



БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ЖУРНАЛ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ГЕОГРАФИЯ ГЕОЛОГИЯ

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

GEOGRAPHY and GEOLOGY

Издается с января 1969 г.
(до 2017 г. – под названием «Вестник БГУ.
Серия 2, Химия. Биология. География»)

Выходит один раз в полугодие

1

2023

МИНСК
БГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор	АНТИПОВА Е. А. – доктор географических наук, профессор; профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь. E-mail: antipova@bsu.by
Заместитель главного редактора	КЛЕБАНОВИЧ Н. В. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; профессор кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь. E-mail: n_klebanovich@inbox.ru
Ответственный секретарь	ГАГИНА Н. В. – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой географической экологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь. E-mail: hahina@bsu.by

<i>Балтрунас В.</i>	Центр изучения природы, Вильнюс, Литва.
<i>Витченко А. Н.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Донерт К.</i>	Европейский центр качества, Европейская ассоциация географов, Зальцбург, Германия.
<i>Еловичева Я. К.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Зуй В. И.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Калицкий Т.</i>	Институт географии Университета Яна Кохановского в Кельце, Кельце, Польша.
<i>Катровский А. П.</i>	Смоленский государственный университет, Смоленск, Россия.
<i>Курлович Д. М.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Лукашев О. В.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Маркс Л.</i>	Варшавский университет, Варшава, Польша.
<i>Мезенцев К. В.</i>	Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина.
<i>Нюсупова Г. Н.</i>	Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алма-Ата, Казахстан.
<i>Пироженко И. И.</i>	Поморский университет, Слупск, Польша.
<i>Родионова И. А.</i>	Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.
<i>Руденко Л. Г.</i>	Институт географии Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.
<i>Сарменто Ж. К. В.</i>	Университет Миньо, Брага, Португалия.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief	АНТИПОВА Е. А. , doctor of science (geography), full professor; professor at the department of economic and social geography of the faculty of geography and geoinformatics of the Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: antipova@bsu.by
Deputy editor-in-chief	KLEBANOVICH N. V. , doctor of science (agricultural sciences), full professor; professor at the department of soil science and land information systems of the faculty of geography and geoinformatics of the Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: n_klebanovich@inbox.ru
Executive secretary	HAHINA N. V. , PhD (geography), docent; head of the department of geographical ecology of the faculty of geography and geoinformatics of the Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: hahina@bsu.by

<i>Baltrūnas V.</i>	Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania.
<i>Vitchenko A. N.</i>	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
<i>Donert K.</i>	European Centre of Excellence, EUROGEO, Salzburg, Germany.
<i>Yelovicheva Ya. K.</i>	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
<i>Zui V. I.</i>	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
<i>Kalicki T.</i>	Institute of Geography of the Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Poland.
<i>Katrovskii A. P.</i>	Smolensk State University, Smolensk, Russia.
<i>Kurlovich D. M.</i>	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
<i>Lukashev O. V.</i>	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
<i>Marks L.</i>	University of Warsaw, Warsaw, Poland.
<i>Mezentsev K. V.</i>	Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine.
<i>Nyusupova G. N.</i>	al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
<i>Pirozhnik I. I.</i>	Akademia Pomorska, Slupsk, Poland.
<i>Rodionova I. A.</i>	Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia.
<i>Rudenko L. G.</i>	Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
<i>Sarmento Zh. K. B.</i>	University of Minho, Braga, Portugal.

УДК 911.3:314(476)+331.52:63

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ КИТАЯ В XXI в.

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, ЛИ ЧЭНЬ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

