–1512. DOI: 10.1134/S0032180X19120104
- Марциневская Л.В. 2011. Определение допустимых эрозионных потерь почвы для уровня административных районов. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 10(1): 10–13.
- Нарожняя А.Г., Буряк Ж.А. 2016. Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области разной степени генерализации. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 25(246): 169–178.
- Савельев А.А., Мухарамова С.С., Ермолаев О.П. 2022. Подходы к оценке эрозионного потенциала дождевых осадков. В кн.: Тридцать седьмого пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения, Рязань, 3–7 октября 2022. Рязань, МГУ Москва: 146–148.
- Соловиченко В.Д., Тютюнов С.И. 2013. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование. Белгород, Отчий край, 371 с.
- Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н. 2014. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Черноземном районе на основе бассейнового подхода и современных геоинформационных технологий. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, 10(181): 125–132.
- Терехин Э. А. 2019. Сезонная динамика проективного покрытия растительности агроэкосистем на основе спектральной спутниковой информации. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 16(4): 111–123. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-111-123
- Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Серикова Е.В., Крамчанинов Н.Н. 2008. Деградация геосистем Белгородской области в результате хозяйственной деятельности. География и природные ресурсы, 4: 69–75.
- Buryak Zh., Marinina O. 2020. Using GIS Technology for Identification of Agricultural Land with an Increased Risk of Erosion. In: From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture. International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, 22 June 2020. Yekaterinburg, Vol. 176: 1–5. DOI: 10.1051/e3sconf/202017604007
- Efthimiou N. 2023. Object-Oriented Soil Erosion Modelling: A Non-Stationary Approach Towards a Realistic Calculation of Soil Loss at Parcel Level. Catena, 222: 106816. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106816
- Goloso V., Yermolaev O., Litvin L., Chizhikova N., Kiryukhina Z., Safina G. 2018. Influence of Climate and Land Use Changes on Recent Trends of Soil Erosion Rates within the Russian Plain. Land Degradation and Development, 29(8): 2658–2667. DOI: 10.1002/ldr.3061
- Maltsev K., Goloso V., Yermolaev O., Ivanov M., Chizhikova N. 2022. Assessment of Net Erosion and Suspended Sediments Yield within River Basins of the Agricultural Belt of Russia. Water, 14: 2781. DOI: 10.3390/w14182781

- Maltsev K., Yermolaev O. 2020. Assessment of Soil Loss by Water Erosion in Small River Basins in Russia. *Catena*, 195: 104726. DOI: 10.1016/j.catena.2020.104726
- Prishchepov A.V., Müller D., Baumann M., Kuemmerle T., Alcantara C., Radeloff V.C. 2017. Underlying Drivers and Spatial Determinants of Post-Soviet Agricultural Land Abandonment in Temperate Eastern Europe. In: *Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991*. Switzerland, Springer Cham: 91–117. DOI: 10.1007/978-3-319-42638-9_5
- Van der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. 1999. *Soil Erosion Risk in Italy*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 54 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. United States, Dept. of Agriculture. *Agriculture handbook*, 58 p. DOI: 10.1029/TR039i002p00285

References

- Evdokimov S.I., Shtefuryak A.V. 2022. Use of GIS Technologies in Monitoring Natural and Anthropogenic Objects. *Bulletin of the Pskov State University. Series “Natural and physical and mathematical sciences*, 15(1): 70–93 (in Russian).
- Zhidkin A.P., Smirnova M.A., Lozbenev N.I., Gennadiev A.N., Lukin S.V., Zazdravnykh Y.A. 2021. Digital Mapping of Soil Associations and Eroded Soils (Prokhorovskii District, Belgorod Oblast). *Eurasian Soil Science*, 54(1): 13–24 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229321010154
- Zhidkin A.P., Chendev Yu.G. 2014. Soil Erosion in Belgorod Region of Russia. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 23(194): 147–155 (in Russian).
- Ivanov M.A., Prishchepov A.V., Golosov V.N., Zalyaliev R.R., Efimov K.V., Kondrat'ev A.A., Kinyashova A.D., Ionova Yu.K. 2017. Changes of Cropland Area in the River Basins of the European Part of Russia for the Period 1985–2015, as a Factor of Soil Erosion Dynamics. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 14(6): 149–157 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-149-157
- Krasnov S.F., Dobrovolskaya N.G., Litvin L.F. 2001. Prostranstvenno-vremennyye aspekty otsenki erozionnogo potentsiala dozhdevykh osadkov [Spatial and Temporal Aspects of the Rainfall Erosivity Evaluation]. In: *Eroziya pochv i ruslovyye protsessy [Soil Erosion and Channel Processes]*. Moscow, Publ. Moskovskogo universiteta: 8–18.
- Larionov G.A. 1993. *Eroziya i deflyatsiya pochv: osnovnyye zakonomernosti i kolichestvennyye otsenki [Water and Wind Erosion: Main Features and Quantitative Assessment]*. Moscow, Publ. MSU, 200 p.
- Larionov G.A., Dobrovolskaya N.G., Krasnov S.F., Liu B.Y., Nearing M.A. 1998. Teoretiko-empiricheskoye uravneniye faktora relyefa dlya statisticheskikh modeley vodnoy (dozhdevoy) erozii [Theoretical-Empirical Equation of Topography Factor for a Statistical Model of Soil Erosion by Water]. In: *Eroziya pochv i ruslovyye protsessy [Soil Erosion and Channel Processes]*. Moscow, Publ. Maks-Press Moskva: 25–44.
- Lisetski F.N., Marcinevskaya L.V. 2009. Assessment of Development of Linear Erosion and Soil Erosion as a Result of Aerial Photo Shooting. *Land Management, Monitoring and Cadastre*, 10(58): 39–43 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Svetlichnyi A.A., Chernyi S.G. 2012. Recent Developments in Erosion Science. Belgorod, Publ. Konstanta, 455 p. (in Russian). DOI: 10.13140/2.1.1029.9682
- Litvin L.F., Kiryukhina Z.P., Krasnov S.F., Dobrovolskaya N.G. 2017. Dynamics of Agricultural Soil Erosion in European Russia. *Eurasian Soil Science*, 50(11): 1344–1353 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229317110084
- Lukin S.V., Veryutina O.S., Kornejko N.I., Malygin A.V. 2008. Influence of Ablation on the Basic Agrochemical Properties of the Arable Soils in Belgorod Region. *Achievements of Science and Technology of AIC*, 9: 7–8 (in Russian).
- Malyshev A.V., Goleusov P.V. 2019. Landscape Features Distribution Critical Values of the Relief Factor on the Territory of Belgorod Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 43(1): 63–75 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-63-75
- Maltsev K.A., Yermolaev O.P. 2019. Potential Soil Loss from Erosion on Arable Lands in the European Part of Russia. *Eurasian Soil Science*, 52(12): 1588–1597 (in Russian). DOI: 10.1134/S106422931912010X
- Martsinevskaya L.V. 2011. Determination of Soil Loss Tolerance for the Level of Administrative Districts. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 10(1): 10–13 (in Russian).



- Narozhnyaya A.G., Buryak Zh.A. 2016. Morphometric Analysis of Digital Elevation Models of the Belgorod Region at Different Degrees of Generalization. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 25(246): 169–178 (in Russian).
- Savelyev A.A., Mukharamova S.S., Ermolaev O.P. 2022. Podkhody k otsenke erozionnogo potentsiala dozhdevykh osadkov [Approaches to Assessing the Erosion Potential of Rainfall]. In: *Tridtsat sedmogo plenarnogo mezhvuzovskogo koordinatsionnogo soveshchaniya po probleme erozionnykh, ruslovykh i ustyevykh protsessov* [Thirty-seventh plenary interuniversity coordination meeting on the problem of erosion, channel and estuarine processes]. Reports and messages, Ryazan, 3–7 October 2022. Ryazan, Publ. MGU Moskva: 146–148.
- Solovichenko V.D., Tyutyunov S.I. 2013. *Pochvennyy pokrov Belgorodskoy oblasti i ego ratsionalnoye ispolzovaniye* [Soil Cover of the Belgorod Oblast and Its Rational Use]. Belgorod, Publ. Otchiy Kray, 371 p.
- Spesivy O.V., Lisetskii F.N. 2014. Estimate of the Intensity and Regulation of Erosion Soil Losses in Central Chernozem Region Based on the Basin Approach. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 10(181): 125–132 (in Russian).
- Terekhin E.A. 2019. Seasonal Dynamics of the Agroecosystems Green Vegetation Fraction Derived from Satellite Data. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 16(4): 111–123 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-4-111-123
- Chendev Yu.G., Petin A.N., Serikova E.V., Kramchaninov N.N. 2008. Degradation of Geosystems in the Belgorod Region as a Result of the Economic Activities. *Geography and Natural Resources*, 29(4): 348–353 (in Russian). DOI: 10.1016/j.gnr.2008.10.010
- Buryak Zh., Marinina O. 2020. Using GIS Technology for Identification of Agricultural Land with an Increased Risk of Erosion. In: *From Inertia to Develop: Research and Innovation Support to Agriculture. International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, 22 June 2020. Yekaterinburg, Vol. 176: 1–5*. DOI: 10.1051/e3sconf/202017604007
- Efthimiou N. 2023. Object-Oriented Soil Erosion Modelling: A Non-Stationary Approach Towards a Realistic Calculation of Soil Loss at Parcel Level. *Catena*, 222: 106816. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106816
- Goloso V., Yermolaev O., Litvin L., Chizhikova N., Kiryukhina Z., Safina G. 2018. Influence of Climate and Land Use Changes on Recent Trends of Soil Erosion Rates within the Russian Plain. *Land Degradation and Development*, 29(8): 2658–2667. DOI: 10.1002/ldr.3061
- Maltsev K., Goloso V., Yermolaev O., Ivanov M., Chizhikova N. 2022. Assessment of Net Erosion and Suspended Sediments Yield within River Basins of the Agricultural Belt of Russia. *Water*, 14: 2781. DOI: 10.3390/w1418278
- Maltsev K., Yermolaev O. 2020. Assessment of Soil Loss by Water Erosion in Small River Basins in Russia. *Catena*, 195: 104726. DOI: 10.1016/j.catena.2020.104726
- Prishchepov A.V., Müller D., Baumann M., Kuemmerle T., Alcantara C., Radeloff V.C. 2017. Underlying Drivers and Spatial Determinants of Post-Soviet Agricultural Land Abandonment in Temperate Eastern Europe. In: *Land-Cover and Land-Use Changes in Eastern Europe after the Collapse of the Soviet Union in 1991*. Switzerland, Springer Cham: 91–117. DOI: 10.1007/978-3-319-42638-9_5
- Van der Knijff J.M., Jones R.J.A.; Montanarella L. 1999. *Soil Erosion Risk in Italy*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 54 p.
- Wischmeier W.H., Smith D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. United States, Dept. of Agriculture. *Agriculture handbook*, 58 p. DOI: 10.1029/TR039i002p00285

*Поступила в редакцию 14.01.2023;
поступила после рецензирования 28.02.2023;
принята к публикации 03.03.2023*

*Received January 14, 2023;
Revised February 28, 2023;
Accepted March 03, 2023*

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

Буряк Жанна Аркадьевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Нарожняя Анастасия Григорьевна, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Маринина Ольга Андреевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zhanna A. Buryak, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher of the Federal-regional centre of aerospace and surface monitoring of the objects and natural resources of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Anastasia G. Narozhnyaya, Candidate of Geographical Sciences, associate professor of the Department of Environmental Management and Land Cadastre of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Olga A. Marinina, Candidate of Geography Sciences, senior researcher of the Federal-regional centre of aerospace and surface monitoring of the objects and natural resources of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia



УДК 004:004.9:528.94:912.43:528.7:528.8:37:378.14:81
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-116-125

Electronic Terminological Dictionary-Sourcebooks as an Innovative form of Information and Communication Technologies in Geoinformation and Cartographic Education

Sergei A. Teslenok, Anton P. Mushtaikin
National Research Ogarev Mordovia State University
68 Bolshevistskaya St, Saransk 430005, Russia
E-mail: teslserg@mail.ru

Abstract. The aim of this work is to propose a program for the design, development, creation, implementation and use in the educational process of geoinformation and mapping education specialized electronic terminological dictionary-sourcebooks for the disciplines of the master's degree program training 05.04.03 "Cartography and Geoinformatics", including remote sensing and aerospace research and photogrammetry. In order to achieve the goal, the main directions and possibilities of the dictionary usage in educational process are outlined. Among the new terms, special attention is paid to terms focused on geoinformation and related technologies, as well as related geoinformation support for environmental management – information support for management decision-making and geoinformation and cartographic support for optimal management decisions. The possibilities of practical application of dictionaries in the educational process and the use of the experience of their development for the creation of dictionaries in related disciplines are considered.

Keywords: specialized electronic terminological dictionary-sourcebook, cartography and geoinformatics, information and communication technologies, innovations in education, geoinformation and cartographic education, master's program, teaching process

For citation: Teslenok S.A, Mushtaikin A.P. 2023. Electronic Terminological Dictionary-Sourcebooks as an Innovative form of Information and Communication Technologies in Geoinformation and Cartographic Education. Regional Geosystems, 47(1): 116–125. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-116-125

Электронные терминологические словари-справочники – инновационная форма информационно-коммуникативных технологий в геоинформационно-картографическом образовании

Тесленок С.А., Муштайкин А.П.
Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва,
Россия, 430005, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
E-mail: teslserg@mail.ru

Аннотация. Цель данной работы – предложить программу проектирования, разработки, создания, внедрения и использования в учебном процессе геоинформационно-картографического образования специализированных электронных терминологических интерактивных словарей-справочников по дисциплинам магистерских программ направления подготовки 05.04.03 «Картография и геоинформатика», включая дистанционное зондирование и аэрокосмические исследования Земли и фотограмметрию. Для достижения поставленной цели намечены основные направления и возможности использования словаря в учебном процессе. Среди новых терминов особое внимание уделено терминам, ориентированным на геоинформационные и смежные технологии, а также связанному с ними геоинформационному обеспечению управления

природопользованием – информационной поддержке и геоинформационно-картографическому обеспечению принятия оптимальных управленческих решений. Предлагаемый вариант терминологического электронного интерактивного словаря-справочника отличается от известных аналогов обильным использованием иллюстративных и картографических материалов, мультимедийных элементов, а также включением транскрипции терминов и объяснением их правильного произношения, переводов на иностранные языки, что дает возможности для достижения новых целей и имеет методическую значимость. Для автоматизации процесса его создания предполагается разработка специального универсального шаблона. Уникальный словарь-справочник позволит учащимся самостоятельно эффективно ликвидировать пробелы в знаниях или, наоборот, углубить свои знания в интересующей их области. Кроме того, его можно использовать при организации и проведении научно-исследовательской работы и/или подготовке магистерских диссертаций. Рассматриваются возможности практического применения словарей в учебном процессе и использования опыта их разработки для создания подобных технологий в смежных учебных дисциплинах.

Ключевые слова: специализированный электронный терминологический интерактивный словарь-справочник, картография и геоинформатика, информационно-коммуникативные технологии, инновации в образовании, геоинформационно-картографическое образование, магистерская программа, учебный процесс

Для цитирования: Тесленок С.А., Муштайкин А.П. 2023. Электронные терминологические словари-справочники – инновационная форма информационно-коммуникативных технологий в геоинформационно-картографическом образовании. Региональные геосистемы, 47 (1) 116–125. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-116-125

Introduction

In the successful development of any educational and/or scientific discipline, the study of its history and conceptual (terminological) apparatus plays a significant role. The development of science needs constant meaningful (respectively – terminological) modernization – the introduction of new terms, clarification and change (expansion or contraction) of the content of the established ones, clarification of the relationship between the operated terms and their variants, as well as variants of their definitions [Lim et al., 2019; Amador-Cruz et al., 2021; Gunia, 2021; Frančula, Lapaine, 2022]. At the same time, the need to achieve different degrees of unambiguous use of both new introduced and established, familiar terms play a vital role.

Speaking of the first group – new terms – as an example, the terms focused primarily on new geoinformation and related technologies (remote sensing and aerospace research, photogrammetry) and related geoinformation support – primarily geoinformation technologies in environmental management and geoinformation and mapping support for optimal management decision-making [Koshkarev, 2000; Eprincev, Chepelev, 2008; Kryshchenko et al., 2013; Markova, Tikunov, 2022; Yamashkin, Yamashkin, 2022].

The special importance and necessity of wide application of geographic information systems and GIS technologies in various branches and fields of science, engineering, technology and production is now generally recognized and is an immutable fact. The development of applied GIS, the introduction and use of geoinformation and related technologies [Teslenok, 2014a; Teslenok, Teslenok, 2015; Teslenok, 2016; Alferina, Teslenok, 2019], GIS mapping and modelling [Teslenok, 2014a; Teslenok, 2014b] are designed to increase their effectiveness. The accounting of natural conditions and resources and the solution of problems of their rational use should be based on a sanctioned system that allows continuously in an interactive mode to make the necessary adjustments, receive relevant information and make the necessary calculations [Teslenok, 2016; Alferina, Teslenok, 2019].

Therefore, this aspect is given priority attention when studying the disciplines of the mandatory part of the curriculum and the part formed by the participants of educational relations in the



Master's degree program 05.04.03 "Cartography and Geoinformatics" (profile "Geoinformation and cartographic support of sustainable development of territories") of the Institute of Geoinformation Technologies and Geography of N.P. Ogarev National Research Mordovian State University. At the same time, an important role is played by students' independent work with concepts and terms and maximum possible use of illustrative, cartographic materials, animation elements, video and audio materials and other multimedia elements, collectively referred to as hypermedia, the joint use of which makes it possible to obtain an information source of complex structure [Teslenok, Chekurova, 2014; Teslenok et al., 2015]. There is no doubt that the future belongs not to traditional but to innovative educational products - terminological electronic resources, dictionaries, glossaries, thesauruses, educational systems, databases and knowledge banks and other digital educational resources [ГОСТ 7.24-2007; ГОСТ 7.25-2001; ГОСТ 7.0.83-2012; Teslenok, Chekurova, 2014; Teslenok et al., 2015].

Objects and methods of research

The methodological and substantial novelty and innovation of the author's approach consists in the following aspects. The proposed version of the electronic terminological dictionary-sourcebook differs from the known analogues by the maximum use of illustrative, cartographic materials, multimedia elements, which significantly expands the possibilities and methodological significance, by including transcriptions of terms and explanation of their correct pronunciation, as well as translations into foreign languages [Lisetskii, Solov'ev, 2002]. To automate the process of creating an electronic dictionary and reference book, a special form-template for universal use will be developed.

With the advent of computer technology, a new type of dictionary has emerged, called electronic dictionaries. These are dictionaries on a computer or other electronic device. Compared to traditional dictionaries, they have a number of obvious and significant advantages. Until recently, the only disadvantage has been localization and, consequently, strict binding to the computer, and the consequent limited availability. But the increasing pace of computerization and the development of network technology and mobile equipment (above all technology and communications) have eliminated it.

Dictionaries, as mere digital copies of traditional editions, have significant disadvantages and, above all, the main disadvantage is the obsolescence of traditional dictionaries [Coetzee et al., 2021]. Electronic dictionaries can be updated as quickly as necessary, especially when additional definitions of terms appear. Traditional dictionaries may contain errors and inaccuracies. In an electronic version, it is easy enough to make the necessary changes and corrections, including changing the structure of the dictionary entry. The advanced search system in them very easily overcomes the key contradiction of the traditional ones: the increasing complexity of the growth of information and the development of its scientific apparatus. An important advantage of electronic dictionaries is the availability of transcription and the possibility to pronounce the term with the correct verbal accent (with the help of a sound synthesizer or a voiceover by a speaker with a reference pronunciation) [Balalaieva, 2020; Mehriniso, 2021; Mokhiyakhon, 2021].

Results and discussion

In this regard, the project for the design, development, creation, implementation and use in the educational process of specialized terminological electronic interactive reference dictionaries in academic disciplines as a mandatory part of the curriculum for the master's program ("History, theory and methodology of cartography and geoinformatics", "Modern communication technologies", "Computer technologies in cartography", "Space and geoinformation technologies in sustainable development", "Modern problems of cartography", including the disciplines of the project module "GIS in atlas mapping" and "Project management in professional activities") and the part

formed by the participants in educational relations ("Automation in thematic cartography", "Geodesic support for sustainable development of territories", "Land resource mapping", "Regulatory and technical and legal framework for cartography and geoinformatics", "Sustainable development of geosystems and their management", including the discipline of the project module "Design, creation and operation of geoinformation systems", elective disciplines "GIS in cadastral systems", "Experience in the creation and use of GIS", "Adaptive information and educational technologies", "GIS in environmental geoinformation mapping", "Geoinformation mapping in territorial planning and design", "Geographical bases of environmental management", "Space monitoring of environmental management", a block of individual educational trajectories "Monitoring of landscape and geocological systems", "Forecasting the development of geotechnical systems", "Cadastral registration of real estate objects", "Planning and organization of land management and cadastral work", "Methods of environmental management", "Modern problems and methods of geographical science", "Geoinformation systems in tourism", "Multimedia and computer design in cartography", "Digital methods for processing and analyzing data from remote areas and optional disciplines "Web technologies" and "Modeling and spatial analysis by means of GIS"). Such reference dictionaries are oriented to the maximum extent to the use of the HTML hypertext markup language, the system of hypertext links, illustrative, cartographic materials and multimedia elements. Accordingly, the tasks that need to be solved to achieve it are the development of technology for creating electronic terminological dictionary-sourcebooks on the example of a specific academic discipline, as well as the development and creation, through practical software implementation, of a special template form of an electronic terminological reference dictionary, which allows automating the process of its formation. and promote the resulting innovative product as quickly as possible.

The created educational product should fully comply with the educational standards of the HEI and fit into the general concept of its development, primarily in the framework of:

- introduction of new learning technologies into the educational process, including the creation of a digital educational environment (modern digital educational technologies, electronic textbooks and teaching aids, etc.);

- improvement of teaching and methodological support of the educational process in order to enhance the quality of higher education: formation of modular programmers, ensuring the construction of flexible individual learning paths, introduction of credit-module system in basic vocational education programmers, providing remote support for all vocational education programmers;

- development of innovative approaches to the organization of educational process; development of methodological recommendations for the organization and implementation of innovative educational activities;

- development of educational programmers and technologies aimed at training, retraining and professional development of highly qualified specialists;

- expansion of Master's training in partnership with leading Russian and foreign universities, industrial enterprises, organizations and institutions of social sphere in order to integrate into the world scientific and educational space.

The experience of creating analogues of the proposed educational product in other universities (including foreign ones) is known. However:

- these are traditional thesauruses and dictionaries with minimal changes in terms of their adaptation to electronic form, without significant enhancement of their capabilities and methodological significance of illustrative, cartographic materials, multimedia elements;

- no experience in the development of a template-form that would largely automate the process of creating an electronic terminological dictionary has been identified;

- the methodological issues of using such educational products in the educational process are poorly covered.



The experience of creating analogues of the proposed educational product in other HEIs (including foreign ones) is known. However:

- there are traditional thesauri and dictionaries with minimal changes in terms of their adaptation to the electronic form, without significant enhancement of their capabilities and methodological significance of illustrative, cartographic materials, multimedia elements;
- no experience in the development of a template-form that would largely automate the process of creating an electronic terminological dictionary has been identified;
- the methodological issues of using such educational products in the educational process are poorly covered.

In the process of developing and creating an innovative educational product, it is planned to make maximum use of previously developed teaching and learning material. A series of completed coursework and final qualification papers on the relevant topic are of great importance. In addition, a complete list of terms used in the study of relevant courses has been compiled, and at least five definitions from different sources have been selected for each of them with their output data recorded. Partially selected multimedia material (illustrative and cartographic) is available, greatly enhancing the comprehension of the text traditionally used in glossaries (table).