На основе официальной демографической статистики по провинциям за 2000–2020 гг. проведен комплексный экономико-географический анализ пространственных и временных трендов распределения населения Китая в возрасте 65 лет и старше на мезогеографическом уровне. С использованием методов контент-анализа, географической систематизации, анализа больших данных, корреляционного и пространственного анализа, сравнительно-географического метода, а также метода типографов выявлены отличительные характеристики старения населения Китая. За 2000–2020 гг. численность пожилого населения Китая возросла в два раза – с 90,7 до 195,6 млн человек. Китайское общество стареет преимущественно за счет городских жителей, доля которых в возрастной структуре населения за 2000–2020 гг. увеличилась в три раза и составила 7,2 %. Масштабы старения в Китае структурно и пространственно дифференцированы. Более чем 50 % провинций характеризуются высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше и численностью пожилого населения выше средней (от 4 млн человек). Географически на западе страны выделяется зона с низкой численностью населения в возрасте 65 лет и старше, и она сужается, на востоке и в центре располагается зона с высокой численностью пожилого населения, и она расширяется. Во всех провинциях Китая с 2010 г. доля населения в возрасте 65 лет и старше превышает 7 %. Динамика численности пожилого населения также структурно и пространственно дифференцирована по провинциям. Преобладают провинции с ростом численности населения в возрасте 65 лет и старше (85,3 %). Географически в Китае выделяются регион фронтального старения разной интенсивности, который охватывает большую часть территории государства, и полоса замедления старения на юге страны. В зависимости от масштабов и интенсивности старения населения на территории страны выделяются три зоны по степени проблемности ситуации – зона с низкой степенью проблемности ситуации, зона со средней степенью проблемности ситуации и зона с высокой степенью проблемности ситуации – с преобладанием провинций второго типа (47 %).

Ключевые слова: Китай; старение населения; территориальная дифференциация; типы провинций по характеру динамики численности населения; население в возрасте 65 лет и старше; зоны роста; типограф провинций по интенсивности старения.

Образец цитирования:

Антипова ЕА, Ли Чэнь. Территориальная дифференциация демографического старения населения Китая в XXI в. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:3–18.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-3-18>

For citation:

Antipova EA, Li Chen. Territorial differentiation of China's demographic ageing in the 21st century. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:3–18. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-3-18>

Авторы:

Екатерина Анатольевна Антипова – доктор географических наук, профессор; профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.

Ли Чэнь – младший научный сотрудник кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Ekaterina A. Antipova, doctor of science (geography), full professor; professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
antipovaekaterina@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-7862-5500>

Li Chen, junior researcher at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
1914391266@qq.com

Благодарность. Статья выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 гг. (подпрограмма «Экономика», задание 3.04 «Научные основы развития человеческого капитала в контексте обеспечения социальной, демографической, экологической и экономической безопасности в Республике Беларусь») (№ гос. регистрации 20211948).

TERRITORIAL DIFFERENTIATION OF CHINA'S DEMOGRAPHIC AGEING IN THE 21st CENTURY

E. A. ANTIPOVA^a, LI CHEN^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus
Corresponding author: E. A. Antipova (antipovaekaterina@gmail.com)

Based on official provincial demographic statistics 2000–2020 a comprehensive economic and geographical analysis of free and temporal trends in the distribution of the population of China aged 65 years and older at the mesogeographical level was carried out. Using the methods of content analysis, geographic systematisation, big data analysis, correlation and selective analysis, geographic search method, as well as the method, as well as the method of typographers, the specific characteristics of China's population aging have been identified. For 2000–2020 China's population doubled from 90.7 to 195.6 mln people. Chinese society aging share of the population account belonging to the population age group for 2000–2020 increased three times and amounted to 7.2 %. The scale of aging in China is structurally and infected. More than 50 % of the provinces have a high population of 65 years of age or older and above and above the middle-aged population (over 4 mln people). Geographical areas in the west of the country cover a significant proportion of the population and its distribution trends, the production zone and the center – a zone with a high prevalence of the population at the age of 65 and exceed its coverage trends. In all provinces of China, since 2010, the proportion of the population aged 65 years and older is 7 %. The dynamics of the elderly population is also structural and morbidity by province. Predominate in provinces with population growth aged 65 and over (85.3 %). The geographic zone in China represents a region of frontal aging of varying intensity, which defends most of the country's territory, and a zone of decelerating aging in the south. Depending on the scale and prevalence of population aging in the country, three zones have been identified – a zone with a regulated level of problematicness, a zone with an average frequency of a problematic situation, and a zone with an increased tension of the situation – with a predominance of the provinces of the second (47 %).

Keywords: China; population ageing; territorial differentiation; types of provinces by the nature of the dynamics of the population aged 65 years and older; growth zones; provincial typographer by the intensity of ageing.

Acknowledgements. The article was supported by the state programme of scientific research «Society and human security of the Belarusian state» for 2021–2025 (the subprogramme «Economics», task 3.04 «Scientific foundations for the development of human capital in the context of ensuring social, demographic, environmental and economic security in the Republic of Belarus») (state registration No. 20211948).

Введение

Старение населения представляет собой сценарий развития человечества в XXI в. Для Китая данное явление – один из основных текущих процессов, который определяет сущность социально-экономического развития страны. Это объясняется тем, что в настоящее время на территории Китая сосредоточена самая большая в мире численность населения в возрасте 65 лет и старше. По этой причине проблема старения населения требует всестороннего мониторинга и регулирования для обеспечения устойчивого развития государства. С 2000 г., когда Китай вступил в стадию демографического старения, страна является одной из самых быстро стареющих. Наряду с этим пожилое население Китая имеет много уникальных характеристик, которые отличают его от пожилого населения в развитых государствах (например, несбалансированное развитие городских и сельских районов, большие различия в уровне жизни городского и сельского населения и др.). Это делает ситуацию со старением в Китае более серьезной, чем в других странах.

На основе официальной демографической статистики о населении в возрасте 65 лет и старше по провинциям Китая с 2000 по 2020 г. в статье проведен комплексный экономико-географический анализ пространственного распределения населения данной возрастной группы.

Целью исследования являлось изучение временных и пространственных трендов распределения численности населения Китая в возрасте 65 лет и старше на мезогеографическом уровне (в разрезе провинций). Информационной базой исследования служили официальные статистические данные Национального статистического бюро Китая (www.stats.gov.cn).

Изученность проблематики старения населения

В настоящее время Китай вступил во вторую стадию демографического перехода, в соответствии с которой важными чертами текущих и перспективных изменений возрастной структуры населения являются низкий уровень рождаемости и быстрые темпы старения населения. Как правило, в процессе демографического перехода изменения возрастной структуры населения происходят в три этапа, поскольку снижение рождаемости и смертности осуществляется последовательно. Первый этап характеризуется изначально высоким коэффициентом демографической нагрузки детьми, второй этап – большой долей населения трудоспособного возраста от общей численности населения, третий этап – высоким коэффициентом демографической нагрузки пожилыми людьми [1]. Во временном лаге между спадом смертности и спадом рождаемости увеличивается естественный прирост населения и, соответственно, растет доля детей, нуждающихся в содержании. Через очередной временной лаг, когда беби-бумеры постепенно взрослеют, в свою очередь, увеличивается доля трудоспособного населения. С развитием постиндустриального общества и падением уровня рождаемости темпы прироста населения имеют тенденцию к снижению, и население постепенно начинает стареть [1].

В изучение демографических процессов в Китае большой вклад внес основатель китайской географии населения Ху Хуаньюн, который в 1935 г. предложил разметить карту страны с помощью особой линии, которая отражает неравномерность расселения жителей Китая. К юго-востоку от линии находилось 36 % территории страны, на которой проживало 96 % всего населения государства [2]. Эта воображаемая черта называется линией Ху. Для современного Китая данное соотношение не теряет актуальности, но требует научного подтверждения в контексте демографического старения страны.

Так, еще в 1986 г. Чжай Чжэнью отмечал, что население Китая имеет тенденцию к старению, особенно в таких крупных городах, как Шанхай и Пекин [3].

В 2013 г. исследование Ван Сюэи и Чжан Чука показало, что увеличение демографической нагрузки пожилыми людьми приводит к росту расходов на медицинское обслуживание на душу населения, в то время как рост доходов на душу населения положительно влияет на потребительские расходы жителей на здравоохранение [4]. Вместе с тем Ли Чжунцю и Ван Чаомин пришли к выводу о том, что старение населения Китая влечет за собой снижение уровня национальных сбережений [5].

Лю Шэнсюэ и Ляо Сан отметили, что с начала XX в. процесс старения населения Китая ускоряется, а темпы естественного прироста населения быстро снижаются [6]. Демографический дивиденд постепенно исчезает, и общая численность населения страны достигнет пика в 2026 г. Вместе с тем, как пишет Инь Мэнлань, скорость развития старения в разных регионах является разной, а качество их развития – неодинаковым [7]. Проследив особенности влияния процесса старения населения на структуру потребления городских и сельских жителей, Чжан Цин сделал вывод о том, что в Китае существует тенденция повторного трудоустройства пожилых людей, указал на необходимость активного развития индустрии и ускоренного создания системы здравоохранения для пожилых людей, а также проведения активной демографической политики [8].