Expected results of design, development, creation, implementation and use in the educational process of the electronic terminological dictionary-sourcebook

Ожидаемые результаты проектирования, разработки, создания, внедрения и использования в учебном процессе электронного терминологического словаря-справочника

Result	Indicator	Source of verification
Improved student learning outcomes	Quality of education and other student learning outcomes	Results of interim and final evaluations of students
Enhanced motivation of students	Percentage of students interested in learning the discipline	Results of surveys and questionnaires
Faster and better formation of the system of universal and specialized general professional and vocational competences of students	Speed and quality of formation of the system of universal and specialized general professional and vocational competences of students	Results of interim and final attestation of students
Sustainability and viability of the obtained project results	Duration (number of years) of operation and use of the dictionary in the educational process	Data from reports, surveys and questionnaires

The university has information system technologies, including geoinformation systems, computer classrooms with Internet access and electronic information educational environment [Электронная информационная ..., 2022], modern multimedia systems, projection equipment with multimedia projectors and presentation screens, which are widely used by all participants in the educational process. It is planned to modify the obtained product with the creation of a version available for mobile applications.

The creation and software implementation of an appropriate template form is required in order to enable a maximum degree of automation of the dictionary-record creation process.

The educational product is the electronic terminological dictionary-sourcebook with the largest number of concepts and terms used in the study of the relevant scientific field and/or academic discipline, the maximum use of hypertext technology (hypertext markup languages HTML and cascading styles CSS, hypertext links system) and multimedia elements [ГОСТ 7.25-2001; Starkov, Alekseeva, 2015; Teslenok, Chekurova, 2014; Teslenok et al., 2015]. Concepts and terms are placed in thematic sections and subsections at different levels, which provides a structured information in the dictionary.

Providing the possibility to use sub-section titles of different levels in combination with nested concepts to build word combinations is one of the main functions of fast text entry in the fields of screen forms. The combination of section titles and a nested term can form a complete semantic expression.

The information presented in the dictionary has a tree structure. Each element in a dictionary can be of one of two types - a section title with sub-levels and a term without additional sub-levels. The thematically most important (general) concepts are included in the upper-level section titles, and their sub-levels contain elements that develop and specify the meaning of the expression.

The structure of the electronic terminological dictionary-sourcebook is a set of vocabulary entries, the content of which corresponds thematically to the sections of a scientific field or an academic subject. Each entry corresponds to a specific field of the mapping form and contains a certain set of terms. The titles of the entries and the names of the fields are the same. This ensures navigation through the vocabulary when the vocabulary entries change from one field to another [Чепик, 2016].

The platforms for placing specialized terminological electronic interactive dictionaries on academic disciplines at the initial stage are the Electronic Information Educational Environment of the N.P. Ogarev National Research Mordovian State University [Электронная информационная..., 2022] and the website for teaching materials by S. A. Teslenok [Сайт учебно-методических..., 2022].

The terminological electronic dictionary, which is an information retrieval thesaurus, is developed within an automated information system, taking into account the rules of development, composition and presentation form, structure of the content regulated by the relevant standards [ГОСТ 7.24-2007; ГОСТ 7.25-2001; Arzamaseva, 2014].

The results, indicators and sources of validation (methods of verification) expected by the results of design, development, creation, implementation and use in the educational process of master's degree program 05.04.03 "Cartography and Geoinformatics" (profile "Geoinformation and cartographic support of sustainable development of territories") are presented in Table 1.

Conclusion

The hypertext technology underlying the educational product is widely used in educational systems, distance learning, Internet, database systems, etc., which emphasizes the relevance of the research.

The possibility to design, create and use own dictionaries in the process of undergraduate education can become an effective tool for developing students' universal and specialized socio-personal, general cultural, general scientific, professional and vocational competencies. The demand for such innovative developments on the part of higher education institution and educational community is determined by the need to increase students' motivation.

The use of this educational product in traditional education is possible in the presentation of new material, practical work, consolidation of the studied material, implementation of knowledge control, and independent work of students. The proposed educational product primarily provides an opportunity to use it in distance learning.

The use of the electronic terminological dictionary-sourcebook can enable students to effectively fill existing knowledge gaps on their own or, conversely, to deepen their knowledge in their field of interest. In addition, there are opportunities for its use in organizing and conducting research work and/or preparing Master's theses.

The acquired experience will allow applying the technology of designing, developing, creating, implementing and using in the educational process of specialized terminological electronic interactive dictionaries and reference books in other related subject areas, such as aerospace Earth studies; photogrammetry; land use planning, cadastre and land monitoring; geomorphology and paleogeography; physical geography, soil geography and landscape geochemistry; geocology; economic, social, political and recreational geography, etc.



The project is being implemented by the winner of the Master's program faculty grant competition of the Vladimir Potanin fellowship program.

References

- Alferina A.V., Teslenok S.A. 2019. GIS-Technology in Land Management: the Case of OOO Agrosoyuz-Krasnoe Seltso. Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences, 3(15): 71–82 (in Russian). DOI: 10.25587/SVFU.2019.15.37094
- Arzamasceva I.V. 2014. Terminosistemy v lingvisticheskom obespechenii proektnyh repozitoriev SAPR [Terminosystems in Linguistic Support of CAD Design Repositories]. Ulyanovsk, Publ. Ulyanovsk State Technical University, 209 p.
- Yeprintsev S.A., Chepelev O.A. 2008. Experience of Studying of GIS-Technologies within the Framework of Training Courses for Geoecology and Management of Nature Specialities. Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 2: 119–123 (in Russian).
- Kryshenko V.S., Golozubov O.M., Litvinov Yu.A. 2013. Teaching of Digital Mapping and GIS-Technology. Agrochemical Herald, 3: 002–005 (in Russian).
- Markova O.I., Tikunov V.S. 2022. New Technologies for Modern Geoinformatics. InterKarto. InterGIS, 28 (1): 5–34 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-5-34
- Starkov A.N., Alekseeva A.V. 2015. Razrabotka elektronnyh slovarej, tezaurusov i ontologij [Development of electronic dictionaries, thesauri and ontologies]. In: Studencheskiy nauchnyy forum [Student Scientific Forum]. Materials of VII International Student Scientific Conference, Saratov, 15 February – 31 March 2015. Saratov, Publ. Nauchno-izdatelskiy tsentr «Akademiya Estestvoznaniya»: 1–39.
- Teslenok K.S. 2014a. Vozmozhnosti geoinformacionnyh sistem v upravlenii innovatsiyami, resursami i prirodopol'zovaniem [Possibilities of Geoinformation Systems in Innovation, Resource and Nature Management]. Bulletin of the Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, 3: 135–138.
- Teslenok K.S. 2014b. Geoinformation mapping and modelling in land resources management of the Republic of Mordovia. InterKarto. InterGIS, 20: 284–293 (in Russian). DOI: 10.24057/2414-9179-2016-2-22-72-80
- Teslenok K.S. 2016. Geoinformation Technologies in the Land Resources Study in the Republic of Mordovia. Scientific review, 2: 1–11 (in Russian).
- Teslenok K.S., Teslenok S.A., Chekurova O.A. 2015. Digital Educational Resource "Landscapes of the Earth": An Experience of Mordovia Republic Coverage. Ogarev-online, 4(45): 6.
- Teslenok S.A., Teslenok K.S. 2015. GIS Technology and Remote Sensing in Resource Management and Nature Management of Agrarian and Industrial Complex. In: Problems and Prospects for the Development of Agroindustrial Production. Penza, Publ. Penza State Agrarian University: 166–181 (in Russian).
- Teslenok S.A., Chekurova O.A. 2014. Possibilities of Using a Template Blank for the "Landscapes of the Earth" Guidebook of the Information Source of Complex Structure "Electronic Geographic Constructor". Geography and Tourism, 28: 224–232 (in Russian).
- Chepik E.Yu. 2006. Komp'yuternaya leksikografiya kak odno iz napravlenij sovremennoj prikladnoj lingvistiki [Computer Lexicography as One of the Directions of Modern Applied Linguistics]. Uchenye zapiski Tavriyan National university. Philology, 19(58): 274–280.
- Yamashkin A.A., Yamashkin S.A. 2022. Synthesis and Dissemination of Spatial Data on Metageosystems for Information Support of Management Decisions. Regional Geosystems, 46(2): 241–253. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-2-241-253
- Amador-Cruz F., Figueroa-Rangel B.L., Olvera-Vargas M., Mendoza M.E. 2021. A Systematic Review on the Definition, Criteria, Indicators, Methods and Applications Behind the Ecological Value term. Ecological Indicators, 129: 107856. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107856
- Balalaieva O. 2020. From the History of the Development of Electronic Dictionaries: Foreign and Domestic Experience. Humanitarian Studios: Pedagogics, Psychology, Philosophy, 11(1): 006. DOI: 10.31548/hspedagog2020.01.006
- Coetzee S., Griffin A.L., Köbben B., Kubicek, P., Harvey, F., Varanka, D.E., Camboim S.P., Behr F.-J., Plews R., Moellering H., Midtbø T. 2021. Mapping in Words: Standardizing Cartographic Terminology, Abstracts of the International Cartographic Association, 3(54): 1–3. DOI: 10.5194/ica-abs-3-54-2021

- Gunia G. 2021. On the Development of a Dictionary-Reference Book of Terms and Definitions of the Fundamentals of Ecology. In: Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation. Materials of the International Scientific Conference, Tbilisi, 20–22 December 2021. Tbilisi, Publ. Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University: 113–116.
- Frančula N., Lapaine M. 2022. New Cartographic Terms. *Cartography and Geoinformation*, 21(37): 74–81. DOI: doi.org/10.32909/kg
- Lim J., Nitta N., Nakamura N., Babaguchi, N. 2019. Constructing Geographic Dictionary from Streaming Geotagged Tweets. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5): 216. DOI: 10.3390/ijgi8050216
- Mehriniso R. 2021. Electronic Dictionary Lexicorage Development as a New Stage. *Scientific progress*, 2(7): 789–794.
- Mokhiyakhon U. 2021. General Principles of Creating Electronic Dictionaries. *Academic research in educational sciences*, 2(8): 171–178. DOI: 10.24412/2181-1385-2021-8-171-177

Список литературы

- Алферина А.В., Тесленок С.А. 2019. ГИС-технологии в управлении земельными ресурсами (на примере ООО «Агросоюз – Красное Сельцо»). *Вестник Северо-Восточного Федерального Университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле*, 3(15): 71–82. DOI: 10.25587/SVVFU.2019.15.37094
- Арзамасцева И.В. 2014. Терминосистемы в лингвистическом обеспечении проектных репозиторий САПР. Ульяновск, Ульяновский государственный технический университет, 209 с.
- Епринцев С.А., Чепелев О.А. 2008. Опыт изучения ГИС-технологий в рамках учебных курсов специальностей геоэкология и природопользование. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2: 119–123.
- Крыщенко В.С., Голозубов О.М., Литвинов Ю.А. 2013. Обучение цифровой картографии и ГИС-технологиям. *Агрехимический вестник*, 3: 002–005.
- Маркова О.И., Тикунов В.С. 2022. Новые технологии для современной геоинформатики. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 28(1): 5–34. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-5-34
- Старков А.Н., Алексеева А.В. 2015. Разработка электронных словарей, тезаурусов и онтологий. В кн.: Студенческий научный форум. Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Саратов, 15 февраля – 31 марта 2015. Саратов, Научно-издательский центр «Академия Естествознания»: 1–39.
- Тесленок К.С. 2014а. Возможности геоинформационных систем в управлении инновациями, ресурсами и природопользованием. *Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли*, 3: 135–138.
- Тесленок К.С. 2014b. Геоинформационное картографирование и моделирование в управлении земельными ресурсами Республики Мордовия. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 20: 284–293. DOI: 10.24057/2414-9179-2016-2-22-72-80
- Тесленок К.С. 2016. Геоинформационные технологии в изучении земельных ресурсов Республики Мордовия. *Научное обозрение*, 2: 1–11.
- Тесленок К.С., Тесленок С.А., Чекурова О.А. 2015. Использование возможностей цифрового образовательного ресурса «Справочник «Ландшафты Земли» для создания региональной части по Республике Мордовия. *Огарев-online*, 4(45): 6.
- Тесленок С.А., Тесленок К.С. 2015. ГИС и ДЗЗ технологии в управлении ресурсами и природопользовании агропромышленного комплекса. В кн.: Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. Пенза, Пензенский государственный аграрный университет: 166–181.
- Тесленок С.А., Чекурова О.А. 2014. Возможности использования заготовки-шаблона для справочника «Ландшафты Земли» информационного источника сложной структуры «Электронный географический конструктор». *География и туризм*, 28: 224–232.
- Чепик Е.Ю. 2006. Компьютерная лексикография как одно из направлений современной прикладной лингвистики. *Ученые записки Таврического национального университета. Филология*, 19(58): 274–80.



- Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. 2022. Синтез и распространение пространственных данных о метагео-системах для информационной поддержки управленческих решений. Региональные геосистемы, 46(2): 241–253. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-2-241-253
- Amador-Cruz F., Figueroa-Rangel B.L., Olvera-Vargas M., Mendoza M.E. 2021. A Systematic Review on the Definition, Criteria, Indicators, Methods and Applications Behind the Ecological Value term. Ecological Indicators, 129: 107856. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107856
- Balalaieva O. 2020. From the History of the Development of Electronic Dictionaries: Foreign and Domestic Experience. Humanitarian Studios: Pedagogics, Psychology, Philosophy, 11(1): 006. DOI: 10.31548/hspedagog2020.01.006
- Coetzee S., Griffin A.L., Köbben B., Kubicek, P., Harvey, F., Varanka, D.E., Camboim S.P., Behr F.-J., Plews R., Moellering H., Midtbø T. 2021. Mapping in Words: Standardizing Cartographic Terminology, Abstracts of the International Cartographic Association, 3(54): 1–3. DOI: 10.5194/ica-abs-3-54-2021
- Gunia G. 2021. On the Development of a Dictionary-Reference Book of Terms and Definitions of the Fundamentals of Ecology. In: Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation. Materials of the International Scientific Conference, Tbilisi, 20–22 December 2021. Tbilisi, Publ. Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University: 113–116.
- Frančula N., Lapaine M. 2022. New Cartographic Terms. Cartography and Geoinformation, 21(37): 74–81. DOI: doi.org/10.32909/kg
- Lim J., Nitta N., Nakamura N., Babaguchi, N. 2019. Constructing Geographic Dictionary from Streaming Geotagged Tweets. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(5): 216. DOI: 10.3390/ijgi8050216
- Mehriniso R. 2021. Electronic Dictionary Lexicorage Development as a New Stage. Scientific progress, 2(7): 789–794.
- Mokhiyakhon U. 2021. General Principles of Creating Electronic Dictionaries. Academic research in educational sciences, 2(8): 171–178. DOI: 10.24412/2181-1385-2021-8-171-177

Список источников

- ГОСТ 7.24-2007. 2010. Стандарты по информации, библиографии, библиотечному и издательскому делу. Тезаурус информационно-поисковый многоязычный. Состав, структура и основные требования к построению. М., Стандартинформ, 12 с.
- ГОСТ 7.25-2001. 2001. Стандарты по информации, библиографии, библиотечному и издательскому делу. Тезаурус информационно-поисковый одноязычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления. М.: ИПК Издательство стандартов, 19 с.
- ГОСТ 7.0.83-2012. 2005. Стандарты по информации, библиографии, библиотечному и издательскому делу. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения. М., Стандартинформ, 21 с.
- Кошкарев А.В. 2000. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения. М., ИГЕМ РАН, 76 с.
- Лисецкий Ф.Н., Соловьев А.Б. 2002. Английский язык для природопользователей (English for nature managers). Белгород, Белгородский государственный университет, 52 с.
- Сайт учебно-методических материалов к. г. н., доцента кафедры геодезии, картографии и геоинформатики Института геоинформационных технологий и географии Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева С.А. Тесленка. Электронный ресурс. URL: <https://teslenok.ucoz.ru/> (дата обращения: 4 декабря 2022).
- Электронная информационная образовательная среда Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева. Электронный ресурс. URL: <https://p.mrsu.ru/?ysclid=lb9iw5hujo241547385> (дата обращения: 4 декабря 2022).

Received December 16, 2022;
Revised January 14, 2023;
Accepted January 23, 2023

Поступила в редакцию 16.12.2022;
поступила после рецензирования 14.01.2023;
принята к публикации 23.01.2023

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

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тесленок Сергей Адамович, кандидат географических наук, доцент кафедры геодезии, картографии и геоинформатики, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

Муштайкин Антон Павлович, аспирант 2 года обучения направления «Науки о Земле», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergei A. Teslenok, PhD of Geography, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

Anton P. Mushtaikin, postgraduate student of the 2nd year of study in the direction of «Earth Sciences», National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia



УДК 913.1:581.55 (470.22)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Изменения породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход

Вампилова Л.Б., Сикан А.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Россия, 195196 Санкт-Петербург, просп. Малоохтинский, 98
E-mail: histgeolbv67@gmail.com; sikan07@yandex.ru

Аннотация. Актуальность изучения динамики породного состава лесов Карельского региона связана с масштабными антропогенными преобразованиями за историческое время. Новизна исследования заключается в создании новой методики историко-геоэкологической направленности с использованием ГИС-технологий посредством ретроспективного анализа. Количественный анализ модификации породного состава лесов Карелии за историческое время с целью идентификации антропогенного и природного (климатического) фактора проведен впервые. Получены количественные оценки масштабов преобразования человеком лесных ландшафтов за прошедшие 1500 лет и последнее столетие. Анализ выполнен посредством наложения схемы историко-географического районирования Карелии на имеющиеся разновременные карты растительности. Современные карты растительности опытных полигонов созданы на основе космических снимков. Для установления причин изменения состава лесов проведены экспедиционные исследования и анализ изменения климатических параметров. Значительные трансформации породного состава лесов установлены для Обонежской провинции, где площадь ельников к концу XX в. сократилась с 66 % до 33 %. Обнаружено, что в пределах Поморской провинции еловые леса были замещены сосняками в процессе многовековой хозяйственной деятельности и под влиянием изменений климата.

Ключевые слова: историко-географическое районирование, изменение породного состава лесов, историко-географические срезы, диахронический метод, ГИС-технологии, интегральная кривая температур воздуха

Для цитирования: Вампилова Л.Б., Сикан А.В. 2023. Изменения породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход. Региональные геосистемы, 47(1): 126–144. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Changes in the Species Composition of Karelian Forests: A Historical and Geoecological Approach

Lyudmila B. Vampilova, Aleksandr V. Sikan

Russian State Hydrometeorological University,
98 Malookhtinsky Pr., St. Petersburg 195196, Russia
E-mail: histgeolbv67@gmail.com, sikan07@yandex.ru

Abstract. The relevance of studying changes in the species composition of forests in the Karelian region over historical time is associated with large-scale anthropogenic transformations of this component of the landscape: initially logging for the production of charcoal (iron-making), salt making, shipbuilding, logging for sawmills and exports, housing construction, providing the population with firewood, pulp and paper production, etc. The novelty of the research lies in the creation of a new methodology of historical and geoecological orientation using GIS technologies, through retrospective analysis. The quantitative analysis of the modification of the species composition of Karelian forests for the historical time was carried out for

the first time. The research was carried out for a long time, in stages: 1) a scheme of historical and geographical zoning (GAMES) of Karelia has been created for a time slice of the XX–XXI century.; 2) maps of vegetation cover were used: restored vegetation (for a slice of more than 1000 l. n.), a map of vegetation cover 50 years ago; a map of modern vegetation for a part of the Onega Lake basin was compiled using satellite images of 2018 – the scheme of the GAMES is superimposed on the listed vegetation maps. Quantitative data on changes in the areas of forest species composition were obtained by means of a retrospective analysis. Stage II: large-scale surveys were carried out within the two provinces of Pomorskaya and Obonezhskaya, within the latter before the beginning of development there was the largest area of spruce forests (66 %), by the end of the XX century there was a decrease in the area of spruce forests (from 66 to 33 %). For the northern Pomorskaya, the change in the species composition of the forest over the past 100 years was studied, a geobotanical map with an area of 700 sq. km, compiled in 1925, was used as a basis. Vegetation maps for 1954 and 2018 were compiled for the specified area to identify the causes of changes in the composition of forests, the latter according to satellite images. To determine the causes of changes in the composition of forests, expedition studies and analysis of changes in climatic parameters were carried out. There is a high spatial correlation for the series of average annual air temperatures, which have a significant upward trend for all weather stations. It was found that the average annual temperature is 1.3 °C higher than in the last 32 years. The described aspects of the economic use of forest resources indicate the significant role of the anthropogenic factor in changing the species composition of Karelian forests with the unchanged role of the climatic factor

Keywords: historical and geographical zoning, change in the species composition of forests, historical and geographical sections, diachronic method, GIS technologies

For citation: Vampilova L.B., Sikan A.V. 2023. Changing the Species Composition of Karelian Forests: A Historical and Geocological Approach. *Regional Geosystems*, 47(1): 126–144. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Введение

Объектом исследования выбран породный состав лесов Карельской цокольной озерно-таежной равнины. В современной Карелии лесами заняты 52 % площади, а 150 лет назад в Олонецкой губернии, примерно на такой же площади, леса занимали 71 % территории. Антропогенные воздействия, повлиявшие на трансформацию лесных ландшафтов восточной части Фенноскандии, получили освещение в многочисленных публикациях отечественных исследователей [Воронцов, 1978; Волков, 2008; Громцев, 2008; 2019; Громцев, Петров, 2016], рассматривающих современное состояние лесов, их автогенную и антропогенную динамику. Часть публикаций посвящены сценариям хозяйственного освоения, общим положениям ландшафтной концепции структурной организации лесного покрова, методическим основам ландшафтно-экологического планирования лесопользования [Раменская, Шубин, 1975; Чендев, 1997; Лисецкий, Голусов, 2011; Соколова, 2011; Леса и их многоцелевое ..., 2015; Громцев, Петров, 2016; Горнов, 2018; Громцев, 2019]. Многовековая систематическая эксплуатация лесов и ее следствия (вырубки, гари, погибшие древостои) приводят к созданию монокультуры ели или сосны, кроме того часто формируются мелколиственные леса с доминированием березы или осины [Гримальский и др., 1981; Чернякова, 1998; Восточноевропейские леса ..., 2004; Коротков, 2016, 2017]. Эти процессы способствуют снижению биоразнообразия, вспышкам размножения патогенных микроорганизмов, уменьшению плодородия лесных почв, понижают водоохранные функции лесов. В публикациях зарубежных авторов наиболее популярной среди изучения геоэкологических проблем лесной растительности является разработка пространственной модели нарушенных лесных ландшафтов, где нечасто учитываются модели временного различия, объясняющие причины изменения уязвимости лесов [Vauhus et al., 2010; Gamfeldt et al., 2013;



Scherer-Lorenzen, 2014; и др.]. Нарушенные лесные экосистемы утрачивают многие из экосистемных функций: производство биомассы и круговорот питательных веществ, что сказывается на снижении потенциала (богатстве) лесных ресурсов для человека.

Антропогенные модификации породного состава лесов с использованием историко-геоэкологических подходов к исследованию проблем лесных ландшафтов невозможно отделить от пространственно-временных состояний лесов, климатического фактора и межгодовой продуктивности ландшафтов [Сикан, 2007; Лисецкий, 2008; Лисецкий, Митряйкина, 2012; Вампилова, 2017; Vampilova, 2020]. Историко-геоэкологические аспекты изменения состава лесов важны для оценки ресурсного потенциала [Соколова, 2011; Громцев, Петров, 2016; Громцев, 2019; Вампилова, Евдокимова, 2021; Vampilova, 2021]. Проблемы лесопользования и лесовосстановления связаны с продуктивностью лесов, сохранением ценных природных территорий, оценкой их репрезентативности, требуют применения историко-геоэкологического подхода с использованием ГИС-технологий [Елина и др., 2000; Вампилова, 2017; Коротков, 2017; Manakov et al., 2021], особенно при изучении нестабильности структуры лесных ландшафтов [Восточноевропейские леса ..., 2004; Чендев, Петин, 2006; Волков, 2008; Горнов, 2018; и др.]. Для оценки актуального состояния лесных сообществ, их первичной продукции, возможности лесов по секвестрации углерода успешно используют многозональные космические снимки, что находит отражение в работах как отечественных, так и зарубежных ученых [Березин, 2020; Мелкий и др., 2020; Терехин, 2020; Illarionova et al., 2022; Шинкаренко и др., 2022; Baldo et al., 2023; Rao et al., 2023].

Пространственно-временное исследование с использованием историко-географического районирования региона для оценки ретроспективного анализа изменений породного состава лесной растительности впервые было предпринято в работах [Vampilova, Manakov, 2013; Вампилова, Соколова, 2020]. Использование ГИС-технологий в границах историко-географических провинций позволяет выявить последствия исторического природопользования – от прошлого к современности, согласно этапам освоения и специфике формирования современной ландшафтной структуры лесов [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020].

Цель исследования – получить количественные данные о масштабах преобразования человеком лесных ландшафтов, в частности, об изменении породного состава лесов, на основании картографических материалов по трем временным срезам – около 1500 лет назад, 50 лет назад и на современном этапе (2018 г.), с использованием геоинформационных технологий.

Объекты и методы исследования

Авторская методика исследования антропогенных изменений лесного покрова за историческое время осуществляется посредством наложения схемы историко-географического районирования на имеющиеся разновременные карты растительности. Важно выявить роль антропогенного фактора в изменении породного состава лесов Карелии и установить роль климатического фактора в процессе преобразования породного состава лесов. Сущность предлагаемой методики сводится к ретроспективному анализу изменения растительного покрова, проявляющемуся в трансформации количественных показателей площадей разного породного состава за время хозяйственного использования лесных ландшафтов. Причина смены породного состава лесов Карельского региона обусловлена следующими обстоятельствами в прошлом: вырубками для производства древесного угля (железодобывающего промысла) [Тарасов, 2017], солеварения [Кликачева, 2016], судостроения, промышленной вырубки лесов для экспорта, работы лесопильных заводов [История Карелии ..., 2001], жилищного строительства, обеспечения населения дровами, целлюлозно-бумажного производства и др.

Наряду с исследованием породного состава лесов, сформировавшегося на протяжении исторического времени, нами также был изучен породный состав лесов в пределах Поморской

провинции, образовавшийся за последние 100 лет. В качестве ключевого участка использован полигон площадью 700 км², на который составлена геоботаническая карта в 1925 году [Маляревский, 1925]. Материалы геоботанического картографирования почти столетней давности послужили основой для составления геоботанических карт, дополнительно к 1925 году, еще и на 1954, а затем 2018 год. [Vampilova, 2021], где на схемах прослеживается изменение породного состава лесов в связи с видами хозяйственной деятельности (вырубкой лесов, осушением болот). Для уточнения современных процессов, происходящих в лесах под влиянием антропогенного фактора, были предприняты геоботанические экспедиционные исследования, которые показали сокращение площади еловых лесов за последние сто лет.

Для выполнения исследования использованы методы: историко-географических срезов, ретроспективный, диахронический, картографический, сравнительный. Количественные данные по изменению породного состава лесов на каждом временном срезе получены с использованием ГИС-технологий. Исследование проведено на уровне провинций, в пределах Карелии их выделено шесть [Вампилова, 2008]. В статье приводится полученная информация по Поморской и Обонежской провинциям. Картограмма историко-географического районирования Карелии составлена на временной срез, приближенный к современности. Схема использована для разработки методики ретроспективной геоэкологической оценки лесов по единицам историко-географического районирования.

Диахронический метод представляет собой сочетание историко-географических срезов и определения общих тенденций развития географического объекта за историческое время. При его выполнении необходимо придерживаться определенных принципов: во-первых, важно обеспечить сопоставимость результатов; во-вторых, правильно выявлять ведущие взаимосвязи (природа–население–хозяйство); в-третьих, необходимо подтверждение преемственности в природопользовании; в-четвертых, устанавливать основные этапы развития объектов, изучать географические циклы освоения.

Методика ретроспективного анализа изучения пространственно-временных изменений растительного покрова региона сводится к получению количественных сведений об изменении площадей лесов, болот, сельскохозяйственных угодий в результате природных процессов и хозяйственного использования ландшафтов Карелии по историко-географическим провинциям с использованием ГИС-технологий. Изменение лесных ландшафтов фиксируется по временным срезам, на которые имеются карты растительности.

Карта современной растительности историко-географической провинции Обонежье на 2013 год составлена с использованием разных материалов: основными источниками информации при создании карты растительных сообществ послужили карты растительности Карелии масштаба 1:2000000, топографические карты масштабов 1:50000–1:200000, космические снимки *Landsat-TM* пространственного разрешения 30 м. На исследуемую территорию были использованы четыре космических снимка (КС) за летний период с июля 2013 года по июль 2018 года. Работы по дешифрированию КС и последующему оформлению карты производились с использованием программных комплексов *Erdas Imagine 8.0* и *ArcGIS 10*. Для облегчения распознавания выделов растительных сообществ создавались две цветовые комбинации каналов снимков [Вампилова, 2017]. В итоге было определено 16 выделов растительных сообществ, достоверность дешифрирования составила 85 %. Анализ изменения растительного покрова во времени целесообразно проводить по историко-географическим единицам районирования, поскольку на примере этих регионов легче объяснить пространственные изменения, произошедшие за историческое время. Применение ГИС-технологий позволило получить количественные данные по изменению породного состава – доминирующего и субдоминирующего типов леса посредством наложения схемы историко-географического районирования на каждую из трех разновременных карт растительности и представить результаты в виде столбчатых диаграмм.



Для анализа изменений климата использовали данные по четырем метеорологическим станциям (МС): Кемь-порт, Паданы, Петрозаводск и Вытегра из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [Специализированные массивы ..., 2022]. Анализировали ряды годовых и месячных данных об осадках и температуре воздуха.

Для проверки рядов метеорологических элементов на однородность и стационарность применяли критерии Стьюдента, Фишера и критерий значимости выборочного коэффициента корреляции для хронологических последовательностей [Закс, Лотар, 1976; Сикан, 2007; Методические рекомендации ..., 2010; Guide to Climatological ..., 2018]. Проверку проводили при уровне значимости $2\alpha = 5\%$. Для выявления временных рубежей в изменении климатических условий строили и анализировали графики суммарных и разностных интегральных кривых [Методические рекомендации ..., 2010].

Результаты и их обсуждение

Ретроспективный анализ изменения породного состава лесов, как одного из самых динамичных компонентов ландшафта, осуществлялся посредством научных изысканий, связанных с категорией времени и определением роли хронологических исследований для оценки факторов смены состава древесного яруса за историческое время.

Результатом исследования служит создание новой методики историко-геоэкологической направленности с использованием ГИС-технологий. Осуществленное исследование включает несколько этапов:

1) схема историко-географического районирования Карельского региона используется для оценки породного состава лесов по историко-географическим провинциям;

2) подобраны разновременные карты растительного покрова: восстановленной растительности (на хроносрез около 1500 л. н.) [Елина и др., 2000]; карта растительного покрова 50-летней давности (1970–1980-х гг.) [Атлас Карельской АССР, 1989]; составлена карта современной растительности на часть бассейна Онежского озера посредством дешифрирования космических снимков 2013–2015 гг. [Вампилова, 2017];

3) схема историко-географического районирования наложена на перечисленные карты растительности, что с применением ГИС-технологий позволило определить характер распространения породного состава лесов на определенный хроносрез и представить результаты в виде столбчатых диаграмм для каждой историко-географической провинции и ее составных частей;

4) анализ диаграмм изменения породного состава растительности по провинциям и районам позволил оценить количественно размер утраты площади хвойных лесов за историческое время.

Результаты указанных исследований и картографические материалы представлены в публикациях [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020]. Историко-геоэкологический срез – анализ объекта по определенным временным периодам. При его выполнении необходимо придерживаться определенных принципов, а именно: должна иметь место синхронность анализа всего исходного материала, выявление взаимосвязей между природой, населением и хозяйством, присущих данному временному периоду; территориальная целостность единиц, в которых выполняется срез и установление четких временных границ. Анализ изменения растительного покрова по историко-географическим единицам Карелии за три временных среза показал, что в каждой историко-географической провинции в зависимости от давности освоения, длительности, специфики и интенсивности хозяйственного использования изменения растительных сообществ имеют свои особенности. Например, в Обонежской провинции расчет площадей, кроме двух срезов, произведен дополнительно и на хроносрез, приближенный к современности (рис. 1).

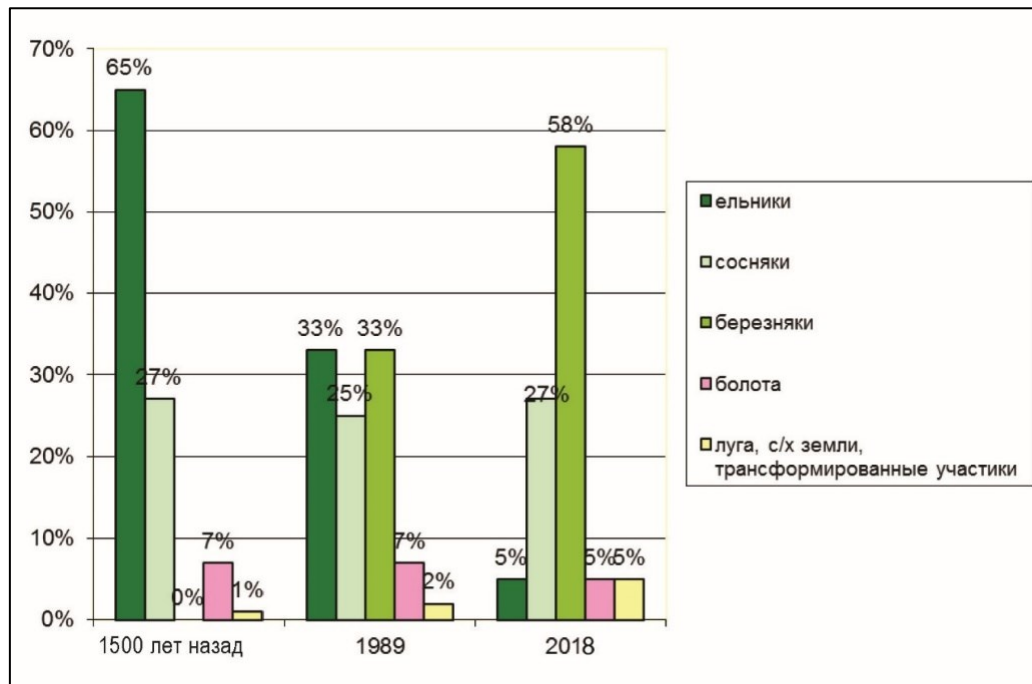


Рис. 1. Динамика растительного покрова
Обонежской историко-географической провинции Карелии
Fig. 1. Dynamics of vegetation cover
of the Obonezhskaya historical and geographical province of Karelia

В Обонежской провинции нами выделены три историко-географических района и девять подрайонов. Максимальному преобразованию подверглись все лесные ландшафты историко-географических подрайонов Обонежья, в которых велись неоднократные лесозаготовки, начиная с XVII в., а наиболее интенсивные с 1950-х годов XX в. В большинстве подрайонов западной, наиболее освоенной части Обонежья, площади хвойных лесов, в частности, коренных сообществ – ельников, сократились до 1–2 % – в Великогубском, Петрозаводском, Вепском, Челмужском; полностью истреблены – Кондопожском, Шуйском. В восточной части Обонежской провинции ельники сохранились на больших площадях (7–15 %) в Шальском, Водлозерском, Колодозерском подрайонах.

Итогом второго этапа исследования по изменению растительного покрова стали результаты изысканий, проведенных на ключевом участке площадью около 700 км² (между долинами рек Кемь и Выг), в пределах Поморской провинции. Исходным картографическим материалом для проведения исследований послужили схемы растительности, составленные за шесть лет до начала строительства Беломоро-Балтийского канала (ББК) – схематическая геоботаническая карта Шуерецко-Сорокской лесной дачи Кемского уезда АКССР. Промежуток времени от оценки растительности 1925 года до современности составил почти 100 лет. На этот участок одним из авторов составлены карты растительности на два среза – 1954 и 2018 гг. и опубликованы с легендами [Вампилова, 2017; Vampilova, 2021]. Цель исследования состояла в том, чтобы определить различия во влиянии природного и антропогенного факторов на изменение растительного покрова исследуемого участка современности, расположенного в непосредственной близости к ББК (табл. 1).

Результаты геоботанического исследования показали, что в пределах ключевого участка коренными являлись еловые леса. На временной срез 1925 года лесопокрытая площадь составляла 35 % территории ключевого участка. Среди лесных комплексов преобладали хвойные – 90,28 % лесопокрытой площади: ельниками было занято – 47,99 %, а сосняками – 42,29 %. В структуре еловых лесов доминирующими были заболоченные ельники – 44,85 %, в том числе с примесью березы и сосны – 15,25 %; субдоминантами служили приречные ельники – 28,8 %.

Таблица 1
Table 1

Антропогенизация растительного покрова Поморской провинции за столетие (1925–2018)
[Вампилова, 2017; Vampilova, 2020; 2021]
Anthropogenization of the vegetation cover of the Pomeranian Province over a century (1925–2018)
[Vampilova, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Растительность	Изменение площадей типов растительности по временным срезам, %		
	1925 г.	1954 г.	2018 г.
Сосняки	14,8	6,5	17,2
Ельники	16,8	32,7	15,3
Мелколиственные	3,4	11,0	4,7
Морские луга	1,2	2,2	1,3
Луга из под леса (тереба)	0,7	0,2	1,0
Болота	63,1	47,4	60,5

Все леса практически не имели следов хозяйственной деятельности, за исключением расположенных поблизости пунктов – г. Беломорска и деревни Шуерецкой, упоминаемой в исторических документах с XVII в. В окрестностях села к 1925 году сформировались вторичные лесные комплексы с мелколиственными лесами, с участками гарей (0,43 %) и вырубок (0,25 %), среди которых встречались луговые участки на месте лесов – тереба (2,08 % в отношении к лесопокрытой площади). В пределах ключевого участка вдоль побережья Белого моря распространены морские засоленные луга – 1,1 % площади ключевого участка. Данные табл. 1 послужили основой для построения диаграмм (рис. 2).



Рис. 2. Диаграммы изменения типов растительности полигона исследования по трем временным срезам – 1925, 1954, 2018 гг. [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Fig. 2. Diagrams of changes in vegetation types of the study site by three time slices – 1925, 1954, 2018 [Vampilova, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Во время строительства ББК (1931–1933 гг.) создавались водохранилища, которые, еще не будучи соединенными в общую систему каналов, образовывали условия для переувлажнения, подтопления и последующего заболачивания окружающих территорий [Третий год ..., 1927]. Значительную роль в заболачивании западной части ключевого участка сыграло строительство железной дороги (участок от Беломорска до долины реки Шуи), что

фактически перекрыло естественный сток в Белое море. Для борьбы с процессами заболачивания в 30–40 гг. прошлого столетия было проведено масштабное осушение территории, двух участков: юго-западного (водораздел рек Хонгая и Шуя) и центральной части Беломорского побережья к западу от линии железной дороги.

Описание растительности того же ключевого участка было повторено в 1954 году (спустя 29 лет после первого обследования и по прошествии 21 года после строительства ББК). По результатам дешифрирования материалов аэрофотосъемки и анализа топографических карт М 1:100 000 выявлено, что на 1954 год болотами было занято 47,4 % территории, что на 15,7 % меньше, чем в 1925 году из-за масштабного осушения после строительства ББК как меры борьбы с интенсивным заболачиванием. В связи с осушением в структуре болот также произошли изменения: уменьшилась доля верховых сфагновых на 32 % и увеличилась доля переходных и низинных суммарно почти на 6 %. Распространены преимущественно сфагновые, грядово-мочажинные – 65,94 %, и травяно-сфагновые, переходные, местами с сосной и березой – 27,26 %, низинные травяные и мохово-травяные болота – 6,8 %. Как следствие мелиоративных мероприятий изменения произошли и в структуре лесов. В целом лесопокрытая площадь увеличилась на 15 %: на 1954 год лесами занято 50,16 % территории ключевого участка, в том числе хвойными 39,1 % и 11,06 % мелколиственными. Главную роль в увеличении лесопокрытой площади сыграли еловые леса: их площадь увеличилась на 15,9 % относительно 1925 года.

Карты двух последующих срезов (1954 и 2018 гг.) составлены по материалам аэро- и космоснимков. Результаты картографирования показали три уровня заболоченности, связанные с событиями хозяйственной деятельности: до строительства ББК заболоченность составляла 63,3 %. Создание мелиоративных систем для защиты железнодорожного полотна способствовало сокращению площади болот до 47,4 %. После окончания срока действия мелиоративных систем заболоченность ключевого участка составила 60,5 %, т. е. вернулась к первоначальному состоянию. Увеличение площади заболачивания обусловлено влиянием антропогенного фактора. Это позволило проследить влияние длительности антропогенного воздействия на процессы дифференциации и динамические тенденции болотных и лесных геосистем [Соколова, 2011].

Сравнительный анализ полученных сведений с ситуацией на карте 1925 года позволил выявить модификации растительного покрова спустя 29 лет после строительства ББК (схема 1954 года), когда были проведены мелиоративные системы с целью осушения. Реакция древесного яруса и болотных ландшафтов на антропогенное воздействие проявилась незамедлительно. Третий срез с оценкой породного состава лесов проведен по космическим снимкам 2018 года. Результаты показали, что если первоначально наметилась тенденция восстановления хвойных лесов и сокращение болот, то, судя по схеме 2018 года, площади заболачивания увеличивались и ландшафт возвратился к первоначальным условиям переувлажнения по причине прекращения действия процесса осушения.

Третий этап включает натурные полевые исследования в пределах среднего течения р. Шуи, которые проводили в Поморской провинции летом 2021 года, и базируется на предварительном анализе современных лесотаксационных материалов и геоинформационных данных. Выявление современной структуры растительного покрова на ключевых участках дает возможность выявления основных закономерностей современного состояния лесных экосистем Карельского Поморья, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами.

Степень детализации при ретроспективном анализе задается детализированной картой 1925 года. Мы имеем возможность оценить пространственно-временную динамику растительного покрова и соответствующих природно-хозяйственных экосистем тестового полигона почти за сто лет. Для исследования нами были выбраны три ключевых участка: один из них (третий) – остров Шуйостров, который в настоящее время практически не используется в хозяйственной деятельности и значительных следов современного антропогенного воздействия здесь не зафиксировано (рис. 3).

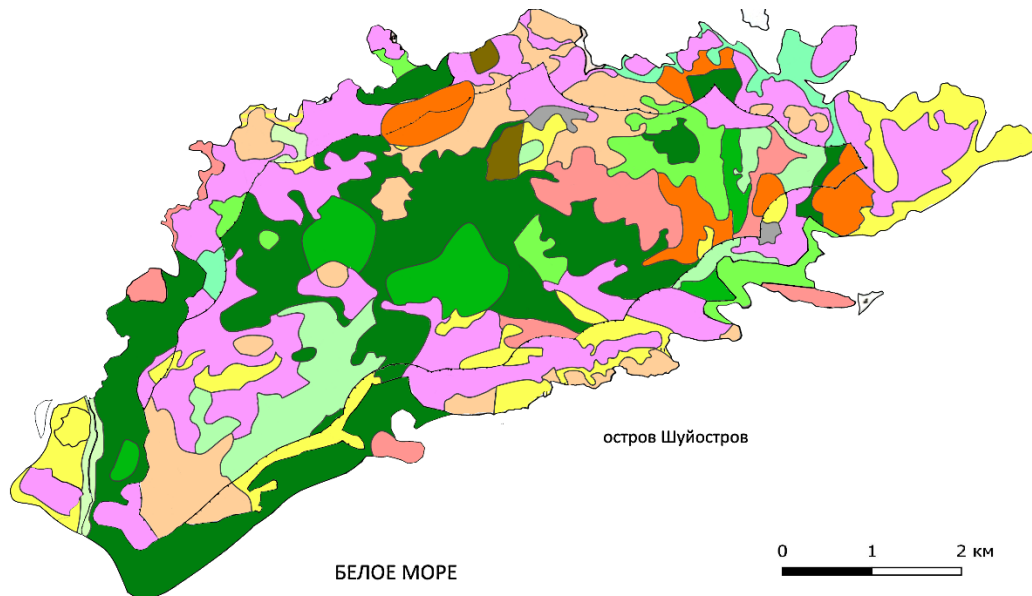
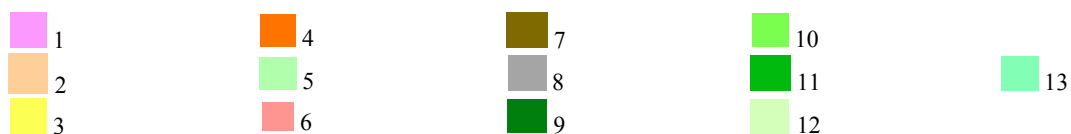


Рис. 3. Карта растительности ключевого участка о. Шуйостров
Fig. 3. Vegetation map of the key area of Shuiostrov Island

Условные обозначения:



Легенда к ключевому участку:

1. Ельник черничник, ельник приречевой, ельник сфагновый; 2. Сосняк черничник, сосняк брусничник; 3. Сосняк лишайниковый; 4. Сосняк сфагновый; 5. Мелколиственные леса травяные и мелколиственные заболоченные; 6. Хвойные с примесью мелколиственных травяно-кустарничковые; 7. Вырубки на месте хвойных лесов; 8. Гари на месте хвойных лесов; 9. Болото сфагновое; 10. Болото переходное с мочажинами и сосной; 11. Болото грядово-мочажинное; 12. Послесельные луга (тереба), осушенные; 13. Приморские (приливно-отливные) луга засоленные.

Следы прошлого природопользования – осушенные луга-тереба получили фрагментарное отражение. Сенокосы, некогда используемые местным населением, в настоящее время заброшены и частично заросли древесно-кустарниковой растительностью, прослеживаются следы осушения. Дешифрируются места выборочной рубки хвойных, активно заросшие мелколистственным лесом. Карта растительности острова Шуйостров (третий ключевой участок) использована как эталон малонарушенного островного ландшафта, где отсутствуют негативные последствия хозяйственной деятельности. Для небольшой территории наличие 13 растительных формаций (5–6 шт. на км²) свидетельствует о разнообразии ландшафтных условий.

Наряду с островной территорией нами была выбрана часть долины реки Уды в качестве первого ключевого участка Удинского, пространственная структура которого имеет очень ограниченный набор лесных формаций. Второй ключевой участок Придорожный. Удобство транспортной сети обеспечило наличие здесь таких хозяйственных объектов, как песчаный и каменный карьеры. Структура современной растительности ключевых участков Удинского, Придорожного и Шуйострова показана на рис. 4.