Ли Хунмэй установил наличие региональных различий в старении населения, которые должны выступить основанием для развития системы страхования на уровне провинций и округов по всей стране [9]. Исследование процесса старения населения в Беларуси, проведенное Е. А. Антиповой совместно с З. А. Трифионовой, позволило установить, что этот процесс является повсеместным и территориально дифференцированным [10]. Изучив особенности старения населения в России, В. А. Черешнев и Е. В. Чистова заключили, что эта проблема актуальна не для всех субъектов государства (лишь 60 % из них имеют старое и глубоко старое население) [11]. Вместе с тем В. Г. Доброхлеб сделала вывод о том, что важнейшее направление реализации такой стратегической цели развития России до 2024 г., как повышение продолжительности жизни, состоит в создании системы оказания геронтологической и гериатрической помощи [12]. По мнению В. В. Горбуновой, в современном российском обществе выявление социально-экономических последствий старения населения необходимо для понимания возможных путей минимизации негативных трендов этого процесса [13].

Современная тенденция старения населения представляется совершенно очевидной, и в мире темпы роста численности пожилого населения являются более высокими, чем темпы роста численности молодых людей. Согласно данным Отдела народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН в 2019 г. каждый 11-й человек в мире (9 % населения) был старше 65 лет, а к 2050 г. каждый 6-й человек в мире и каждый 4-й житель Европы и Северной Америки достигнут этого возраста¹. В 2018 г. впервые в истории число людей в возрасте 65 лет и старше превысило количество детей в возрасте до 5 лет. По прогнозам, число людей в возрасте 80 лет и старше увеличится с 143 млн человек в 2019 г. до 426 млн человек в 2050 г., т. е. в три раза. В связи с этим интенсивность предметных и междисциплинарных исследований процесса старения будет возрастать.

¹World Population Prospects. 2022 [Electronic resource]. URL: <https://population.un.org/wpp/> (date of access: 16.11.2022).

Методика исследования

Исследование базируется на концепции демографического перехода и концепции демографического дивиденда [14]. Для изучения процесса старения населения используется несколько методов, принятых в геодемографии. Применялись методы контент-анализа, географической систематизации, анализа больших данных, корреляционного и пространственного анализа, сравнительно-географический метод, а также метод типографов. Исследование проходило в несколько этапов.

Этап 1: систематизация литературы по теме, создание статистической базы данных и геодемографической информационной системы старения населения Китая [15], анализ процесса старения населения Китая в 2000–2020 гг. по таким показателям, как численность и доля населения в возрасте 65 лет и старше, динамика численности этой возрастной группы, с последующим картографированием в среде *ArcGIS*.

Этап 2: исследование основных факторов, влияющих на процесс старения населения, с использованием корреляционного анализа, изучение особенностей распределения численности и доли населения в возрасте 65 лет и старше, а также динамики численности этой возрастной группы по провинциям с применением сравнительно-географического анализа, разработка сводных аналитических таблиц и картографирование результатов.

Этап 3: разработка типологии провинций Китая по характеру динамики численности пожилых людей посредством географической систематизации и составление типографа провинций по интенсивности старения, картографирование результатов.

Результаты и их обсуждение

Факторы демографического старения населения в Китае. Оценка факторов проводилась в два этапа. На первом этапе в результате систематизации научной литературы и изучения мер государственной политики по решению проблемы старения населения в Китае были выявлены три приоритета страны, которые учитываются для управления этим процессом.

Территориальный и природно-географический факторы. Китай имеет обширную территорию, в которую входят 34 единицы: 23 провинции, 5 автономных районов (АР), 4 муниципалитета центрального подчинения, 2 специальных административных района. При изучении проблемы старения населения необходимо проводить анализ географического распределения пожилых людей по стране, чтобы иметь конкретное представление об их положении в Китае. Кроме того, из-за сложного рельефа и разнообразного климата в Китае природно-географические условия влияют на размещение пожилого населения.

Фактор условий социально-экономического развития. Различия в уровне социально-экономического развития обуславливают пространственную дифференциацию пожилого населения в стране. Разная степень старения населения в сочетании с различными географическими условиями регионов делает необходимой разработку дифференцированных направлений реализации политики старения населения.

Фактор пенсионной политики. Из-за очевидных отличий регионов друг от друга разработка и реализация пенсионной политики корректируются в зависимости от ситуации в регионе. Сначала пенсионная политика реализуется в городской местности, а затем распространяется и на сельскую местность.

На втором этапе с использованием данных геодемографической информационной системы старения населения был проведен корреляционный анализ для установления степени влияния ряда социальных и экономических показателей на процесс старения в Китае. Так, оценка степени влияния уровня развития системы здравоохранения (с применением показателя количества медицинских учреждений) показала высокую тесноту связи по шкале Чеддока между количеством медицинских учреждений и продолжительностью жизни населения (коэффициент корреляции R^2 составил 0,775) (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициент корреляции между некоторыми демографическими показателями и отдельными социально-экономическими показателями Китая в 2020 г.

Table 1

Correlation coefficient between some demographic indicators and selected socio-economic indicators of China in 2020

Социально-экономические показатели	Корреляция с демографическими показателями (R^2)	
	Ожидаемая продолжительность жизни	Численность населения в возрасте 65 лет и старше
Размер ВВП	0,046	0,635
Количество медицинских учреждений	0,775	0,063
Размер пенсии	0,412	0,033

Вместе с тем, несмотря на ежегодный рост числа медицинских учреждений и расходов на медицинские услуги, из-за большой численности населения в Китае количество медицинских ресурсов на душу населения все еще намного отстает от соответствующего показателя в развитых государствах. Одним из приоритетов развития системы здравоохранения в стране является рост количества высококвалифицированных медицинских работников со знанием инновационных методик и технологий. Общий рост уровня социально-экономического развития Китая со второй половины XX в. не только привел к увеличению размера ВВП, но и обусловил сокращение смертности населения (с 10 % в 1970-х гг. до 6,3 % в 2010-х гг.) и, соответственно, рост численности пожилого населения (в среднем с 50 млн человек в 1980-х гг. до 100 млн человек в 2000-х гг.). В силу этого выявлена заметная теснота связи по шкале Чеддока между средним размером ВВП провинции и численностью населения в возрасте 65 лет и старше ($R^2 = 0,635$). В условиях старения населения сокращение численности людей трудоспособного возраста оказывает огромное давление на систему социального обеспечения. С развитием процесса старения населения молодых людей становится меньше, и количество граждан, которые оплачивают взносы в пенсионный фонд, уменьшается. В настоящее время для стран всего мира создание многоуровневой пенсионной системы стало общепринятой мерой по борьбе со старением населения. Цель данного мероприятия состоит в том, чтобы добиться разумного распределения пенсионных обязательств между государством, подразделениями и физическими лицами, способствовать устойчивому развитию пенсионной системы и обеспечить каждому гражданину возможность комфортной жизни в старости. Вместе с тем, как показали расчеты, в настоящий момент размер пенсий в меньшей степени влияет на численность пожилого населения ($R^2 = 0,033$) и его ожидаемую продолжительность жизни ($R^2 = 0,412$).

Динамика численности и доли населения Китая в возрасте 65 лет и старше. В XXI в. на территории Китая происходит интенсивный рост численности населения в возрасте 65 лет и старше.

В 2000 г. на территории страны насчитывалось немногим более 90 млн человек данной возрастной группы. Большая часть из них проживали в сельской местности (табл. 2). За 2000–2020 гг. численность пожилого населения увеличилась более чем в два раза (рост составил 115 %). В 2020 г. в стране проживали 195,6 млн человек в возрасте 65 лет и старше. Такая величина сопоставима с численностью населения отдельных государств (например, Бразилии, Нигерии, Бангладеш и др.). Численность городского населения в возрасте 65 лет и старше увеличилась более чем в три раза (рост составил 230 %), а численность сельского пожилого населения – почти в два раза. Соответственно, происходит трансформация возрастной структуры населения в сторону ее регрессии [16].