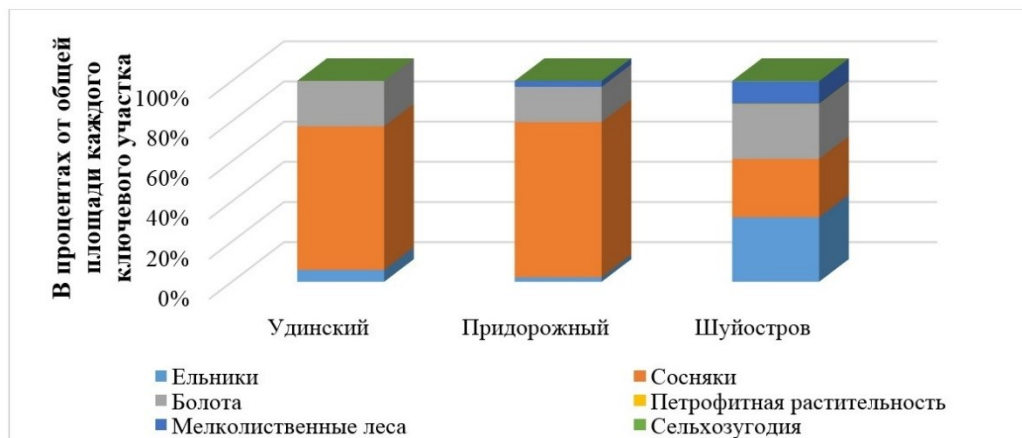


Рис. 4. Пространственная структура современной растительности ключевых участков Прибеломорской низменности

Fig. 4. Spatial structure of modern vegetation of key sites of the White Sea lowland

На Удинском и Придорожном участках соотношение основных типов растительности очень близкое и отличается от такового на участке Шуйостров. Первые два участка полностью вовлечены в лесохозяйственную сферу деятельности, тогда как Шуйостров в настоящее время практически исключен из хозяйственной деятельности. Причина различия пространственной структуры растительности между фрагментами на материке и острове связана с антропогенным воздействием. В настоящее время площади ключевых участков (за исключением Шуйострова) используются в лесном хозяйстве, частично сдаются в аренду различным пользователям под надзором специалистов лесного хозяйства. Все пригодные для выращивания леса территории используются под культуру сосны (*Pinus sylvestris*). Лишь небольшая часть площади занята карьерами по добыче песка, гравия и камня, а также разреженной петрофитной растительностью скал.

Минимальное антропогенное воздействие на современный растительный покров на участке Шуйостров можно принять с определенной условностью за исходное соотношение ельников, сосняков и болот (см. рис. 3). В пределах ключевых участков, расположенных на материке, подавляющее большинство лесных массивов представлено сосновыми лесами 70–80-летнего возраста, но встречаются и немногочисленные сосны возрастом до 150 лет. Есть молодые посадки сосны от 5- до 30-летней давности на месте гарей и вырубок. Среди молодых посадок сосны отмечается значительный подрост ели в результате самосева, который в дальнейшем при уходе за лесопосадками подлежит уничтожению. Несмотря на то, что природные условия ключевых участков потенциально дают возможность возобновлению еловых лесов, антропогенное воздействие (посадка сосны, выборочные рубки иных древесных пород) обуславливает поддержание монодоминантных сосновых лесов. Наибольшие площади занимают сосновые леса зеленомошной группы. Наиболее высокого (2) бонитета сосна достигает здесь только в брусничных сосняках, а в сосняках-черничниках преобладает древостой 3 и 4 бонитетов. Осушенные болотные массивы в настоящее время заросли и представлены сфагновыми сосновыми и отчасти березовыми (из *Betula pubescens*) лесами с древостоем 5 бонитета.

Установлено, что в пределах рассматриваемого района наблюдается высокая пространственная корреляция для рядов среднегодовых температур воздуха. Коэффициенты парной корреляции изменяются от 0,92 до 0,99. Учитывая сказанное, для анализа многолетних колебаний среднегодовой температуры воздуха использовался наиболее продолжительный ряд наблюдений по МС Кемь-порт. Этот ряд содержит значимый тренд на повышение – интенсивность тренда +0,13 °C/10 лет. На рис. 5 и 6 представлены хронологический график и разностная интегральная кривая среднегодовых температур воздуха по метеостанции Кемь-порт за период 1866–2020 гг.

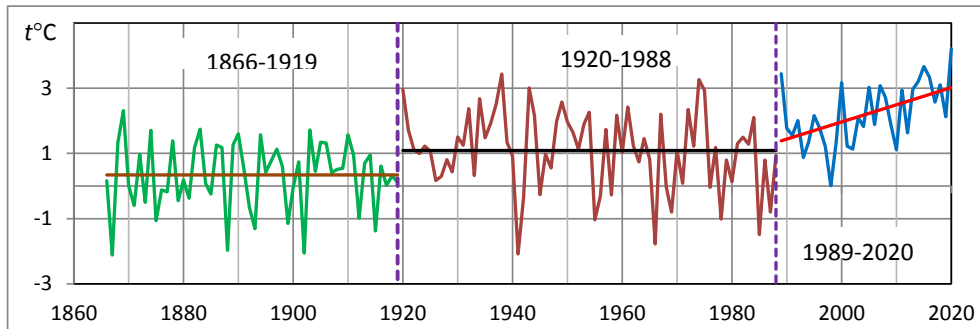


Рис.5. Хронологический график среднегодовых температур воздуха на метеостанции Кемь
 Fig.5. Chronological graph of average annual air temperatures at the Kem weather station

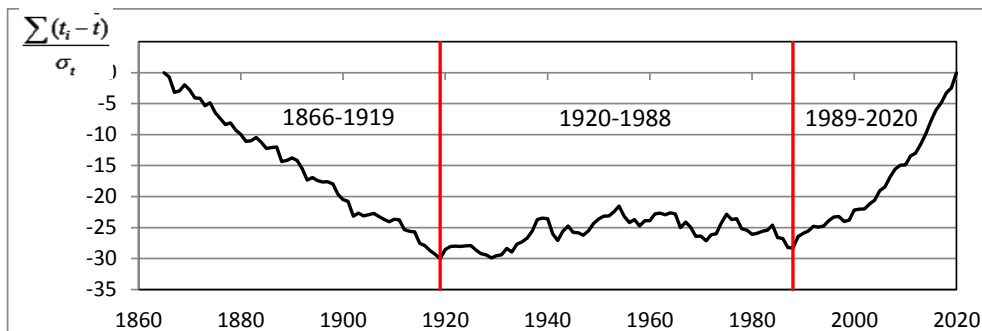


Рис.6. Разностная интегральная кривая среднегодовых температур воздуха на метеостанции Кемь
 Fig.6. The difference integral curve of average annual air temperatures at the Kem weather station

Как видно на рис. 5 и 6, в интервале 1866–2020 гг. можно выделить два квазистационарных периода: с 1866 по 1919 г. и с 1920 по 1988 г. На интервале с 1989 по 2020 г. ряд имеет значимый тренд на повышение. При этом наблюдается существенное увеличение средней многолетней температуры при переходе от одного периода к другому.

Аналогичная тенденция наблюдается и на других метеорологических станциях (рис. 7). В табл. 2 представлены средние температуры воздуха за два 32-летних периода по четырем метеостанциям Карелии.

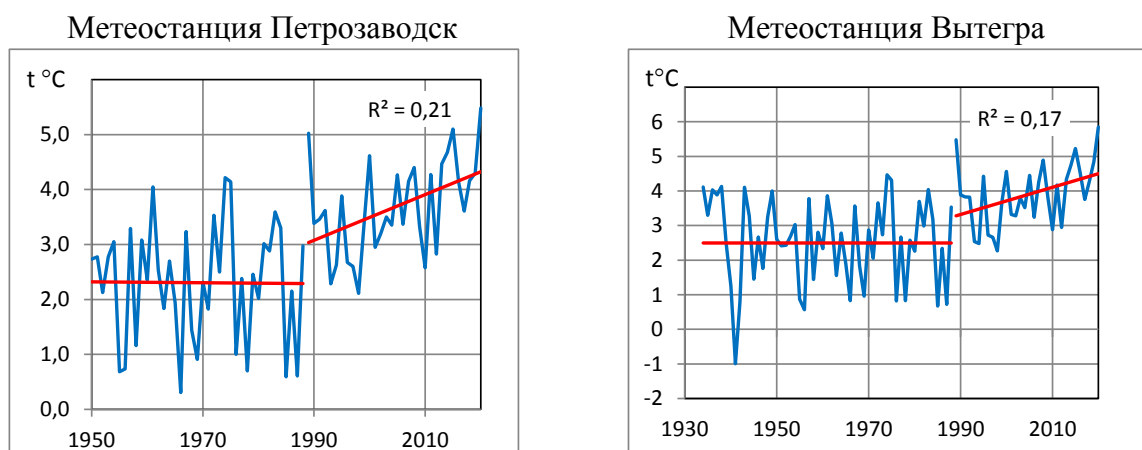


Рис. 7. Хронологические графики среднегодовых температур воздуха на метеорологических станциях Петрозаводск и Вытегра

Fig. 7. Chronological graphs of average annual air temperatures at the Petrozavodsk and Vytegra meteorological stations

Таблица 2
Table 2

Средняя многолетняя температура воздуха за год, холодный и теплый периоды,
°C для двух интервалов осреднения (1957–1988 и 1989–2020 гг.)
Average long-term air temperature per year, cold and warm periods,
°C for two averaging intervals (1957–1988 and 1989–2020)

Период	Интервал осреднения	Метеорологическая станция				Среднее
		Кемь	Паданы	Петрозаводск	Вытегра	
Год	1957–1988	0,89	1,46	2,35	2,54	
	1989–2020	2,20	2,85	3,66	3,89	
	приращение	1,31	1,39	1,31	1,35	1,3
Холодный период (XI–IV)	1957–1988	–6,96	–6,99	–5,83	–6,0	
	1989–2020	–5,28	–5,16	–4,19	–4,3	
	приращение	1,68	1,83	1,65	1,72	1,7
Теплый период (V–X)	1957–1988	8,82	9,88	10,6	11,2	
	1989–2020	9,55	10,7	11,4	11,9	
	приращение	0,74	0,86	0,81	0,77	0,8

Как видно из табл. 2, за последние 32 года среднегодовая температура на 1,3 °C выше, чем за предшествующий период. При этом рост годовой температуры произошел главным образом за счет потепления зим. Температура за холодный период повысилась в среднем на 1,7 °C, а за теплый период только на 0,8 °C.

Для анализа многолетней изменчивости осадков использовали ряды годовых сумм осадков за период с 1936 по 2010 г. Установлено, в рядах годовых сумм осадков по МС Вытегра и Петрозаводск значимые тренды отсутствуют, а в рядах по МС Паданы и Кемь, которые находятся севернее, выявлены значимые тренды на повышение. По МС Паданы интенсивность тренда составляет +14 мм/10 лет, а для МС Кемь +16 мм/10 лет.

Для оценки климатически обусловленной способности растений к росту использовался *CVP*-индекс, введенный С.С. Патэрсоном [Paterson, 1956; Rahman, Akter, 2015]:

$$CVP = \frac{T_v \cdot P \cdot G \cdot E}{T_a \cdot 12 \cdot 100}, \quad (1)$$

где T_v – среднемесячная температура наиболее жаркого месяца, °C; T_a – разница между среднемесячными температурами наиболее жаркого и наиболее холодного месяца; P – среднегодовое количество осадков, мм; G – продолжительность вегетационного периода, мес.; E – радиационный коэффициент (%), определяется по формуле:

$$E = R_p / R_c, \quad (2)$$

где R_p – суммарная солнечная радиация на полюсе; R_c – суммарная солнечная радиация в данном месте.

Для всех метеостанций были построены хронологические графики *CVP*-индекса (рис. 8) и выполнена оценка значимости трендов. Все тренды являются значимыми и показывают рост биологической продуктивности. Таким образом, изменение климата оказывает разнонаправленное влияние на условия произрастания леса на территории Южной Карелии. Позитивным фактором является рост биологической продуктивности лесов. К негативным последствиям относится то, что в результате роста температуры воздуха возрастает угроза лесных пожаров [Министерство природных ресурсов ..., 2019; Республика Карелия в цифрах ..., 2021]. Потепление также способствует распространению вспышек массового размножения стволовых вредителей леса [Обзор санитарного ..., 2003].

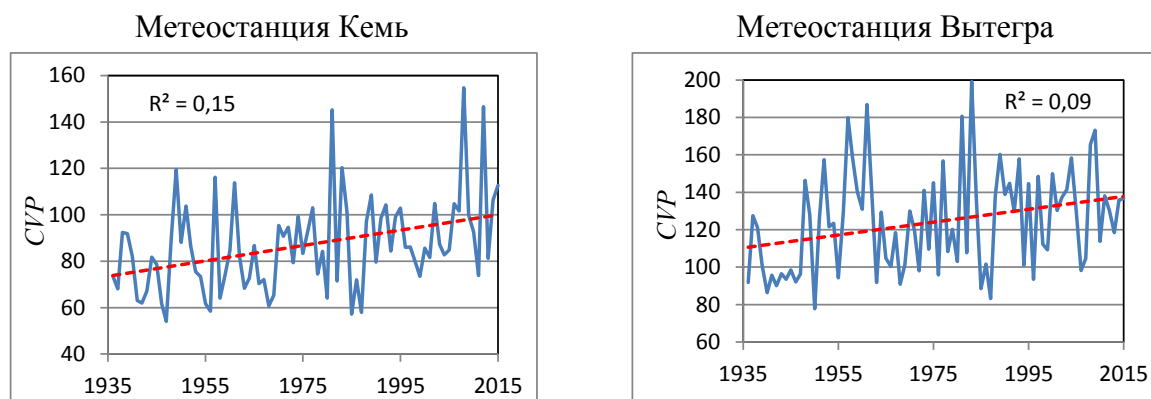


Рис. 8. Хронологические графики *CVP*-индекса на метеостанциях Карелии
Fig. 8. Chronological charts of the *CVP* index at Weather Stations in Karelia

Хотя общая площадь лесов в Карелии не уменьшается, но изменения баланса тепла и влаги приводят к изменению видового состава лесов. Площади ельников сокращаются, так как они наиболее чувствительны к этим переменам и их постепенно вытесняют лиственные породы деревьев.

Заключение

В качестве главной исследовательской задачи нами выбрано проведение научных исследований, связанных с категорией времени и определением роли хронологических исследований для оценки факторов смены породного состава лесов Карелии за историческое время. Для выявления причин изменения породного состава лесов были рассмотрены различные хронологические рамки хозяйственной деятельности и анализ климатических факторов. Одним из важных факторов, оказывающих влияние на трансформацию породного состава лесов, является климатический, когда в течение даже непродолжительного времени отмечается рост среднегодовой температуры воздуха, снижается количество выпадающих осадков, в результате идет процесс замены еловых лесов на сосновые. Проведенный анализ изменения климатических параметров показал, что наблюдается высокая пространственная корреляция для рядов среднегодовых температур воздуха, которые по всем метеостанциям имеют значимый тренд на повышение. Обнаружилось, что в настоящее время среднегодовая температура на 1,3 °С выше, чем за последние 32 года. Установленные особенности хозяйственного использования лесных ресурсов свидетельствуют о значительной роли антропогенного фактора в изменении породного состава лесов Карелии наряду с непосредственным изменением климатических параметров.

В разных пространственно-временных масштабах активного природопользования прослеживается пространственно-временная дифференциация растительного покрова, что свидетельствует о слабой степени устойчивости функционирования природных геосистем различного генезиса при различной длительности и интенсивности освоения. Результаты исследования показали быструю реакцию геосистем на вмешательство человека и быструю модификационную изменчивость.

Леса в процессе многократного длительного использования утрачивают многие свои качества, частично происходит замена хвойных пород мелколиственными. Смена многих «поколений» (сукцессий) лесов приводит к потере или утрате восстановительной способности. Оригинальность проведенного исследования (использование старых карт, сопряженное с ГИС-технологиями) указывает на дальнейшие перспективы развития историко-геоэкологического направления в географической науке. Поиск и анализ старых картографических материалов по разновременному состоянию растительности позволяет представить ситуацию с распространением растительных формаций на территории в отдаленном прошлом.

Список источников

- Атлас Карельской АССР. 1989. Пред. ред. А.Н. Трофимова. М., ГУГК, 40 с.
- Маляревский К.Ф. 1925. Схематическая геоботаническая карта Шуерецко-Сорокской лесной дачи Кемского уезда АКССР, составленная исследовательской партией Колонизационного отдела Правления Мурманской железной дороги под руководством К.Ф. Маляревского (фонды РНБ). Ленинград, издано Чиро Мурманской ж. д., 5 с.
- Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. 2010. СПб, Нестор-История, 162 с.
- Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия. Лесной план республики Карелия на 2019–2028 годы. Электронный ресурс. URL: https://ecology.gov.karelia.ru/upload/iblock/cf4/Proekt-izmeneniy-v-Lesnoy-plan-Respubliki-Kareliya-na-2019_2028-gody.pdf (дата обращения 06.02.2022).
- Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов России. 2003. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральное государственное учреждение «Российский центр защиты леса». Пушкино, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 29 с.
- Республика Карелия в цифрах: краткий статистический сборник. 2021. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). Петрозаводск, 129 с.
- Специализированные массивы для климатических исследований. Электронный ресурс. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения 01.02.2022).
- Тарасов А.Ю. 2017. Отчет об археологических раскопках группы углежогных ям Ихаланйоки I в Лахденпохском районе Республики Карелия в 2017 г. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, Институт языка, литературы и истории, 89 с.
- Третий год колонизационной работы Мурманской железной дороги. 1927. Отчетный сборник. Л., 211 с.
- Guide to Climatological Practices. 2018. World Meteorological Organization, 182 p.

Список литературы

- Березин Л.В. 2020. Усовершенствованная методология анализа космической информации о солнечной энергии поглощаемой наземными экосистемами. *Biogeosystem Technique*, 7(1): 3–37. DOI: 10.13187/bgt.2020.1.3
- Вампилова Л.Б. 2008. Региональный историко-географический анализ. Система методов исследований в исторической географии. Книга 2. СПб, ЛГУ им. А.С. Пушкина, 148 с.
- Вампилова Л.Б. 2017. Ретроспективный анализ изменения растительного покрова как компонента ландшафтов Обонежья за историческое время. *CARELICA*, 1(17): 24–45. DOI: 10.15393/j14.art.2017.91
- Вампилова Л.Б., Евдокимова Т.О. 2021. Ретроспективный анализ смены систем природопользования в ландшафтах Карелии. *CARELICA*, 2(26): 1–27. DOI: 10.15393/j14.art.2021.161
- Вампилова Л.Б., Соколова А.А. 2020. Основные этапы формирования физико-географического направления исторической географии. *Псковский регионологический журнал*, 2(42): 71–86. DOI: 10.37490/S221979310008581-2
- Волков А.Д. 2008. Типы леса Карелии. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 180 с.
- Воронцов А.И. 1978. Патология леса. М., Лесная промышленность, 270 с.
- Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. 2004. Отв. ред. О.В. Смирнова. М., Наука, 479 с.
- Горнов А.Н. 2018. Классификация лесов с использованием определителя типов лесов Европейской России (на примере Карелии и Карельского перешейка). *Вопросы лесной науки*, 1(1): 1–53. DOI: 10.31509/2658-607x-2018-1-1-1-53
- Гримальский В.И., Энтин Л.И., Марченко Я.И. 1981. Комплексные профилактические мероприятия в хронических и потенциальных очагах вредителей сосны. *Экспресс информация*. М., ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 16 с.



- Громцев А.Н. 2008. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН, 238 с.
- Громцев А.Н. 2019. Производные леса на западе таежной зоны России: понятия, происхождение, идентификация. Труды Карельского научного центра РАН, 5: 5–16. DOI: 10.17076/eco900
- Громцев А.Н., Петров Н.В. 2016. Наиболее уязвимые леса северо-запада таежной зоны России: ландшафтные особенности, современное состояние, сохранение. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2: 4–16.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. 2000. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск, Карельский научный центр Российской академии наук, 242 с.
- Закс Л. 1976. Статистическое оценивание. М., Статистика, 598 с.
- История Карелии с древнейших времен до наших дней. 2001. Отв. ред. Н.А. Кораблев, В.Г. Макуров, Ю.А. Савватеев, М.И. Шумилов. Петрозаводск, Периодика, 944 с.
- Кликачева А.А. 2016. Производство соли на территории Олонецкого наместничества в конце XVIII века и его влияние на окружающую среду. Вестник Сургутского государственного педагогического университета, 6(45): 9–15.
- Коротков В.Н. 2016. Концепция восстановления разновозрастных полидоминантных хвойно-широколиственных лесов Восточной Европы. Устойчивое лесопользование, 3(47): 2–7.
- Коротков В.Н. 2017. Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы. Russian Journal of Ecosystem Ecology, 2(1): 1–18. DOI: 10.21685/2500-0578-2017-1-1
- Леса и их многоцелевое использование на Северо-Западе европейской части таежной зоны России. 2015. Отв. редактор А.Н. Громцев. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 190 с.
- Лисецкий Ф.Н. 2008. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 4: 13–20.
- Лисецкий Ф.Н., Голушов П.В. 2011. Восстановление почв на антропогенно-нарушенных поверхностях в подзоне южной тайги. География и природные ресурсы, 1: 46–52.
- Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М. 2012. Анализ дендрохронологических и климатических данных для выявления периодичности природных процессов в зоне лесостепи. В мире научных открытий, 2-3(26): 115–136.
- Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2020. Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин. Региональные геосистемы, 44(4): 415–431. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Раменская М.Л., Шубин В.И. 1975. Природное районирование в связи с вопросами лесовосстановления. В кн.: Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области. Петрозаводск, Карельский филиал АН СССР, 180–198.
- Сикан А.В. 2007. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб., РГГМУ, 279 с.
- Соколова А.А. 2011. Лесные ресурсы Нерчинского горного округа: изучение, оценка и использование в XVIII–XIX вв. Вестник Читинского государственного университета, 11: 104–111.
- Терехин Э.А. 2020. Пространственный анализ особенностей формирования древесной растительности на залежах лесостепи Центрального Черноземья с использованием их спектральных признаков. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 17(5): 142–156. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-142-156
- Чендев Ю.Г. 1997. Изменение во времени компонентов географической среды Белгородской области. Белгород, Издательство БелГУ, 84 с.
- Чендев Ю.Г., Петин А.Н. 2006. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). М., Издательство Московского университета, 124 с.
- Чернякова И.А. 1998. Карелия на переломе эпох: Очерки социальной и аграрной истории XVII в. Петрозаводск, Издательство Петрозаводского государственного университета, 295 с.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Васильченко А.А. 2022. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 19(4): 207–222. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222

- Baldo M., Buldrini F., Chiarucci A., Rocchini D., Zannini P., Ayushi K., Ayyappan N. 2023. Remote Sensing Analysis on Primary Productivity and Forest Cover Dynamics: A Western Ghats India Case Study. *Ecological Informatics*, 73: 101922. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101922
- Bauhus J., Pokorny B., van der Meer P.J., Kanowski P.J., Kanninen M. 2010. Ecosystem Goods and Services – the Key for Sustainable Plantations. In: *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. New York, Earthscan, 205–227.
- Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M.C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C.D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J., Bengtsson J. 2013. Higher Levels of Multiple Ecosystem Services are Found in Forests with More Tree Species. *Nature Communications*, 4: 1340. DOI: 10.1038/ncomms2328
- Illarionova S., Shadrin D., Tregubova P., Ignatiev V., Efimov A., Oseledets I., Burnaev E. 2022. A Survey of Computer Visio for Forest Characterization and Carbon Monitoring Tasks. *Remote Sensing*, 14(22): 5861. DOI: 10.3390/rs14225861
- Manakov A.G., Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2021. Electronic Ethnocultural and Landscape Atlas of the Pskov Region as an Educational Geoinformational Resource. *InterCarto. InterGIS*, 27(4): 461–473. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-461-473
- Paterson S.S. 1956. *The Forest Area of the World and Its Potential Productivity*. Göteborg, Royal University of Göteborg, 201–211.
- Rahman M.S., Akter S. 2015. Climate to Forest Productivity: Implication of Paterson's CVP Index. *Research Journal of Forestry*, 9(2): 27–34.
- Rao G.N., Rao P.J., Duvvuru R., Beulah K., Rathnala P., Lydia L.E., Balakrishna B., Motru V.R. 2023. Geospatial Study on Forest Fire Disasters – A GIS Approach. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1): 302–311. DOI: 10.12912/27197050/155060
- Scherer-Lorenzen M. 2014. The Functional Role of Biodiversity in the Context of Global Change. In: *Forests and Global Change*. Ed. by D.A. Coomes, D.F.R.P. Burslem, W.D. Simonson. Cambridge, Cambridge University Press, 195–237.
- Vampilova L.B. 2021. Dynamic Trends of 100-Year Anthropogenic Vegetation Cover Under the Influence of the White Sea-Baltic Canal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 7–11 June 2021. Orenburg, Russian Federation, 817: 936–938. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012110
- Vampilova L.B. 2020. Geocological Analysis of Temporary Changes in the Special Composition of Karelia Forest. In: *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, 18–24 August 2020*. Albena, Sofia, 20(3.1): 679–686. DOI: 10.5593/sgem2020/3.1/s14.087
- Vampilova L.B., Manakov A.G. 2013. Experience in Historical-Geographical Zoning of Russia. *Regional research of Russia*, 3(4): 458–464. DOI: 10.1134/S2079970514010092

References

- Berezin L.V. 2020. Improved Methodology for the Analysis of Space Information on the Solar Energy Absorption by Terrestrial Ecosystems. *Biogeosystem Technique*, 7(1): 3–37 (in Russian). DOI: 10.13187/bgt.2020.1.3
- Vampilova L.B. 2008. Regionalnyy istoriko-geograficheskiy analiz. Sistema metodov issledovaniy v istoricheskoy geografii [Regional Historical and Geographical Analysis. A System of Research Methods in Historical Geography]. Book 2. St. Petersburg, Publ. LSU named after A.S. Pushkin, 148 p.
- Vampilova L.B. 2017. Development of Historical and Geographical Knowledge and Formation of Regional Historical and Geographical Researches. *CARELICA*, 1(17): 24–45 (in Russian). DOI: 10.15393/j14.art.2017.91
- Vampilova L.B., Evdokimova T.O. 2021. A Retrospective Analysis of the Change of Environmental Management Systems in the Landscapes of Karelia. *CARELICA*, 2(26): 1–27 (in Russian). DOI: 10.15393/j14.art.2021.161
- Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2020. Basic Stages of Formation of Physical-Geographic directions of Historical Geography. *Pskov Journal of Regional Studies*, 2(42): 71–86 (in Russian). DOI: 10.37490/S221979310008581-2
- Volkov A.D. 2008. Tipy lesa Karelii [Types of Karelian Forests]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 180 p.