Таблица 2

Динамика численности и доли городского и сельского населения Китая в возрасте 65 лет и старше в 2000, 2010 и 2020 гг.

Table 2

Dynamics of the number and share of the urban and rural population of China aged 65 and older in 2000, 2010 and 2020

Показатели	Год		
	2000	2010	2020
Численность, млн чел.:			
городского населения	31,0	54,3	103,4
сельского населения	59,7	67,8	92,2
<i>Всего</i>	<i>90,7</i>	<i>122,1</i>	<i>195,6</i>
Доля, %:			
городского населения	2,4	3,99	7,2
сельского населения	4,6	4,97	6,4
<i>Среднее значение</i>	<i>3,5</i>	<i>4,48</i>	<i>6,8</i>

Если в 2000 г. китайское общество находилось только на пороге старения (доля пожилых людей в возрастной структуре едва превысила отметку 7 %, свидетельствующую о наступлении стадии стареющего общества по шкале ООН), то спустя 20 лет удельный вес людей в возрасте 65 лет и старше составил 13,6 %. Данный показатель превышает среднемировое значение (9,6 %) и коррелирует

с показателем экономически развитых стран в начале 2000-х гг. (14,4 %). Подобная ситуация говорит о высоком уровне старения китайского общества. Сравнение масштабов старения городских и сельских жителей свидетельствует о более быстром старении горожан. Если в 2020 г. в сельской местности процесс старения населения находился только на начальном этапе (6,4 %), то в городской местности он был полномасштабным (7,2 %). Это объясняется хорошо развитыми пенсионной инфраструктурой и пенсионной системой в городах.

Важно проанализировать динамику ежегодного роста численности населения в возрасте 65 лет и старше и сравнить ее с динамикой ежегодного роста общей численности населения и динамикой ежегодного роста численности населения более старших возрастных групп (70 лет и старше, 80 лет и старше). В соответствии с данными Отдела народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН был рассчитан ежегодный рост численности населения Китая в возрасте 65 лет и старше с 1990 по 2020 г. по пятилетним периодам (табл. 3).

Таблица 3

**Динамика численности и доли населения Китая
в возрасте 65 лет и старше в 1990–2020 гг.**

Table 3

**Dynamics of the size and share of the population of China
aged 65 and older in 1990–2020**

Период	Динамика демографических показателей, %	
	Численность населения в возрасте 65 лет и старше	Доля населения в возрасте 65 лет и старше
1990–1995	3,6	2,1
1995–2000	3,5	2,7
2000–2005	2,8	1,9
2005–2010	3,7	3,3
2010–2015	4,4	3,4
2015–2020	6,3	5,9

Вплоть до 2005 г. ежегодный темп роста численности пожилого населения замедлялся. В 2000–2005 гг. он составил 2,8 %. После 2005 г. каждые 5 лет ежегодный темп роста доли населения Китая в возрасте 65 лет и старше постепенно ускорялся, причем он достигнул наибольшего значения (6,3 %) в период с 2015 по 2020 г. Данные о динамике доли населения данной возрастной группы за 30 лет свидетельствуют об интенсивном старении общества и трансформации возрастной структуры населения из прогрессивной в регрессивную. С точки зрения скорости эти изменения носят феноменальный характер. Они являются результатом государственной политики по планированию семьи и строгому контролю над ростом численности населения в Китае, действовавшей в 1990-х гг., а также следствием отсутствия у молодых людей готовности заводить семью и детей.

Территориальные различия в старении населения Китая. Географический анализ провинций Китая по численности людей в возрасте 65 лет и старше позволил установить значительную дифференциацию населения и выделить четыре группы провинций – провинции с низкой численностью пожилого населения (менее 2 млн человек), провинции со средней численностью пожилого населения (2–4 млн человек), провинции с численностью пожилого населения выше средней (4–6 млн человек) и провинции с высокой численностью пожилого населения (более 6 млн человек) (табл. 4).