- Vorontsov A.I. 1978. *Patologiya lesa* [Pathology of the Forest]. Moscow, Publ. Lesnaya promyshlennost, 270 p.
Book Review: "Forests of Eastern Europe: Holocene History and Modern Times". 2004. Ed. by O.V. Smirnov. Moscow, Publ. Nauka, 479 p. (in Russian).
- Gornov A.N. 2019. Classification of Forests Using a Field Guide of Forest Types of the European Russia (Evidence from Karelia and the Karelian Isthmus). *Forest Science Issues*, 2(2S): 1–49
DOI: 10.31509/2658-607x-2019-2-2-1-49
- Grimalsky V.I., Entin L.I., Marchenko Ya.I. 1981. *Kompleksnyye profilakticheskiye meropriyatiya v khronicheskikh i potentsialnykh ochagakh vreditel'ey sosny*. Ekspress informatsiya [Comprehensive Preventive Measures in Chronic and Potential Foci of Pine Pests. Express Information]. Moscow, Publ. TsBNTI Gosleskhoza SSSR, 16 p.
- Gromtsev A.N. 2008. *Osnovy landshaftnoy ekologii evropeyskikh tayezhnykh lesov Rossii* [Fundamentals of Landscape Ecology of European Taiga Forests of Russia]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 238 p.
- Gromtsev A.N. 2019. Secondary Forests in the West of the Russian Boreal Zone: Concepts, Genesis, Identification. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 5: 5–16 (in Russian). DOI: 10.17076/eco900
- Gromtsev A.N., Petrov N.V. 2016. Most Vulnerable Forests of Russia's North-Western Boreal Zone: Landscape Characteristics, Present-Day Condition, Conservation. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*, 2: 4–16 (in Russian).
- Yelina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. 2000. *Pozdnelednikovye i golotsen Vostochnoy Fennoskandii (paleorastitelnost i paleogeografiya)* [Late Glacial and Holocene of Eastern Fennoscandia (Paleorasticity and Paleogeography)]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk, 242 p.
- Sachs L. 1976. *Statisticheskoye otsenivaniye* [Statistical Evaluation]. Moscow, Publ. Statistika, 598 p.
- Istoriya Karelii s drevneyshikh vremen do nashikh dney* [The History of Karelia from Ancient Times to the Present Day]. 2001. Ed. by N.A. Korablev, V.G. Makurov, Yu.A. Savvateev, M.I. Shumilov. Petrozavodsk, Publ. Periodika, 944 p.
- Klikacheva A.A. 2016. Salt Production on the Territory of Olonetz Governorate (XVIII Century) and Its Impact on the Environment. *Bulletin of Surgut State Pedagogical University*, 6(45): 9–15 (in Russian).
- Korotkov V.N. 2016. *Kontsepsiya vosstanovleniya raznovozrastnykh polidominantnykh khvoynno-shirokolistvennykh lesov Vostochnoy Evropy* [The Concept of Restoration of Multi-Age Polydominant Coniferous-Deciduous Forests of Eastern Europe]. *Ustoychivoye lesopolzovaniye*, 3(47): 2–7.
- Korotkov V.N. 2017. Basic Concepts and Methods of Restoration of Natural Forests in Eastern Europe. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2(1): 1–18 (in Russian). DOI: 10.21685/2500-0578-2017-1-1
- Lesa i ikh mnogotsel'evoye ispolzovaniye na Severo-Zapade Evropeyskoy chasti tayezhnoy zony Rossii* [Forests and Their Multipurpose Use in the North-West of the European Part of the Taiga Zone of Russia]. 2015. Ed. by A.N. Gromtsev. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 190 p.
- Lisetsky F.N. 2008. Soil-Formation Potential of Forest Stands Under Sands Afforestation in Forest-Steppe and Steppe Environment. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal – Forestry Journal*, 4: 13–20 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Goleusov P.V. 2011. Resoiling on Anthropogenically Disturbed Surfaces in the Southern Taiga Subzone. *Geography and Natural Resources*, 32(1): 28–33. DOI: 10.1134/S1875372811010057
- Lisetskii F.N., Mitryaikina A.M. 2012. Analysis of Dendrochronological and Climat Data to Identify the Frequency of Natural Processes in the Zone of Forest-Steppe. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2-3(26): 115–136 (in Russian).
- Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. 2020. Climate Influence on the State of the Northern Part of the Spruce-Fir Subzone of the Dark Coniferous Boreal Forests of Sakhalin Island. *Regional Geosystems*, 44(4): 415–431 (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Ramenskaya M.L., Shubin V.I. 1975. *Prirodnoye rayonirovaniye v svyazi s voprosami lesovosstanovleniya* [Natural Zoning in Connection with Reforestation Issues]. In: *Lesovosstanovleniye v Karelskoy ASSR i Murmanskoy oblasti* [Reforestation in the Karelian ASSR and the Murmansk Region]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy filial AN SSSR, 180–198.

- Sikan A.V. 2007. *Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii* [Methods of Statistical Processing of Hydrometeorological Information]. St. Petersburg, Publ. RSMU, 279 p.
- Sokolova A.A. 2011. Forest Resources of Nerchinsk Mountainous District: Exploring, Estimating and Exploiting in the XIII–XIX Centuries. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 11: 104–111 (in Russian).
- Terekhin E.A. 2020. Spatial Analysis of Tree Vegetation of Abandoned Arable Lands Using Their Spectral Response in Forest-Steppe Zone of Central Chernozem Region. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 17(5): 142–156. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-142-156
- Chendev Yu.G. 1997. *Izmeneniye vo vremeni komponentov geograficheskoy sredy Belgorodskoy oblasti* [The Change in Time of the Components of the Geographical Environment of the Belgorod Region]. Belgorod, Publ. BelSU, 84 p.
- Chendev Yu.G., Petin A.N. 2006. *Estestvennyye izmeneniya i tekhnogennaya transformatsiya komponentov okruzhayushchey sredy staroosvoyennykh regionov (na primere Belgorodskoy oblasti)* [Natural Changes and Technogenic Transformation of Environmental Components of Old-Developed Regions (on the Example of the Belgorod Region)]. Moscow, Publ. Moscow University, 124 p.
- Chernyakova I.A. 1998. *Kareliya na perelome epokh: Ocherki sotsialnoy i agrarnoy istorii XVII v.* [Karelia at the Turning point of Epochs: Essays on the Social and Agrarian History of the XVII century]. Petrozavodsk, Publ. Petrozavodsk State University, 295 p.
- Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Vasilchenko A.A. 2022. Method for Protective Forest Plantations Mapping Based on Multi-Temporal High Spatial Resolution Satellite Images and Bi-Season Forest Index. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth From Space*, 19(4): 207–222 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222
- Baldo M., Buldrini F., Chiarucci A., Rocchini D., Zannini P., Ayushi K., Ayyappan N. 2023. Remote Sensing Analysis on Primary Productivity and Forest Cover Dynamics: A Western Ghats India Case Study. *Ecological Informatics*, 73: 101922. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101922.
- Bauhus J., Pokorny B., van der Meer P.J., Kanowski P.J., Kanninen M. 2010. Ecosystem Goods and Services – the Key for Sustainable Plantations. In: *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. New York, Earthscan, 205–227.
- Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M.C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C.D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J., Bengtsson J. 2013. Higher Levels of Multiple Ecosystem Services are Found in Forests with More Tree Species. *Nature Communications*, 4: 1340. DOI: 10.1038/ncomms2328.
- Illarionova S., Shadrin D., Tregubova P., Ignatiev V., Efimov A., Oseledets I., Burnaev E. 2022. A Survey of Computer Visio for Forest Characterization and Carbon Monitoring Tasks. *Remote Sensing*, 14(22): 5861. DOI: 10.3390/rs14225861
- Manakov A.G., Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2021. Electronic Ethnocultural and Landscape Atlas of the Pskov Region as an Educational Geoinformational Resource. *InterCarto. InterGIS*, 27(4): 461–473. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-461-473
- Paterson S.S. 1956. *The Forest Area of the World and Its Potential Productivity*. Göteborg, Royal University of Göteborg, 201–211.
- Rahman M.S., Akter S. 2015. Climate to Forest Productivity: Implication of Paterson's CVP Index. *Research Journal of Forestry*, 9(2): 27–34.
- Rao G.N., Rao P.J., Duvvuru R., Beulah K., Rathnala P., Lydia L.E., Balakrishna B., Motru V.R. 2023. Geospatial Study on Forest Fire Disasters – A GIS Approach. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1): 302–311. DOI: 10.12912/27197050/155060
- Scherer-Lorenzen M. 2014. The Functional Role of Biodiversity in the Context of Global Change. In: *Forests and Global Change*. Ed. by D.A. Coomes, D.F.R.P. Burslem, W.D. Simonson. Cambridge, Cambridge University Press, 195–237.
- Vampilova L.B. 2021. Dynamic Trends of 100-Year Anthropogenic Vegetation Cover Under the Influence of the White Sea-Baltic Canal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 7–11 June 2021. Orenburg, Russian Federation, 817: 936–938. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012110
- Vampilova L.B. 2020. Geoecological Analysis of Temporary Changes in the Special Composition of Karelia Forest. In: *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*. International



Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, 18–24 August 2020. Albena, Sofia, 20(3.1): 679–686. DOI: 10.5593/sgem2020/3.1/s14.087
Vampilova L.B., Manakov A.G. 2013. Experience in Historical-Geographical Zoning of Russia. Regional research of Russia, 3(4): 458–464. DOI: 10.1134/S2079970514010092

*Поступила в редакцию 14.11.2022;
поступила после рецензирования 12.12.2022;
принята к публикации 23.01.2023*

*Received November 14, 2022;
Revised December 12, 2022;
Accepted January 23, 2023*

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

Вампилова Людмила Борисовна, кандидат географических наук, доцент кафедры водно-технических изысканий, Институт гидрологии и океанологии Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, Россия

Lyudmila B. Vampilova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Water Engineering Surveys of the Institute of Hydrology and Oceanology of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

Сикан Александр Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры инженерной гидрологии, Институт гидрологии и океанологии Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, Россия

Aleksandr V. Sikan, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Hydrology of the Institute of Hydrology and Oceanology of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia



УДК 504.055

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-145-155

Изучение влияния режимов функционирования улично-дорожной сети на акустическое состояние примагистральных территорий

Кондауров Р.А.

Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
Общество с ограниченной ответственностью «Бристоль-проект»
Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Карла Маркса, 67/5, офис 105
E-mail: Romakon@list.ru

Аннотация. Изучение влияния улично-дорожной сети (далее УДС) на акустическое состояние урбанизированных территорий – одна из ключевых задач оценки воздействия на окружающую среду и уровень здоровья населения городов. Несмотря на многочисленность публикаций, посвящённых вопросам акустического загрязнения урбанизированных территорий, практически отсутствуют исследования, посвящённые изучению влияния режимов функционирования УДС на акустическое состояние примагистральных территорий, а также высоты точек мониторинга. В настоящей статье приведены результаты измерений эквивалентного и максимального уровней звука, осуществлённых в условиях типовой высотной застройки города Воронежа с учётом динамики режимов функционирования УДС и изменения высоты точек мониторинга. Практическая значимость проведённых исследований заключается в обосновании учёта изучаемых факторов формирования акустической среды при оценке воздействия на окружающую среду, в рамках разработок проектов строительства автомобильных дорог и жилых комплексов, а также рисков здоровью населения от воздействия шумового фактора.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, примагистральная территория, автотранспортные средства передвижения, эквивалентный и максимальный уровни звука, шум

Благодарности: настоящие исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 20-17-00172.

Для цитирования: Кондауров Р.А. 2023. Изучение влияния режимов функционирования улично-дорожной сети на акустическое состояние примагистральных территорий. Региональные геосистемы, 47(1): 145–155. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-145-155

Study of the Influence of the Modes of Functioning of the Street and Road Network on the Acoustic Condition of the Mainline Territories

Roman A. Kondaurov

Voronezh State University
1, Universitetskaya Sq., Voronezh 394018, Russia
Limited Liability Company "Bristol-project"
105 Office, 67/5 Karl Marx St, Voronezh 394036, Russia
E-mail: Romakon@list.ru

Abstract. The study of the impact of the street and road network (hereinafter SRN) on the acoustic condition of urbanized territories is one of the key tasks of assessing the environmental impact and the level of health of the urban population. Despite the numerous publications devoted to the issues of acoustic



pollution of the urbanized territories, there are practically no studies devoted to the study of the influence of the modes of functioning of the SRN on the acoustic condition of the mainline territories, as well as the height of the monitoring points. In this article, the results of measurements of the equivalent and maximum sound levels carried out in the conditions of a typical high-rise building in the city of Voronezh, taking into account the dynamics of the modes of operation of the SRN and changes in the heights of monitoring points are carried out. The practical significance of the conducted research is to substantiate the consideration of the studied factors of the formation of the acoustic environment when assessing the impact on the environment, as part of the development of projects for the construction of highways and residential complexes, as well as health risks of the population caused by the noise factor.

Keywords: road network, mainline territory, motor vehicles, equivalent and maximum sound levels, noise

Acknowledgements: This study was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, project No. 20-17-00172.

For citation: Kondaurov R.A. 2023. Study of the Influence of the Modes of Functioning of the Street and Road Network on the Acoustic Condition of the Mainline Territories. *Regional Geosystems*, 47(1): 145–155 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-145-155

Введение

Природно-техногенный комплекс «Улично-дорожная сеть – территория техногенного влияния» достаточно давно является объектом экологических и санитарно-гигиенических исследований и оценок. Компилируя материалы многих исследований [Подольский др., 1999; Черепов, Новиков, 2007; Трофименко, Евгеньев, 2008; Губернский, 2009; Васильева, 2010; Леванчук, Курепин, 2014; Глухов и др., 2015; Городков и др., 2016; Ушаков и др., 2017; Клепиков, 2020; Прожорина и др., 2020; Гладышева, 2022;], а также учитывая результаты ретроспективных изысканий [Кондауров, Куролап, 2022], проведённых автором, можно констатировать, что функционирующая УДС является источником химического загрязнения депонирующих сред окружающей среды (далее ОС) и причиной сверхнормативных уровней физических факторов и вследствие этого выступает фактором формирования рисков заболеваемости населения.

Учитывая тот факт, что развитие крупных городов приводит к появлению новых участков УДС, а увеличение интенсивности автотранспортного потока к реконструкциям существующих УДС, ожидается увеличение площади территорий, в пределах которой будут наблюдаться сверхнормативные уровни звука.

Автором настоящей статьи была поставлена цель исследовать влияние режимов функционирования УДС, а также высоты точки мониторинга на эквивалентный и максимальный уровни звуков в пределах примагистральных территорий.

Объекты и методы исследования

В качестве полигона для проведения экспериментов были выбраны примагистральные территории Воронежа как типичного крупного промышленного города с присущими ему проблемами, связанными с отставанием развития УДС от роста числа автотранспортных средств на душу населения.

Для доказательства рабочей гипотезы, которая заключается в наличии влияния режимов функционирования УДС и высоты точки мониторинга на акустическое состояние примагистральных территорий, был поставлен эксперимент. Для него были выбраны типичные участки УДС: Московский проспект (поперечник: дома 122 и 119) и Бульвар Победы (поперечник: дома 22 и 19), характеристики которых представлены в табл. 1.

На рис. 1 и 2 представлены схемы участков проведения экспериментов.

Таблица 1
Table 1

Характеристики исследуемых территорий
Characteristics of the study areas

Адреса мониторинговых точек	Номера домов	Этажность застройки	Расстояния от фасадных стен жилых домов до ближайших осей движения автотранспортного потока относительно их, м	Ширина разделительной полосы, м	Наличие лесополос, обладающих шумозащитными свойствами, между источником звука и мониторинговой точкой	Классификация УДС ¹
Московский проспект	122	12	62,5	19,50	Отсутствуют	Магистральная улица общегородского значения 2-го класса – регулируемого движения
	119	10	65,1			
Бульвар Победы	22	9	42,5	2,60	Отсутствуют	Магистральные улицы районного значения
	19	9	25,0			

¹-классификация УДС приведена согласно таблице 11.1 [СП 42.13330.2016, 2016].



Рис. 1. Схема территории проведения эксперимента: Московский проспект, дома 122 и 119
Fig. 1. Plan of the territory of the experiment: Moskovsky Prospekt, buildings 122 and 119

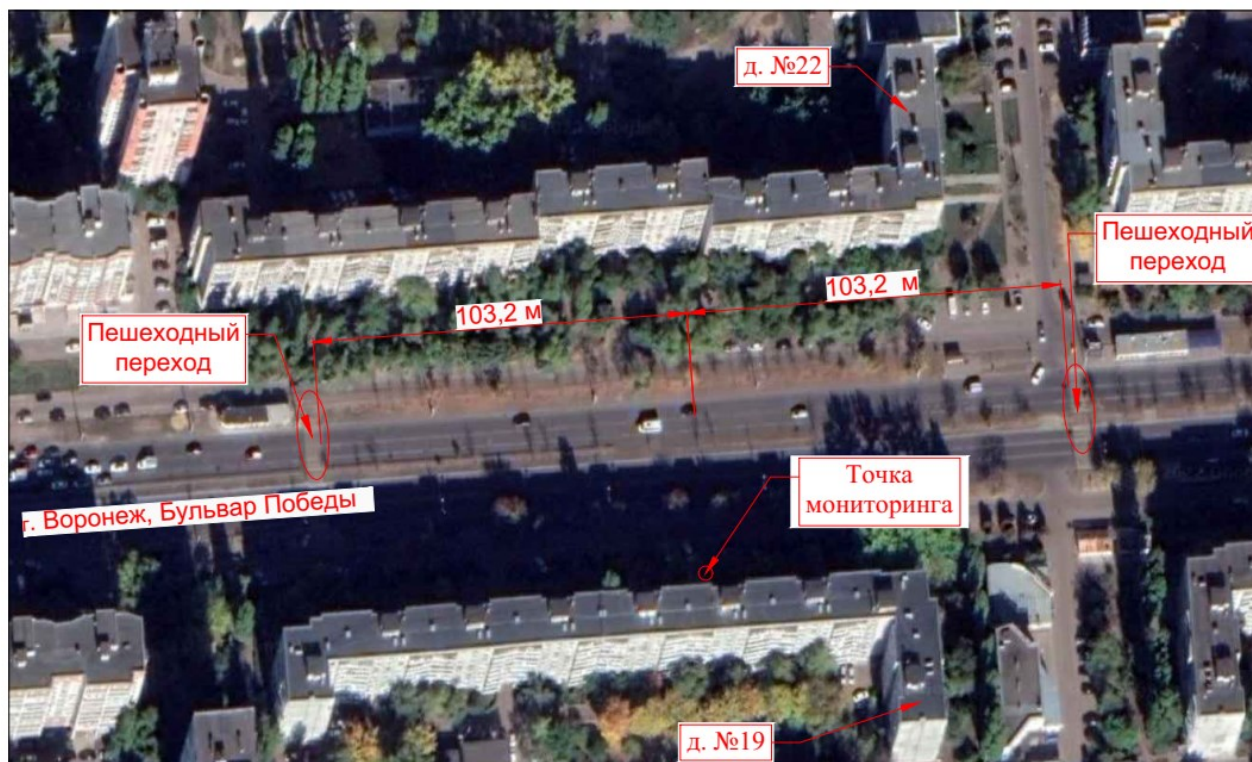


Рис. 2. Схема территории проведения эксперимента: Бульвар Победы, дома 22 и 19
Fig. 2. Plan of the territory of the experiment: Boulevard Pobedi, buildings 22 and 19

В качестве методической базы эксперимента были применены требования различных нормативных документов [ГОСТ 20444-2014; ГОСТ 23337-2014; МР 4.3.0008-10].

В ходе эксперимента были применены следующие средства измерения: шумомер *АССИ-СТЕНТ S-Light* (5 шт.); акустический калибратор *ЗАЩИТА-К* (1 шт.); метеометр *МЭС 200 А* (1 шт.) и лазерный дальномер *Bosch DLE 150* (1 шт.). Все используемые средства измерения на момент производства эксперимента находились в поверенном состоянии.

Места для проведения измерений эквивалентного и максимального уровней звуков от автотранспортного потока были выбраны на прямолинейных участках УДС с установившейся скоростью движения автотранспортных средств и на расстоянии не менее 50 м от перекрестков, транспортных площадей и остановочных пунктов пассажирского общественного транспорта (см. рис. 1 и 2).

Дислокация точек мониторинга была назначена на расстоянии 2 м от фасадных стен жилых домов и на высотах $1,5 \pm 0,1$ м (уровень человеческого уха), $6,9 \pm 0,1$ м (уровень 3-го этажа), $15,9 \pm 0,1$ м (уровень 6-го этажа), $24,9 \pm 0,1$ м (уровень 9-го этажа) и $33,90 \pm 0,1$ м (уровень 12-го этажа). Следует отметить, что при высотных измерениях применялась штанга длиной 2 м. На рис. 3 представлена принципиальная схема постановки эксперимента.

Для обоснования времени производства эксперимента были осуществлены рекогносцировочные исследования на предмет выявления особенностей режимов функционирования данных участков УДС, результаты которых представлены в табл. 2.

На основании полученных результатов (см. табл. 2), а также требований нормативных документов [ГОСТ 20444-2014; ГОСТ 23337-2014] измерения были назначены в следующие периоды:

- будние дни недели: Московский проспект (10:00–10:15; 17:30–17:45 и 00:05–00:20); Бульвар Победы (06:00–06:15; 08:00–08:15 и 20:15–20:30);
- выходные дни недели (суббота, воскресенье): Московский проспект (05:15–05:30; 11:00–11:15); Бульвар Победы (06:30–06:45; 10:00–10:15).

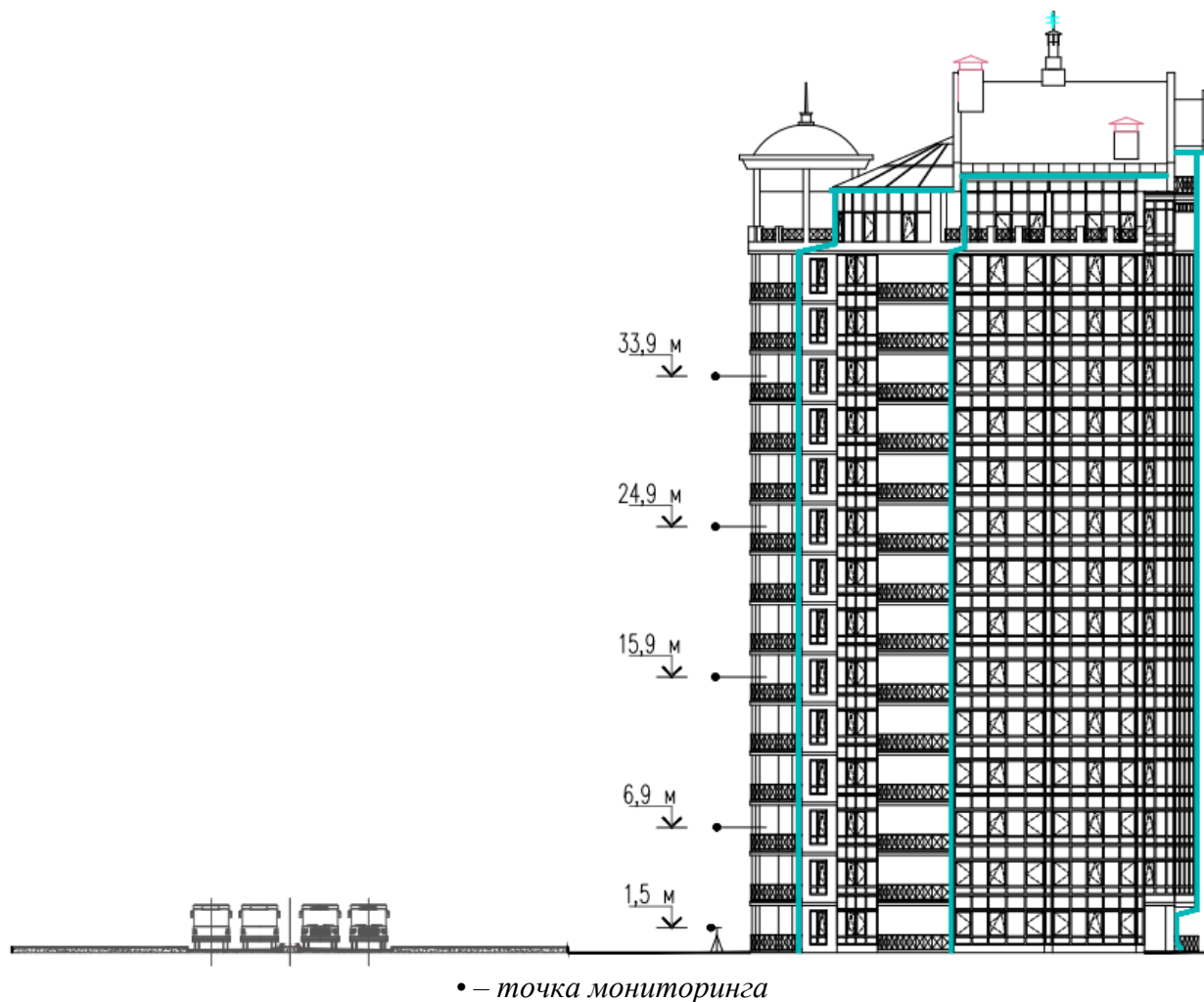


Рис. 3. Принципиальная схема постановки эксперимента
Fig. 3. Schematic diagram of the experiments

Таблица 2
Table 2

Результаты рекогносцировочных исследований
Results of reconnaissance studies

Адреса мониторинговых точек	Время утреннего часа пик	Время обеденного часа пик	Время вечернего часа пик
Будние дни недели			
Московский проспект (дома 122 и 119)	07:50–09:30	Не установлен	17:20–19:45
Бульвар Победы (дома 22 и 19)	07:25–09:15	Не установлен	17:45–20:00
Выходные дни недели (суббота, воскресенье)			
Московский проспект (дома 122 и 119)	Не установлен	Не установлен	Не установлен
Бульвар Победы (дома 22 и 19)	Не установлен	Не установлен	Не установлен

До и после каждой серии измерений была проведена проверка калибровки шумомеров.
На основании вышеизложенного в табл. 3 представлены объёмы экспериментальных работ.



Таблица 3
 Table 3

Объёмы эксперимента
 The scope of the experiment

Периоды измерений уровней звука	Адреса мониторинговых точек	
	Московский проспект (дома 122 и 119)	Бульвар Победы (дома 22 и 19)
Будние дни недели		
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	150 мин	150 мин
Утренний час пик	Наблюдения не проводились	150 мин
Вечерний час пик	150 мин	Наблюдения не проводились
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	150 мин	150 мин
Итого	450 мин	450 мин
Выходные дни недели (суббота, воскресенье)		
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	195 мин	195 мин
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	195 мин	195 мин
Итого	390 мин	390 мин
Итого за весь период эксперимента, мин	1680 мин	

На основании формулы (1) были получены значения шумовых характеристик транспортного потока:

$$L_{A_{eq\text{потока}}}^{авт} = \bar{L}_{A_{eq}} + U(95\%) \quad (1)$$

где $\bar{L}_{A_{eq}}$ – среднее значение измеренных эквивалентных (максимальных) уровней звука, рассчитываемое по формуле (2), дБА; $U(95\%)$ – расширенная неопределённость, рассчитываемая по формуле (3), дБА:

$$\bar{L}_{A_{eq}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} - 10 \lg n, \quad (2)$$

$$U(95\%) = 2 \times \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

где L_i – значение измеренного уровня звука, полученное для i -го измерения в данной точке измерения (мониторинга), дБА; n – общее количество измерений в точке измерения (мониторинга); u_A – неопределённость по типу A , рассчитываемая по формуле (4), дБА, u_B – неопределённость по типу B , рассчитываемая по формуле (5), дБА:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(L_i - \bar{L}_{A_{eq}} \right)^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

$$u_B = \frac{\Delta L_{инстр}}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

где $\Delta L_{инстр}$ – инструментальная погрешность измерений уровня звука, дБА (при отсутствии таких данных допустимо применять значение стандартной неопределённости $u_B = 0,7$ дБА для шумомеров 1-го класса, что регламентируется [ГОСТ 20444-2014; ГОСТ 23337-2014; ГОСТ Р 53187-2008]).

Результаты и их обсуждение

На основании проведённых исследований и обработки результатов эксперимента были получены шумовые характеристики транспортных потоков по показателям эквивалентного и максимального уровней звука, значения которых представлены в табл. 4.

Таблица 4
Table 4

Результаты вычислений Calculations results

Периоды измерений уровней звука	Высота мониторинговой точки, м				
	1,5±0,1	6,9±0,1	15,9±0,1	24,9±0,1	33,9±0,1
Будние дни недели					
Московский проспект: дома 122 и 119					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	<u>70,8</u> 73,9	<u>71,2</u> 74,0	<u>69,4</u> 72,3	<u>67,2</u> 70,2	<u>66,6</u> 69,8
Утренний час пик	–	–	–	–	–
Вечерний час пик	<u>66,4</u> 68,4	<u>66,9</u> 68,9	<u>64,0</u> 66,4	<u>61,7</u> 62,3	<u>60,7</u> 61,2
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	<u>62,8</u> 70,3	<u>63,4</u> 71,4	<u>59,7</u> 61,9	<u>57,3</u> 61,6	<u>57,0</u> 60,8
Бульвар Победы: дома 22 и 19					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	<u>68,7</u> 71,3	<u>68,1</u> 73,2	<u>66,0</u> 71,9	<u>63,9</u> 65,3	–
Утренний час пик	<u>63,6</u> 65,2	<u>64,7</u> 66,0	<u>62,1</u> 63,7	<u>60,2</u> 61,9	–
Вечерний час пик	–	–	–	–	–
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	<u>61,9</u> 64,9	<u>60,5</u> 65,0	<u>56,1</u> 60,3	<u>54,0</u> 59,9	–
Выходные дни недели (суббота, воскресенье)					
Московский проспект: дома 122 и 119					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	<u>72,8</u> 74,6	<u>69,6</u> 72,7	<u>67,2</u> 68,9	<u>65,6</u> 66,5	<u>63,1</u> 63,9
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	<u>58,6</u> 69,8	<u>58,1</u> 67,3	<u>56,9</u> 64,3	<u>54,2</u> 63,4	<u>53,8</u> 62,1
Бульвар Победы: дома 22 и 19					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	<u>69,2</u> 72,9	<u>68,3</u> 71,0	<u>64,7</u> 66,7	<u>62,8</u> 63,2	–
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	<u>56,1</u> 62,3	<u>55,2</u> 62,9	<u>53,0</u> 61,2	<u>52,9</u> 60,9	–

Примечание: в числителе представлены значения шумовых характеристик по показателю «эквивалентный уровень звука», в знаменателе представлены значения шумовых характеристик по показателю «максимальный уровень звука»; результаты, указанные в настоящей таблице представлены с учётом расширенной неопределённости.



Санитарно-гигиеническая оценка результатов обработки экспериментальных данных была осуществлена на основе действующих нормативных значений [СанПиН 1.2.3685-21] путём деления значений обработанных экспериментальных данных на соответствующую величину ПДУ, результаты которой представлены в табл. 5.

Таблица 5
Table 5

Результаты санитарно-гигиенической оценки обработанных экспериментальных данных
The results of sanitary and hygienic assessments of treated experimental data

Периоды измерения уровней звука	Высота мониторинговой точки, м				
	1,5 ±0,1	6,9 ±0,1	15,9 ±0,1	24,9 ±0,1	33,9 ±0,1
Будние дни недели					
Московский проспект: дома 122 и 119					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$
Утренний час пик	–	–	–	–	–
Вечерний час пик	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{1,1}{1,1}$	$\frac{1,1}{1,1}$
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	$\frac{1,4}{1,1}$	$\frac{1,4}{1,2}$	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,3}{1,0}$
Бульвар Победы: дома 22 и 19					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	–
Утренний час пик	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,9}$	–
Вечерний час пик	–	–	–	–	–
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	$\frac{1,4}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{0,9}$	–
Выходные дни недели (суббота, воскресенье)					
Московский проспект: дома 122 и 119					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,9}$
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	$\frac{1,3}{1,2}$	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,1}$	$\frac{1,2}{1,1}$	$\frac{1,2}{1,0}$
Бульвар Победы: дома 22 и 19					
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной период суток	$\frac{1,3}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,1}{0,9}$	–
Время установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	$\frac{1,2}{1,0}$	–

Примечание: в числителе представлены значения санитарно-гигиенической оценки шумовых характеристик по показателю «эквивалентный уровень звука»; в знаменателе представлены значения санитарно-гигиенической оценки шумовых характеристик по показателю «максимальный уровень звука».

На основании анализа табл. 4 и 5 установлено:

– во всех мониторинговых точках зафиксировано превышение нормативного значения эквивалентного уровня звука, которое составило 0,1–0,4 долей ПДУ. При этом следует отметить, что с увеличением высоты точки мониторинга наблюдалось уменьшение эквивалентного уровня звука, что не противоречит теоретическим представлениям о распространении звуковых волн в открытом пространстве;

– значительное влияние на акустическое состояние примагистральных территорий по показателю «эквивалентный уровень звука» в зависимости от режимов функционирования и классификации УДС не установлено;

– влияние на значение максимального уровня звука режимов функционирования и классификации УДС. Так, наблюдалось устойчивое превышение нормативного показателя в периоды вечернего часа пик в будние дни недели и установившейся интенсивности автотранспортного потока в ночной период суток в выходные дни (суббота, воскресенье) в районе магистральной улицы общегородского значения 2-го класса-регулируемого движения (Московский проспект), превышение составило 0,1–0,2 долей ПДУ. При этом следует отметить, что влияние было зафиксировано до высоты 12-го этажа;

– было установлено превышение ПДУ по показателю «максимальный уровень звука» до высот $6,9 \pm 0,1$ м в периоды установившейся интенсивности автотранспортного потока в дневной и ночной периоды суток в районе магистральной улицы общегородского значения 2-го класса-регулируемого движения (Московский проспект), превышение составило 0,1–0,2 долей ПДУ. Данное превышение не было зафиксировано в районе магистральной улицы районного значения.

Заключение

В рамках проведенного исследования установлено влияние на акустическую среду примагистральных территорий режимов функционирования УДС и высоты мониторинговых точек. В соответствии с этим рекомендуется составление оперативных шумовых карт в районе жилых домов не только для высоты $4 \pm 0,5$ м, которая предписана ГОСТ Р 53187-2008, но и для высот до $33,90 \pm 0,1$ м.

Полученные автором результаты могут быть использованы при обосновании шумозащитных мероприятий в проектах строительства автомобильных дорог и жилых комплексов, разработки программ исследований акустического состояния крупных городов и исследовании факторов ОС на уровень заболеваемости населения.

Список источников

- Глухов А.Т., Васильев А.Н., Гусева О.А. 2015. Дороги, улицы и транспорт города: мониторинг, экология, землеустройство. Саратов, Саратовский государственный технологический университет, 328 с.
- ГОСТ 20444-2014. 2015. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. М., Стандартинформ, 15 с.
- ГОСТ 23337-2014. 2019. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. М., Стандартинформ, 19 с.
- ГОСТ Р 53187-2008. 2012. Акустика. Шумовой мониторинг городских территорий. М., Стандартинформ, 16 с.
- МР 4.3.0008-10. 2011. Методические рекомендации. Применение акустических калибраторов шумомеров и оценка неопределённости измерений. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 7 с.
- СанПиН 1.2.3685-21. 2021. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 469 с.



- СП 42. 13330.2016. 2017. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. М., Стандартинформ, 86 с.
- Трофименко Ю.В., Евгеньев Г.И. 2008. Экология: транспортное сооружение и окружающая среда. М., Академия, 400 с.

Список литературы

- Васильева В.В. 2010. Автотранспортный шум в городах и его влияние на окружающую среду. Мир транспорта и технологических машин, 3(30): 101–108.
- Гладышева О.В. 2022. Оценка влияния транспортного шума на здоровье населения города Воронежа. Наукофера, 4(2): 1–6.
- Городков А.В., Самохова Н.А., Атрощенко А.М., Булхов Н.А. 2016. Оценка состояния экосреды рекреационных территорий крупного города по фактору шума. Вестник Смоленской государственной медицинской академии, 15(3): 109–114.
- Губернский Ю.Д. 2009. Физические факторы городской жилой среды в эколого-гигиеническом аспекте. Гигиена и санитария, 5: 11–15.
- Клепиков О.В. 2020. Мониторинговые исследования по оценке уровня шума от автотранспорта в городе Воронеже. В кн.: Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов. Воронеж, Цифровая полиграфия: 35–42.
- Кондауров Р.А., Куролап С.А. 2022. Изучение корреляции концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с шумовой характеристикой транспортного потока (на примере города Воронеж). Региональные геосистемы, 46(1): 62–70. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-62-70
- Леванчук А.В., Курепин Д.Е. 2014. Гигиеническая оценка шума автомобильного транспорта в зависимости от расстояния и высоты от источника шума. Интернет-журнал Науковедение, 6(25): 1–10. DOI: 10.15862/21TVN614
- Подольский В.П., Артюхов В.Г., Турбин В.С., Канищев А.Н. 1999. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий. Воронеж, Воронежский государственный университет, 264 с.
- Прожорина Т.И., Куролап С.А., Клепиков О.В. 2020. Исследование влияния автотранспорта на здоровье населения города Воронежа, проживающего в зонах акустического дискомфорта. В кн.: Региональная экологическая диагностика состояния воздушной среды промышленных городов. Воронеж, Цифровая полиграфия: 59–69.
- Ушаков И.Б., Клепиков О.В., Попов В.И., Самодурова Н.Ю. 2017. Воздействие городского автотранспортного шума с оценкой риска здоровью населения. Гигиена и санитария, 96(9): 904–908. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-9-904-909
- Черепов В.М., Новиков Ю.В. 2007. Эколого-гигиенические проблемы среды обитания человека. М., Издательство РГСУ, 1074 с.

References

- Vasilyeva V.V. 2010. Motor Transportation Noise in Cities and Its Influence on Environment. World of transport and technological machines; 3(30): 101–108 (in Russian).
- Gladisheva O.V. 2022. Assessment of the Impact of Traffic Noise on the Health of the Population of the City of Voronezh. Naukosfera, 4(2): 1–6 (in Russian).
- Gorodkov A.V., Samokhova N.A., Atroshchenko A.M., Bulkhov N.A. 2016. Assessment of the Ecological Environment of the Recreational Territories of Large Cities According to Noise Factor. Vestnik of the Smolensk State Medical Academy, 15(3): 109–114 (in Russian).
- Gubernsky Yu.D. 2009. Physical Factors of the Urban Dwelling Environment: Ecological and Hygienic Aspects. Hygiene and sanitation, 5: 11–15 (in Russian).
- Klepikov O.V. 2020. Monitoringoviye issledovaniya po otsenke urovnya shuma o avtotransporta vgorode Voronizhe [Monitoring Studies to Assess the Noise Level from Vehicles in the City of Voronezh]. In: Regionalnaya ekologicheskaya diagnostika sostoyaniya vozduшной sredi promishlennikh gorodov. [Regional ecological diagnostics of the state of the air environment of industrial cities]. Voronezh, Publ. Cifrovaya poligrafiya: 35–42.

- Kondaurov R.A., Kurolap S.A. 2022. Study of the Correlation Between the Concentrations of Pollutants in the Atmosphere Air and Noise Characteristics of Traffic Flow (on the Example of the City of Voronezh). *Regional Geosystems*, 46(1): 62–70 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-62-70
- Levanchuk A.V., Kurepin D.E. 2014. Hygienic Assessment of Noise Road Transport Depending on the Distance and Height from the Noise Source. *Internet-zhurnal Naukovedeniye*, 6(25): 1–10 (in Russian). DOI: 10.15862/21TVN614
- Podolskij V.P., Artyukhov V.G., Turbin V.S., Kanishchev A.N. 1999. Avtotransportnoye zagryazneniye pridorozhnikh territoriy. [Motor vehicle pollution of roadside areas]. Voronezh, Publ. Voronezhskiy gosudarstvenniy universitet, 264 p.
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Klepikov O.V. 2020. Issledovaniye vliyaniya avtotransporta na zdoroviyenaseleniya goroda Voronezha, prozhivayushchego v zonakh akusticheskogo diskomforta. [Study of the Impact of Motor Transport on the Health of the Population of the City of Voronezh Living in Zones of Acoustic Discomfort]. In: *Regionalnaya ekologicheskaya diagnostika sostoyaniya vozduшной sredi promishlennikh gorodov* [Regional Ecological Diagnostics of the State of the Air Environment of Industrial Cities]. Voronezh, Publ. Cifrovaya poligrafiya: 59–69.
- Ushakov I.B., Klepikov O.V., Popov V.I., Samodurova N.Yu. 2017. The Impact of Urban Traffic Noise with the Risk Assessment to Population Health. *Hygiene and sanitation*, 96(9): 904–908. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-9-904-909
- Cherepov V.M., Novikov Yu.V. 2007. *Ecologo-gigiyenicheskiye problem sredi obitaniya cheloveka* [Ecological and Hygienic Problems of the Human Environment]. Moscow, Publ. RGSU, 1074 p.

*Поступила в редакцию 06.12.2022;
поступила после рецензирования 19.01.2023;
принята к публикации 06.02.2023*

*Received December 06, 2022;
Revised January 19, 2023;
Accepted February 06, 2023*

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

Кондауров Роман Анатольевич, кандидат географических наук, преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет; начальник отдела Инженерных изысканий Общества с ограниченной ответственностью «Брист-проект», г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Roman A. Kondaurov, Candidate of Geographical Sciences, Lecturer of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism of Voronezh State University; Head of the Engineering Survey Department of the Limited Liability Company "Brist-project", Voronezh, Russia



УДК 631.46:592(571.54)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Результаты мониторинга состояния геосистем с использованием мезофауны беспозвоночных как биоиндикаторов антропогенного воздействия

Ильин Ю.М., Раднаева М.В., Даржаев В.Х.

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова,
Республика Бурятия, 670010, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
E-mail: ilbar50@mail.ru, mariaai87@mail.ru, valera_darzhaev@mail.ru

Аннотация. Функционирование почвенной подсистемы, являющейся составной частью природных и антропогенных геосистем, определяется наряду с другими факторами жизнедеятельностью беспозвоночной мезофауны. Несмотря на значительное количество публикаций по почвенной тематике, животному населению в научной литературе уделяется сравнительно мало внимания. Целью данного исследования является определение возможности использования почвенных беспозвоночных немикроскопической размерности для мониторинга развития деградационных процессов в почвах. Сущностью методики является количественная оценка животного населения и его разнообразия на единицу площади почвенного покрова. В результате исследования выявлено, что наибольшее количество экземпляров почвенных беспозвоночных обнаруживается в сенокосном геотопе при орошении. Сельскохозяйственное использование во всех вариантах исследования приводит к снижению численного состава почвенных беспозвоночных, при этом наблюдается повышение разнообразия фаунистического комплекса почвы под посевами многолетних трав. Наименьшее общее количество и разнообразие педобионтов было обнаружено при возделывании картофеля. Показано, что анализ трофической структуры мезопедобионтов может служить показателем экологического состояния геосистемы. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории и методологии мониторинга деградационных процессов в почвенных системах.