В 2000 г. преобладали провинции с низкой численностью пожилых людей (50 %). Спустя 10 лет начали происходить первые структурные сдвиги. В 2010 г. доля провинций с высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше увеличилась с 11,8 до 20,6 %, т. е. почти в два раза, при таком же интенсивном сокращении удельного веса провинций с низкой численностью пожилого населения (с 50 до 29,4 %). В 2020 г. произошел кардинальный сдвиг: в структуре провинций Китая начали доминировать провинции с высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше. В настоящий момент в более чем 50 % провинций Китая численность пожилого населения превышает 4 млн человек.

Таблица 4

**Структура провинций Китая по численности населения
в возрасте 65 лет и старше в 2000, 2010 и 2020 гг., %**

Table 4

**Structure of China's provinces by population
aged 65 and older in 2000, 2010 and 2020, %**

Год	Провинции с низкой численностью пожилого населения (менее 2 млн чел.)	Провинции со средней численностью пожилого населения (2–4 млн чел.)	Провинции с численностью пожилого населения выше средней (4–6 млн чел.)	Провинции с высокой численностью пожилого населения (более 6 млн чел.)
2000	50,0	23,5	14,7	11,8
2010	29,4	35,3	14,7	20,6
2020	23,5	14,7	26,5	35,3

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического бюро Китая.

Картографический анализ, проведенный в среде *ArcGIS*, позволил получить картину пространственного распределения пожилого населения в Китае и выявить географические закономерности (рис. 1). На территории страны четко прослеживаются две зоны – зона с высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше и зона с низкой численностью пожилого населения. До 2020 г. провинции с численностью населения в возрасте 65 лет и старше более 6 млн человек были представлены в основном в густонаселенных центральных и южных регионах. Районы с численностью пожилого населения менее 2 млн человек преимущественно располагались в крупных городах с высоким уровнем экономического развития (Тяньцзинь), в западных (Тибетский АР, Цинхай, Синьцзян-Уйгурский АР, Нинся-Хуэйский АР) и южных прибрежных (Гонконг, Макао, Хайнань) регионах. Распределение пожилых людей по-прежнему зависит от таких факторов, как общая численность населения и уровень экономического развития в регионе. В целом наблюдается меридиональное расположение двух зон. На западе страны находится зона с низкой численностью населения в возрасте 65 лет и старше, и она сужается. В центре и на востоке страны размещается зона с возрастающей и высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше, и она расширяется.

Для анализа динамики доли населения в возрасте 65 лет и старше в структуре населения Китая и степени трансформации возрастной структуры провинции были разделены на четыре группы – провинции с низкой долей пожилого населения (менее 5 %), провинции со средней долей пожилого населения (5–10 %), провинции с долей пожилого населения выше средней (10–15 %) и провинции с высокой долей пожилого населения (более 15 %) (табл. 5).

Таблица 5

**Структура провинций Китая по доле населения
в возрасте 65 лет и старше в 2000, 2010 и 2020 гг., %**

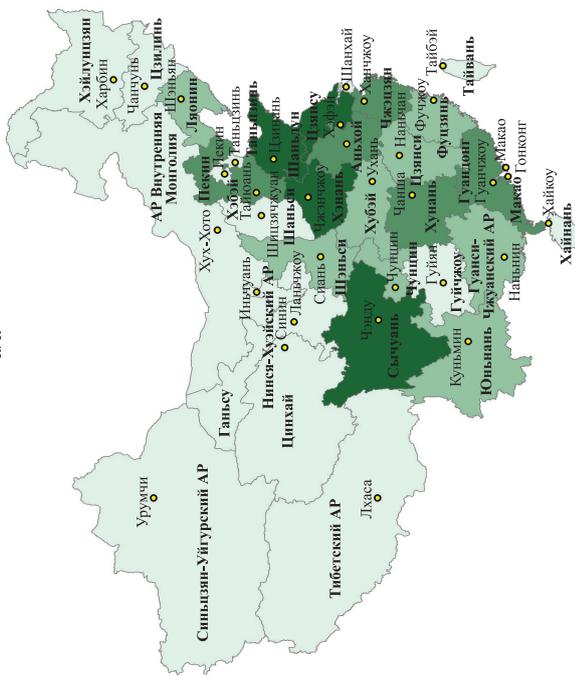
Table 5

**Structure of China's provinces by share of population
aged 65 years and older in 2000, 2010 and 2020, %**