Ключевые слова: геосистема, биомониторинг, антропогенный пресс, орошение, беспозвоночные, структура, численность, семейство, питание

Для цитирования: Ильин Ю.М., Раднаева М.В., Даржаев В.Х. 2023. Результаты мониторинга состояния геосистем с использованием мезофауны беспозвоночных как биоиндикаторов антропогенного воздействия. Региональные геосистемы, 47(1): 156–170. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Results of Monitoring of Geosystems Using Invertebrate Mesofauna as Bioindicators of Anthropogenic Impact

Yuriy M. Iljin, Marija V. Radnaeva, Valerij Kh. Darzhaev

V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy
8 Pushkin St, Ulan-Ude 8670010, Republic of Buryatia
E-mail: ilbar50@mail.ru, mariaai87@mail.ru, valera_darzhaev@mail.ru

Abstract. The functioning of the soil subsystem, which is an integral part of natural and anthropogenic geosystems, is determined, along with other factors, by the vital activity of the invertebrate mesofauna. Despite a significant number of publications on soil topics, relatively little attention is paid to the animal population in the scientific literature. The purpose of this study is to determine the possibility of using soil invertebrates of non-microscopic dimension to monitor the development of degradation processes in soils. The essence of the methodology is the quantitative assessment of the animal population and its diversity

per unit area of soil cover. As a result of the study, it was revealed that the largest number of specimens of soil invertebrates is found in the fallow geotope during irrigation. Agricultural use in all variants of the study leads to a decrease in the numerical composition of soil invertebrates, while there is an increase in the diversity of the faunal complex of the soil under the crops of perennial grasses. The smallest total number and diversity of pedobionts was found during potato cultivation. It is shown that the analysis of the trophic structure of mesopedobionts can serve as an indicator of the ecological state of the geosystem. The obtained results contribute to the development of the theory and methodology of monitoring degradation processes in soil systems.

Key words: geosystem, monitoring, anthropogenic press, irrigation, invertebrates, structure, population, family, nutrition

For citation: Pjin Yu.M., Radnaeva M.V., Darzhaev V.Kh. 2023. Results of Monitoring of Geosystems Using Invertebrate Mesofauna as Bioindicators of Anthropogenic Impact. *Regional Geosystems*, 47(1): 156–170. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-156-170

Введение

Окружающая среда и биосфера в настоящее время испытывают непрерывное, многообразное и разнородное давление со стороны человека и его цивилизации. В этом многообразии прессинг сельского хозяйства с его многомиллионными площадями пахотных земель становится основным дезинтегратором внешних и внутренних связей природных ландшафтов.

Существует жесткая детерминированная связь между определенным воздействием на геосистему, характером изменений и уровнем последствий. Следовательно, критерием оценки изменений и последствий в природных ландшафтах принимается качественное состояние исходных ресурсов или исходное «качество» их внутренней и внешней среды. Стратегия предупреждения, сохранения и охраны должна быть ориентирована на анализ, определение и фиксацию различных экологических состояний ландшафта до момента его освоения с учетом природных резервов геосистемы по возобновлению извлекаемых ресурсов. Одним из основных в ряду многих природных ресурсов, присутствующих на планете, является живое вещество биосферы, которое имеет свойство постоянного возобновления.

Реальный живой мир, его взаимная увязанная целостность и жесткая детерминированность (зависимость) от внешнего космического пространства¹ [Смит, 1982] порождает защитную экологическую среду или жизненную среду [Гумбольдт, 1959; Реймерс, 1994]. Это означает, что организмы создали свою ойкумену или, другими словами, сама жизненная среда, почва, приготовлена биотой [Докучаев, 1883] и ей нет смысла тратить энергию и вещество на адаптацию, ибо существует сверхзадача – поддержание ими своей среды обитания в оптимальном для жизни состоянии [Седов, 1976; Капра, 2003; Ильин и др., 2019; Арутюнов, 2021]. Поддержание же оптимальной среды обитания диктуется тем, что «... биологический вид, наделенный сочетанием жестко детерминированных рефлексов, инстинктов и наследственных признаков, способен сохранять жизнеспособность в условиях неизменной среды» [Седов, 1976].

Поэтому, создание организмами своей ойкумены (почвенной системы) является их естественной функцией, острой необходимостью и важной причиной в борьбе за выживание, которая предполагает создание оптимальных условий для развития живой материи посредством симметричного ответа на внешние возмущения, генерируемые

¹ Рудль К.Ф. 1850. Куда девалась городская ласточка? *Отечественные записки*, 71: 7.



геотопом и окружающей средой [Ильин и др., 2019; 2020]. Поэтому биота 99 % своей энергии затрачивает на погашение внутренних флуктуаций (обустройство), занимаемой ими ниши, то есть почвы [Марков, 2008].

Так, согласно [Гиляров, Криволицкий, 1985], в почвенных системах и на почвах обитает 92 % всех животных и растений. Значит, почвенные системы являются базисом, несущей поверхностью иместилищем (экодомом) организмов в природных ландшафтах.

Почвы, являясь результатом взаимодействия живой и неживой природы, стали важнейшим и незаменимым компонентом геосистем, основой продуцирования биологического вещества, пищевых цепей и энергетических процессов [Ковда, 1985]. Управляя круговоротом вещества в природе и регулируя энергетические процессы, она, почва, становится инвариантом геосистем разного уровня иерархии [Ильин и др., 2020]. Таким образом, одной из важнейших проблем современной научной мысли является изучение взаимосвязей в системе «биота – почва». На основе имеющихся данных и с учетом нарастающей эскалации антропогенных технологий в биосфере, в мировой литературе широко обсуждаются методы контроля состояния наземных и водных экосистем, их возможной экологической оценки по схеме «воздействие – изменение – последствие» [Одум, 1975; Израэль, 1984; Бессолицына, 2021]. Среди наземных экосистем, культурные пашни с их механическими обработками, вносят наибольший вклад в хаотизацию взаимосвязей в системе «биота – почва» и одновременно они чрезвычайно важны в социально-экономическом плане [Ильин и др., 2020]. Именно по этим причинам необходима организация на этих территориях регулярного мониторинга на основе единой системы методов выявления, последующей оценки и наблюдения за состоянием почвенных систем, из которых слагаются земли сельскохозяйственного назначения. В настоящее время такие исследования проводятся как у нас в стране [Соколова, Сухина, 2017; Самедов, 2019; Никифорова, Морозов, 2020; Широкова, Юрова, 2021; Kolesnikova, Konakova, 2021], так и за рубежом [George et al., 2017; Wei et al., 2017; Leclercq-Dransart et al., 2020; Tukenova et al., 2022].

Живые организмы являются вещественной основой формирования биокосных тел. Ответная реакция живых организмов на внешние воздействия проявляется в изменении количественных и качественных показателей (биомасса, разнообразие и др.), что позволяет рассматривать их как перспективный биоиндикатор, который дает возможность обнаруживать отклонения в функционировании почвенного компонента природного комплекса в целом. В связи с этим целью настоящей работы является выявление и выбор мониторинговых тест-объектов функционирования почвенной системы согласно схеме «воздействия – изменения – последствия».

Исследования проводили на территории учебно-мелиоративного полигона (УМП) «Сужа» ФГБОУ ВО БГСХА им. В.Р. Филиппова. УМП «Сужа» расположен в Иволгинской котловине Западного Забайкалья и входит в буферную зону Байкальской природной территории (БПТ). Климат территории экстремально континентальный. Среднегодовые температуры отрицательные (–1,1), безморозный период составляет 110–116 дней, сумма температур выше 10 °С равна 1900–2000 °С. Среднегодовое количество осадков составляет здесь 234 мм, большая часть которых (60–70 %) выпадает во второй половине лета. Территория УМП «Сужа» по теплообеспеченности относится к умеренно-теплому району². Согласно осредненным климатическим показателям, район исследований входит в сухостепную ландшафтную зону, в которой культивируемые агрофитоценозы требуют регулярного орошения.

² Атлас Забайкалья. 1967. М., Иркутск, ГУГК, 176 с.

Объекты и методы исследования

В основу настоящей работы положены данные полевых и лабораторных исследований, которые проводили на аллювиальной луговой почве. Отбор и учет мезопедобионтов был выполнен в августе в полевых сезонах 2013–2015 гг. Сущность метода заключается в отлове представителей мезофауны до нижней границы их расселения. При этом основное внимание уделялось определению абсолютного количества немикроскопических организмов (мезоэдафона) на единицу площади почвенного покрова. Принадлежность организма к тому или иному семейству определяли микроскопически в лабораторных условиях.

Объект исследований – живое вещество почвы анализируется на ландшафтном уровне, где фиксируется состояние и динамика мезофауны биоценозов. Как правило, в экосистемном метаболизме ландшафтов ни один из видов биоты не является самостоятельным. Поэтому вопрос о связи видового богатства с устойчивостью экосистемы является дискуссионным. В связи с этим определение таксонов беспозвоночных аллювиальной луговой почвы проводили до уровня семейств.

Результаты и их обсуждения

Известно, что в почве находит отражение всякое воздействие на ландшафт или геосистему. Изменения почвы, являющейся средой обитания биотических сообществ [Ильин и др., 2020], неизбежно сказываются на количественной и качественной структуре и функционировании мезофауны.

Общая численность беспозвоночных в геотопах с аллювиальными луговыми почвами колеблется в пределах 8,0–180,0 экз./м² (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Численность (экз./ м²) и обилие (%) беспозвоночных
в аллювиальной луговой почве геотопов сухостепного ландшафта
Number (units/m²) and abundance (%) of invertebrates
in alluvial meadow soil of geotopes of the dry steppe landscape

Геотоп	Вариант	Открыточелюстные (<i>Insecta-Ectognatha</i>)		Многоножки (<i>Myriopoda</i>)		Малощетинковые (<i>Oligochaeta</i>)		Всего, экз./м ²
		экз./м ²	%	экз./м ²	%	экз./м ²	%	
Целина	Богара	157,2 ± 3,66	100	–	–	–	–	157,2
Естественный сенокос	Богара	92,0 ± 3,63	97,2	1,4 ± 0,80	1,4	1,4 ± 0,49	1,4	94,8
	Орошение	180,0 ± 8,27	100	–	–	–	–	180,0
Многолетние травы	Богара	8,0 ± 1,41	100	–	–	–	–	8,0
	Орошение	86,6 ± 2,33	97,0	2,6 ± 0,80	3,0	–	–	89,2
Картофель	Богара	8,0 ± 1,41	100	–	–	–	–	8,0
	Орошение	46,6 ± 2,50	100	–	–	–	–	46,6

Примечание: прочерк – не обнаружено.

В целинном геотопе с естественными условиями общая численность мезофауны составляет 157,2 экз./м². Максимальное количество почвенных беспозвоночных зарегистрировано в геотопе под естественным сенокосом при орошении – 180,0 экз./м².



Важно отметить, что регулярное применение орошения увеличивает численность беспозвоночных в геотопе под естественным сенокосом по сравнению с целинным аналогом в 1,1 раз. В других геотопах сельскохозяйственное использование почвы в условиях богары и орошения приводит к снижению численного состава почвенных беспозвоночных. Наиболее выпукло, критично снижение количества населения почвы наблюдается в геотопах без орошения, где его численность уменьшается в 19,7 раз под посевами многолетних трав и картофеля.

Применение на естественных сенокосах оросительной мелиорации увеличивает численность беспозвоночных до 180,0 экз./м², что больше на 22,8 экз./м² в сравнении с целинным аналогом и на 88,0 экз./м² по отношению к тому же геотопу с атмосферным увлажнением. Регулярное орошение естественного травостоя сенокосного геотопа стимулирует формирование разнотравно-злаковых фитоценозов, в составе растений появляется люцерна серповидная, увеличивается фитомасса и растительный опад, которые служат кормовой базой и укрытием для многочисленных насекомых (180,0 экз./м²).

Принимая экологическое состояние целинного ландшафта за 100 %, можно оценить степень антропогенной нарушенности экосистем по пятибалльной оценочной шкале. Эта шкала широко используется в биоиндикации, где I степень соответствует очень слабому ухудшению среды обитания, а отклонение индикационных показателей от фоновых характеристик составляет не более 20 %; II – слабая степень с отклонением от 21 до 40 %; III – средняя степень (41–60 %); IV – сильная (61–80 %) и более 81 % – очень сильная.

Степень нарушенности экосистем сухостепного ландшафта Иволгинской котловины, где индикативными параметрами является численный состав населения почвенной системы, представлена в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Степень нарушенности экосистем сухостепного ландшафта
 по результатам анализа численности беспозвоночных
 The degree of disturbance of ecosystems of the dry steppe landscape according
 to the results of the analysis of the number of invertebrates

Отклонение от фоновых характеристик, %	Целина	Естественный сенокос		Многолетние травы		Картофель		Степень нарушенности
		Богара	Орошение	Богара	Орошение	Богара	Орошение	
< 20	100	–	114,5	–	–	–	–	отсутствие
21–40	–	–	–	–	–	–	–	слабая
41–60	–	41,5	–	–	44,9	–	–	средняя
61–80	–	–	–	–	–	–	72,3	сильная
> 81	–	–	–	94,9	–	94,9	–	очень сильная

Примечание: прочерк – не обнаружено.

Анализ приведенных в таблице данных показывает низкую эффективность антропогенных технологий при освоении и вовлечении в сельскохозяйственный оборот целинных земель. Так, под воздействием богарного и орошаемого земледелия происходят негативные изменения в экосистемах, где степень их нарушенности варьирует от средней до очень сильной. Противопоставление друг другу агротехнологий богарного и орошаемого земледелия по степени влияния на изменения, происходящие в

биоценозах почвенных систем, дает право утверждать, что искусственное дождевание менее негативно. Особенно это заметно под фитоценозами естественных сенокосов, где наблюдается расширенный, численный прирост мезофауны на 14,6 % в сравнении с целинным аналогом.

Временное отсутствие почвенных животных является не только причиной возникновения численного колебания, но и служит механизмом, позволяющим переживать организмам неблагоприятные условия. Значит, этот параметр является инертным видом устойчивости, где система почвенных животных обладает способностью сохранять свое состояние при внешнем воздействии в течение некоторого периода времени. Однако, господствующий ныне при изучении реакции сообщества почвенных животных на сезонное изменение условий жизни, редуционно-аналитический подход не дает однозначных ответов. Поэтому представляется достаточно обоснованным проводить количественное изучение структуры почвенной мезофауны не по отдельным признакам, а по их сопряженным комплексам, определяющим реакцию организма на сумму экологического воздействия эндогенного и экзогенного начала.

Известно, что колебания общей численности и биомассы беспозвоночных – часто ненадежный критерий для определения степени воздействия. Поэтому, признавая большое значение доминирующих групп, представляется более информативным оценить структуру всего фаунистического комплекса в целом (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Таксоны, численность и биомасса сообщества беспозвоночных
в аллювиальной луговой почве геотопов сухостепного ландшафта
Taxons, abundance and biomass of invertebrate communities
in alluvial meadow soil of dry steppe landscape geotopes

Таксон	Богара				Орошение		
	Целина	Естественный сенокос	Многолетние травы	Картофель	Естественный сенокос	Многолетние травы	Картофель
Класс	1	3	1	1	1	2	1
Отряд	2	3	3	2	3	4	2
Семейство	6	8	6	3	6	10	4
Глубина встречаемости, см	20	20	30	20	30	30	30
Численность, экз./м ²	157,2	94,8	8,0	8,0	180,0	89,2	46,6
Биомасса, г/м ²	1,534±0,17	3,335±0,10	0,128±0,024	0,041±0,014	2,419 ± 0,13	1,116 ± 0,03	1,091 ± 0,10

Беспозвоночные целинного геотопа обживают верхний слой почвенной толщи (0–20 см). Эту же нишу почвы занимают беспозвоночные естественных сенокосов и педобионты под посадками картофеля. Животное население под многолетними травами обживает слой до 30 см аллювиальной луговой почвы. Объединяющим началом этих геотопов являются естественные природные условия.



Комплекс мезофауны неорошаемого сенокосного геотопа отличается от комплекса беспозвоночных целинного и агрогенных геотопов. Естественное восстановление фитоценозов при охране территории приводит к разнообразию фаунистического комплекса почвенной системы. В этом геотопе в дополнение к классу насекомых появляются классы многоножек и олигохет.

Создание агроценозов на целинных землях изменяет таксономическую структуру мезофауны аллювиальной луговой почвы Иволгинской котловины. Так, увеличивается количество отрядов беспозвоночных под посевами многолетних трав во всех исследуемых геотопов – с 2 (целина) до 4 (орошение). При орошении многолетних трав количество семейств возрастает с 6 (целина) до 10. Не менее интересна тенденция усложнения таксономического структурного разнообразия у беспозвоночных богарного естественного сенокосного геотопа в сравнении с таксонами целинного геотопа. Кроме того, в этом геотопе при падении численности беспозвоночных с 157,2 (целина) до 94,8 экз./м² самая высокая биомасса – 3,335 г/м². Достаточно парадоксальная ситуация: по численности беспозвоночных экосистема богарного сенокосного геотопа оценивается как средней степени нарушенности, а по структурному разнообразию ее мезофауна не уступает орошаемому геотопу многолетних трав и явно превосходит по разнообразию таксономическую структуру беспозвоночных целинного геотопа.

Это означает, что население беспозвоночных вынуждено на основе прежних внутренних связей выстраивать такую систему взаимоотношений между собой, которая теперь в большей степени отвечает новым экологическим требованиям почвенного покрова. Можно утверждать, что сообщество почвенных животных переходит на следующую ступень защиты от неблагоприятных внешних воздействий – пластичность. Этот вид устойчивости системы характеризуется способностью сообщества организмов переходить из одного стационарного состояния в другое, но при этом сохранять свои прошлые эндогенные связи.

Пропашное земледелие с возделыванием картофеля снижает влияние на число семейств под посевами картофеля с 6 (целина) до 3 (богара) и 4 (орошение). Результаты нашего анализа, проведенного на материале, собранном в Иволгинской котловине Западного Забайкалья, показывают, что антропогенные факторы, конкурируя с природными зональными факторами, генерируют изменения в структуре фауны зонального ряда, которые проявляются не только на уровне семейств, но и на уровне более крупных таксонов. В то же время, численный состав и общая биомасса беспозвоночных не синхронизируется с изменениями, произошедшими в структуре почвенных животных (см. табл. 3).

Поэтому пространственное распределение организмов на ландшафтном уровне можно объяснить, беря в качестве базовой единицы функциональные группы (экоморфы) почвенных животных. Как правило, ландшафтный уровень и выше тесно связаны с таксонами беспозвоночных на уровне семейств [Anderson et al., 2005; Зайцев, 2022].

При определении функциональных экоморф почвенных животных мы отошли от классического деления их на трофические группы по пищевой специализации. Хотя облигатные фитофаги и имеют тесную связь с их пищевыми объектами, но их ценность для диагностики почвообразовательных процессов как экологических факторов гораздо ниже, чем прочих групп беспозвоночных. Трофические связи почвообитающих хищников выявить очень сложно и для этого необходимы специализированные исследования [Сергеева, 1982]. То же самое свойственно некрофагам. Как правило, специализированные некрофаги в толще почвы не встречаются, и большинство видов развиваются на падали³. В связи с этим в нашей работе они не рассматриваются. Особенности экологии этих групп беспозвоночных в большой степени определяются их пищевыми пристрастиями, а не

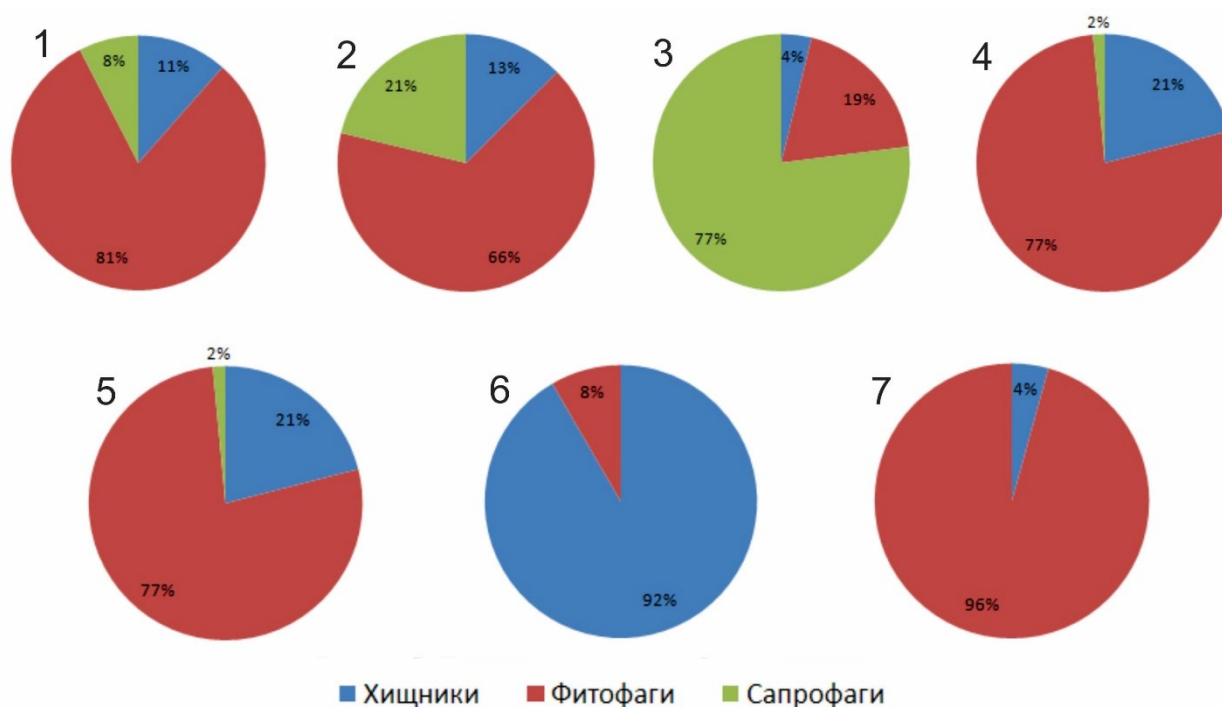
³ Мамаев Б.М. 1972. Определитель насекомых по личинкам. М., Просвещение, 400 с.

свойствами почвы, формирующими характер и облик экосистемы. Поэтому можно считать вышеуказанные группы беспозвоночных достаточно однородными и не проводить дальнейшую специализацию в рамках решаемой задачи.

В мезофауне сапрофильных беспозвоночных можно выделить несколько функциональных экоморф, выполняющих различную роль в детритных пищевых цепях, – фитофаги, микрофитофаги и детритофаги [Стриганова, 1980; Гордиенко и др., 2021]. Беспозвоночные сапрофильного профиля согласно Козловской [1976] различают по результатам воздействия на остатки растительной массы в процессе их утилизации, в соответствии с чем в их структуре могут быть выделены группы карболиберантов и нитролиберантов. Карболиберанты контролируют миграцию углерода в почве, а нитролиберанты – миграцию азота [Козловская, 1981]. Эти группы можно рассматривать как аналоги минерализаторов и гумификаторов [Стриганова, 1980], которые непосредственно создают почвенную толщу.

Антропогенные технологии, изменяя и превращая ландшафты в культурные фитоценозы, приводят к локальным изменениям характеристик зонального типа биологического круговорота, одновременно происходит смена источников питания. В результате почвенные животные вынуждены осуществлять структурную перестройку в первую очередь на уровне семейств, отвечающих за трофическую цепь. В связи с этим, многие авторы [Коробов, 1976; Безкоровайная и др., 2018; Витион, 2019; Мусаев и др., 2020; Рыбалов, 2022] отмечают, что в почвах, подверженных антропогенному воздействию, наблюдается своеобразное изменение трофической структуры почвенной биоты.

Характеристики трофических групп беспозвоночных геотопов аллювиальной луговой почвы и их изменения под влиянием антропогенного пресса представлены на рис. 1.



1 – целина; 2 – естественный сенокос, богара; 3 – естественный сенокос, орошение; 4 – многолетние травы, богара; 5 – многолетние травы, орошение; 6 – картофель, богара; 7 – картофель, орошение.

Рис. 1. Процентное соотношение численности различных трофических групп в структуре почвенной мезофауны

Fig. 1. Percentage ratio of the number of different trophic groups in the structure of the soil mesofauna



Проведенный анализ трофической структуры почвенных животных показывает, что хищники и фитофаги присутствуют во всех геотопах аллювиальной луговой почвы. Значит, эти трофические группы мезопедобионтов не могут быть знаковыми биоиндикаторами изменения их среды обитания – почвенной системы. Беспозвоночные, хищники и фитофаги являются лишь потребителями органической массы, не влияя напрямую на гумификационные процессы. Между тем, сапрофаги не обнаружены в трех из семи геотопах данной почвы. Отсутствие их в антропогенном фитоценозе с естественными условиями жизни, под картофелем при орошении и без орошения связано с тотальным выносом урожая сельскохозяйственных культур в закрома товаропроизводителей. А оставшаяся на поле после уборки урожая органическая масса, вероятно, обладает специфическим химическим составом или недостаточна для обеспечения жизненных потребностей сапрофагов, или и то и другое вместе взятое.

Известно, что сапрофаги тесно и напрямую связаны с показателями химического состава (Ca, Mg, K и др.) и обилия растительной подстилки как объекта питания. Поэтому они, одни из первых, реагируют на антропогенные воздействия, которые экспроприируют урожай фитоценозов, оставляя сапрофагов на голодном пайке. Поэтому, снижение их доли может служить сигналом начала изменения направления почвообразовательного процесса и, вместе с ним, изменения биотического круговорота в геосистеме, трактуемого экологами как нарушение жизни экосистемы. Полное отсутствие сапрофагов в комплексе педобионтов указывает, что в почве, которая является инвариантом геосистемы [Ильин и др., 2020], прекращаются гумусообразовательные процессы и вместе с ними депонирование органического вещества – гумуса. Отсутствие сапрофагов (*Lumbicidae*, *Mollusca*, *Isopoda*, *Diplopoda*, *Enchytreidae*, *Tipulidae* и др.) – это сигнал о начале использования верхних, дневных гумусированных слоев почвы человеком, растительными сообществами, фитофагами и зоофагами. Это означает, что растения и организмы в силу жизненной необходимости будут использовать ранее накопленное гумусное богатство почвы. Таким образом, в почвенной системе запускаются деградационные процессы биологического характера. Значит, беспозвоночные сапрофаги педосистем могут служить естественными биоиндикаторами экологического состояния геосистемы.

При переводе пашни в категорию залежных земель и их использовании в качестве орошаемых сенокосов происходит восстановление функциональной структуры почвенных животных, где доля сапрофагов достигает 77 % и 21,3 % при атмосферном увлажнении. Кроме того, оросительная мелиорация стимулирует появление сапрофагов в почве под посевами многолетних трав.

Заключение

В геосистемах инвариантом следует считать почву, где пересекаются потоки живой и неживой природы, формируются пищевые цепи, регулирующие планетарные и локальные биохимические и биогеохимические циклы в целях создания биологической продукции и депонирования углерода в гумусной оболочке биосферы. Современное состояние почв, в том числе агрогенных, определяется неизменностью факторов почвообразования и в процессе своей «жизни» почва претерпевает изменения и трансформации как под воздействием природных и антропогенных факторов, так и в ходе саморазвития. В результате формируется элементарный почвообразовательный процесс, который определяет структурный состав эдафона.

Специфический эдафон, складывающийся в каждом типе почв, чутко реагирует на различные изменения почвенных процессов сдвигом численности отдельных семейств, но при этом остается сложным комплексом живых организмов, который осуществляет деструкцию органического вещества с последующим упорядочением ее в органо-минеральные комплексы или, по крайней мере, осуществляет мягкую инверсию (расщепление сложных углеводов, белков и др.).

Временное отсутствие отдельных групп мезобионтов в геотопах аллювиальной луговой почвы Иволгинской котловины Западного Забайкалья служит механизмом, позволяющим организмам переживать неблагоприятные условия. Это указывает на проявление инертной устойчивости, где система почвенных животных обладает способностью сохранять свое состояние при внешнем воздействии в течение некоторого периода времени. Отсутствие же в геотопах аллювиальной луговой почвы с посевами многолетних трав (богара) и картофеля (богара и орошение) сапрофагов-гумусообразователей указывает на деградационные процессы, происходящие в почве.

Восстановление фаунистического комплекса после активного внешнего воздействия до исходного состояния определяется наличием всех функциональных групп (экоморф) почвенных животных.

Качественные изменения, происходящие в структуре всего фаунистического комплекса почвенных животных, указывают на то, что сообщество мезопедобионтов переходит на следующую ступень защиты от неблагоприятных внешних воздействий – пластичную. Этот вид устойчивости системы характеризуется способностью сообщества организмов почвы переходить из одного стационарного состояния в другое, но при этом сохранять прошлые эндогенные связи.

Таким образом, мониторинг экологического состояния геосистем необходимо осуществлять на основе анализа всего комплекса беспозвоночных животных почвенной системы. Выбор биоиндикаторов в условиях непрерывного антропогенного пресса зависит от целей и задач, решаемых обществом в процессе сельскохозяйственного и иного использования.

Список литературы

- Арутюнов В.С. 2021. Концепция устойчивого развития и реальные вызовы цивилизации. Вестник Российской академии наук, 91(3): 205–214. DOI: 10.31857/S0869587321030026
- Безкоровайная И.Н., Гренадерова А.В., Кошкарова А.В., Смолянинова С.Э. 2018 Отклик почвенных беспозвоночных на послепожарную трансформацию лесных экосистем Средней Сибири. В кн.: Проблемы почвенной зоологии. Материалы XVIII Всероссийского совещания по почвенной зоологии. Москва, 22–26 октября 2018. Москва: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК: 29–30.
- Бессолицына Е.П. 2021. Антропогенная дестабилизация состояния почвенно-биотических сообществ в геосистемах юга Восточной Сибири. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 36: 16–25. DOI: 10.26516/2073-3402.2021.36.16
- Витион П.Г. 2019. Резистентность педобионтов к засухе в экосистемах. В кн.: Биологическое разнообразие – основа устойчивого развития. Материалы международной научно-практической конференции, Грозный, 22 мая 2019. Грозный, Чеченский государственный педагогический университет: 30–42.
- Гиляров М.С., Криволицкий Д.А. 1985. Жизнь в почве. М., Изд-во Молодая гвардия, 191 с.
- Гордиенко Т.А., Вавилов Д.Н., Лукьянова Ю.А. 2021. Структурная организация сообщества наземных и почвенных беспозвоночных на естественных и нарушенных участках Танаевских лугов Национального парка «Нижняя Кама». Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Сидовича, 29: 38–50.
- Гумбольдт А.Ф. 1959. Картины природы. М., Наука, 269 с.
- Докучаев В.В. 1883. Русский чернозем. СПб., Императорское Вольное экономическое общество, 376 с.
- Зайцев А.С. 2022. Интенсивность землепользования определяет долю экологически пластичных видов орибатид с широким ареалом в луговых почвах. В кн.: Биота, генезис и продуктивность почв. Материалы XIX Всероссийского совещания по почвенной зоологии, Улан-Удэ, 15–19 августа 2022. Улан-Удэ, Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН: 79–80.
- Израэль Ю.А. 1984. Экология и контроль состояния природной среды. М., Гидрометеоздат, 560 с.



- Ильин Ю.М., Калашников К.И., Коменданова Т.М. 2020. Современное состояние и рациональное использование земельных ресурсов в Байкальском регионе. Улан-Удэ, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 194 с.
- Ильин, Ю.М., Павлова Е.В., Базаржапов Б.Д. 2019. Аграрное землепользование и мелиорация в Байкальском регионе: назад в прошлое. В кн.: Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, Барнаул, 07–08 февраля 2019. Барнаул, Алтайский государственный аграрный университет, Книга 2: 408–409.
- Капра Ф. 2003. Паутина жизни. Новое понимание живых систем. М., София, 336 с.
- Ковда В.А. 1985. Биогеохимия почвенного покрова. М., Наука, 264 с.
- Козловская Л.С. 1976. Роль почвенных беспозвоночных в трансформации органического вещества болотных почв. Л., Наука, 211 с.
- Козловская Л.С. 1981. Почвенные беспозвоночные как фактор формирования почвенного биогеоценоза. Киев, Урожай, 101 с.
- Коробов Е.Д. 1976. Относительное значение различных крупных почвообитающих беспозвоночных для индикации почвенных условий в биогеоценозах южной тайги. М., Наука, 123 с.
- Марков Ю.Г. 2008. Экология и информация: новые идеи. Новосибирск, ГПНТБ СО РАН, 163 с.
- Мусаев Ф.А., Бабушкин В.А., Гаглоев А.Ч., Захарова О.А. 2020. Оценка результатов экспериментальных исследований микроорганизмов торфяной почвы. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2: 129–138. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10052
- Никифорова Ю.Ю., Морозов Н.А. 2020. Оценка влияния органоминерального компоста на состав мезофауны и физико-химические свойства почвы в условиях агроландшафта. Инновации. Наука. Образование, 22: 672–679.
- Одум Ю. 1975. Основы экологии. М., Мир, 742 с.
- Реймерс Н.Ф. 1994. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., Журнал «Россия Молодая», 367 с.
- Рыбалов Л. Б. 2022. Состав и структура населения почвенной макрофауны южной Чукотки. В кн.: Биота, генезис и продуктивность почв. Материалы XIX Всероссийского совещания по почвенной зоологии, Улан-Удэ, 15–19 августа 2022. Улан-Удэ, Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН: 139–140.
- Самедов П.А. 2019. Взаимосвязь между количественными показателями беспозвоночных животных и гумусом почвы. Евразийский союз ученых, 3–5(60): 30–33.
- Седов Е.А. 1976. Эволюция и информация. М., Наука, 232 с.
- Сергеева Т.К. 1982. Методы и современное состояние изучения трофических связей хищных почвенных беспозвоночных: серологический анализ питания. Зоологический журнал, 62(2): 109–119.
- Смит Р.Л. 1982. Наш дом планета Земля. Полемические очерки об экологии человека. М., Мысль, 382 с.
- Соколова Т.Л., Сухина Т.В. 2017. Биоиндикационная роль почвенной мезофауны в оценке почв различных биогеоценозов Костромской области. В кн.: Природа Костромского края: современное состояние и экомониторинг. Материалы Межрегиональной научно-практической конференции, Кострома, 24–25 марта 2017. Кострома, Костромской государственный университет: 35–39.
- Стриганова Б.Р. 1980. Питание почвенных сапрофагов. М., Наука, 243 с.
- Широкова В.А., Юрова Ю.Д. 2021. Комплексная геоэкологическая оценка водосборной территории р. Осетр в условиях антропогенного воздействия. Региональные геосистемы, 45(4): 601–616. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616.
- Anderson M.J., Connell S.D., Gillanders B.M., Diebel C.E., Blom W.M., Landers T.J., Saunders J.E. 2005. Relationships Between Taxonomic Resolution and Spatial Scales of Multivariate Variation in Kelp Holdfast Assemblages. *Journal of Animal Ecology*, 74: 636–646. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2005.00959.x

- George P.B., Keith A.M., Creer S., Barrett G.L., Lebron I., Emmett B.A., Robinson D.A., Jones D.L. 2017. Evaluation of Mesofauna Communities as Soil Quality Indicators in a National-Level Monitoring Programme. *Soil Biology and Biochemistry*, 115: 537–546. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022
- Kolesnikova A.A., Konakova T.N. 2021. The State of Soil Macrofauna in Pine and Spruce Forests of the Middle Taiga Zone during Reduction of Pulp and Paper Industry Emissions (Komi Republic). *Contemporary Problems of Ecology*, 14: 665–674. DOI 10.1134/S1995425521060068
- Leclercq-Dransart J., Demuynck S., Douay F., Grumiaux F., Pernin C., Leprêtre A. 2020. Comparison of the Interest of four Types of Organic Mulches to Reclaim Degraded Areas: a Field Study Based on Their Relative Attractiveness for Soil Macrofauna. *Ecological Engineering*, 158: 106066. DOI 10.1016/j.ecoleng.2020.106066
- Tukenova Z.A., Alimzhanova M.B., Akylbekova T.N., Ashimuly K., Kuandykova A.D. 2022. Changes in the Ecological and Biological Properties of Light-Chestnut Soils in the South-East of Kazakhstan Under Heavy Metal Pollution. *Soil Science and Agrochemistry*, 1: 52–61. DOI 10.51886/1999-740X_2022_1_52
- Wei H., Liu W., Zhang J., Qin Z. 2017. Effects of Simulated Acid Rain on Soil Fauna Community Composition and Their Ecological Niches. *Environmental Pollution*, 220: 460–468. DOI 10.1016/j.envpol.2016.09.088

References

- Arutyunov V.S. 2021. The Concept of Sustainable Development and Real Challenges of Civilization. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 91(2): 102–110 (in Russian). DOI: 10.1134/S1019331621020027
- Bezkorovaynaya I.N., Grenaderova A.V., Koshkarova A.V., Smolyaninova S.E. 2018. Responses of Soil Invertebrates on the Transformation of Post-Fire Forest Ecosystems of Central Siberia. In: *Problems of Soil Zoology. Proceedings of the XVIII All-Russian Conference on Soil Zoology*. Moscow, 22–26 October 2018. Moscow, Publ. Obschestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK: 29–30 (in Russian).
- Bessolitsyna E.P. 2021. Anthropogenic Destabilization of the Soil-Biotic Communities State' in the Geosystems on the South of Eastern Siberia. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series «Earth Sciences»*, 36: 16–25 (in Russian). DOI: 10.26516/2073-3402.2021.36.16
- Vitton P.G. 2019. Rezistentnost' pedobiontov k zasuhe v ekosistemah [Resistance of Pedobionts to Drought in Ecosystems]. In: *Biologicheskoe raznoobrazie – osnova ustojchivogo razvitiya [Biological Diversity is the Basis of Sustainable Development]*. Materials of the International Scientific and Practical Conference, Grozny, 22 May 2019. Grozny, Publ. Chechenskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet: 30–42.
- Gilyarov M.S., Krivolutskiy D.A. 1985. *Zhizn v pochve [Live in the soil]*. Moscow, Publ. Molodaya gvardiya, 191 p.
- Gordienko T.A., Vavilov D.N., Lukyanova YU.A. 2021. Structural Organization of the Community of Land and Soil Invertebrates in Natural and Disturbed Areas of Tanayev Meadows of the Nizhnaya Kama National Park. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve*, 29: 38–50 (in Russian).
- Humboldt A. 1959. *Ansichten der Natur*. Moscow, Publ. Nauka, 269 p. (in Russian).
- Dokuchaev V.V. 1883. *Russkiy chernozem [Russian chernozem]*. St. Petersburg, Publ. Imperatorskoye Volnoye ekonomicheskoye obshchestvo, 376 p.
- Zajcev A.S. 2022. Intensivnost' zemlepol'zovaniya opredelyaet dolyu ekologicheskii plastichnyh vidov oribatid s shirokim arealom v lugovyh pochvah [The Intensity of Land Use Determines the Proportion of Ecologically Plastic Oribatid Species with a Wide Range in Meadow Soils]. In: *Biota, genesis i produktivnost' pochv [Biota, Genesis and Productivity of Soils]*. Materials of the XIX All-Russian Conference on Soil Zoology, Ulan-Ude, 15–19 August 2022. Ulan-Ude, Publ. Buryatskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya RAN: 79–80.
- Izrael Yu.A. 1984. *Ekologiya i kontrol sostoyaniya prirodnoy sredy [Ecology and Control of State of the Environment]*. Moscow, Publ. Gidrometeoizdat, 560 p.



- Iljin Yu.M., Kalashnikov K.I., Komendanova T.M. 2020. *Sovremennoe sostoyanie i racional'noe ispol'zovanie zemel'nyh resursov v Bajkal'skom regione* [The Current State and Rational Use of Land Resources in the Baikal Region]. Ulan-Ude, Publ. Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya imeni V.R. Filippova, 194 p.
- Iljin Yu.M., Pavlova E.V., Bazarzhapov B.D. 2019. *Agrarnoe zemlepol'zovanie i melioraciya v Bajkal'skom regione: nazad v proshloe* [Agricultural land use and land reclamation in the Baikal region: back to the past]. In: *Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu* [Agrarian science – agriculture]. Collection of materials of the XIV International Scientific and Practical Conference, Barnaul, 07–08 February 2019. Barnaul, Publ. Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, Book 2: 408–409.
- Kapra F. 2003. *Pautina zhizni. Novoe ponimanie zhivyyh sistem* [Web of Life. New Understanding of Living Systems]. Moscow, Publ. Sofiya, 336 p.
- Kovda V.A. 1985. *Biogehimiya pochvennogo pokrova* [Biogeochemistry of Soil Cover]. Moscow, Publ. Nauka, 264 p.
- Kozlovskaya L.S. 1976. *Rol pochvennyih bespozvonochnyih v transformatsii organicheskogo veschestva bolotnyih pochv* [The Role of Soil Invertebrates in Organic Matter Transformation in Wetlands]. Leningrad, Publ. Nauka, 211 p.
- Kozlovskaya L.S. 1981. *Pochvennyie bespozvonochnyie kak faktor formirovaniya pochvennogo biogeotsenoza* [Soil Invertebrates as a Factor of Organization of Soil Biogeocoenosis]. Kiev, Publ. Urozhay, 101 p.
- Korobov E.D. 1976. *Otnositelnoe znachenie razlichnyih krupnyih pochvoobitayuschih bespozvonochnyih dlya indikatsii pochvennyih usloviy v biogeotsenozah yuzhnoy taygivy* [Relative Value Different Large of Soil Invertebrates for Indication of the Soil Conditions in South Taiga Biogeocoenosis]. Moscow, Publ. Nauka, 123 p.
- Markov Yu.G. 2008. *Ekologiya i informatsiya: novye idei* [Ecology and Information: New Ideas]. Novosibirsk, Publ. GPNTB SO RAN, 163 p.
- Musaev F.A., Babushkin V.A., Gagloev A.CH., Zaharova O.A. 2020. *Evaluation of the Results of Experimental Studies of Peat Soil Micro-Organisms. Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*, 2: 129–138 (in Russian). DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10052
- Nikiforenko Yu.Yu., Morozov N.A. 2020. *Ocenka vliyaniya organomineral'nogo komposta na sostav mezofauny i fiziko-himicheskie svoystva pochvy v usloviyah agrolandshafta* [Assessment of the Effect of Organomineral Compost on the Composition of Mesofauna and Physico-Chemical Properties of Soil in the Conditions of the Agricultural Landscape]. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*, 22: 672–679.
- Odum Yu. 1975. *Osnovy ekologii* [Basics of Ecology]. Moscow, Publ. Mir, 742 p.
- Reymers N.F. 1994. *Ekologiya (teoriya, zakonyi, pravila, printsipyi i gipotezyi)*. [Ecology (Theory, Laws, Rules, Principles and Hypotheses)]. Moscow, Publ. Zhurnal «Rossiya Molodaya», 367 p.
- Rybalov L.B. 2022. *Sostav i struktura naseleniya pochvennoj makrofauny yuzhnoj Chukotki* [Composition and Structure of the Population of the Soil Macrofauna of Southern Chukotka]. In: *Biota, genesis i produktivnost' pochv* [Biota, Genesis and Productivity of Soils]. Materials of the XIX All-Russian Conference on Soil Zoology, Ulan-Ude, 15–19 August 2022. Ulan-Ude, Publ. Buryatskij nauchnyj centr Sibirskogo otdeleniya RAN: 139–140.
- Samedov P.A. 2019. *The Relationship Between Quantitative Indices of Invertebrates and Soil Humus*. *Eurasian Union of Scientists*, 3–5(60): 30–33 (in Russian).
- Sedov E.A. 1976. *Evolyutsiya i informatsiya* [Evolution and information]. Moscow, Publ. Nauka, 232 p.
- Sergeeva T.K. 1982. *Metodyi i sovremennoe sostoyanie izucheniya troficheskikh svyazey hischnyyh pochvennyih bespozvonochnyih: serologicheskij analiz pitaniya* [The Methods and Contemporary State]. *Zoologicheskij zhurnal*, 62(2): 109–119.
- Smit R.L. 1983. *Nash dom planeta Zemlya. Polemicheskie ocherki ob ekologii cheloveka* [Our Home is Planet Earth. The Polemical Feature Article about Human Ecology]. Moscow, Publ. Myisl, 382 p.



- Sokolova T.L., Suhina T.V. 2017. The Bioindicative Role of Soil Mesofauna in the Evaluation of Soils of Different Ecosystems in Kostroma Region. In: Priroda Kostromskogo kraja: sovremennoe sostoyanie i ekomonitoring [Nature of the Kostroma Territory: Current State and Environmental Monitoring]. Materials of the Interregional Scientific and Practical Conference, Kostroma, 24–25 March 2017. Kostroma, Publ. Kostromskoj gosudarstvennyj universitet: 35–39 (in Russian).
- Striganova B.R. 1980. Pitanie pochvennyih saprofavog [The Nutrition of Soil Saprofagous]. Moscow, Publ. Nauka, 243 p.
- Shirokova V.A., Yurova Y.D. 2021. Comprehensive Geoecological Assessment of the Catchment Area of the Osetr River Under Anthropogenic Impact. Regional Geosystems, 45(4): 601–616. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-601-616
- Anderson M.J., Connell S.D., Gillanders B.M., Diebel C.E., Blom W.M., Landers T.J., Saunders J.E. 2005. Relationships Between Taxonomic Resolution and Spatial Scales of Multivariate Variation in Kelp Holdfast Assemblages. Journal of Animal Ecology, 74: 636–646. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2005.00959.x
- George P.B., Keith A.M., Creer S., Barrett G.L., Lebron I., Emmett B.A., Robinson D.A., Jones D.L. 2017. Evaluation of Mesofauna Communities as Soil Quality Indicators in a National-Level Monitoring Programme. Soil Biology and Biochemistry, 115: 537–546. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.09.022
- Kolesnikova A.A., Konakova T.N. 2021. The State of Soil Macrofauna in Pine and Spruce Forests of the Middle Taiga Zone during Reduction of Pulp and Paper Industry Emissions (Komi Republic). Contemporary Problems of Ecology, 14: 665–674. DOI 10.1134/S1995425521060068
- Leclercq-Dransart J., Demuynck S., Douay F., Grumiaux F., Pernin C., Leprêtre A. 2020. Comparison of the Interest of four Types of Organic Mulches to Reclaim Degraded Areas: a Field Study Based on Their Relative Attractiveness for Soil Macrofauna. Ecological Engineering, 158: 106066. DOI 10.1016/j.ecoleng.2020.106066
- Tukenova Z.A., Alimzhanova M.B., Akyzbekova T.N., Ashimuly K., Kuandykova A.D. 2022. Changes in the Ecological and Biological Properties of Light-Chestnut Soils in the South-East of Kazakhstan Under Heavy Metal Pollution. Soil Science and Agrochemistry, 1: 52–61. DOI 10.51886/1999-740X_2022_1_52
- Wei H., Liu W., Zhang J., Qin Z. 2017. Effects of Simulated Acid Rain on Soil Fauna Community Composition and Their Ecological Niches. Environmental Pollution, 220: 460–468. DOI 10.1016/j.envpol.2016.09.088

Поступила в редакцию 09.01.2023;

поступила после рецензирования 30.01.2023;

принята к публикации 05.03.2023

Received January 09, 2023;

Revised January 30, 2023;

Accepted March 05, 2023

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

Ильин Юрий Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры мелиорации и охраны земель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия

Раднаева Мария Владимировна, преподаватель кафедры мелиорации и охраны земель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yurij M. Ijin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Melioration and Land Protection, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia

Marija V. Radnaeva, Lecturer of the Department of Melioration and Land Protection, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia



Даржаев Валерий Хандадоржиевич, Valerij Kh. Darzhaev, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Department of Land Management, V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy, Ulan-Ude, Republic of Buryatia

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры землеустройства, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия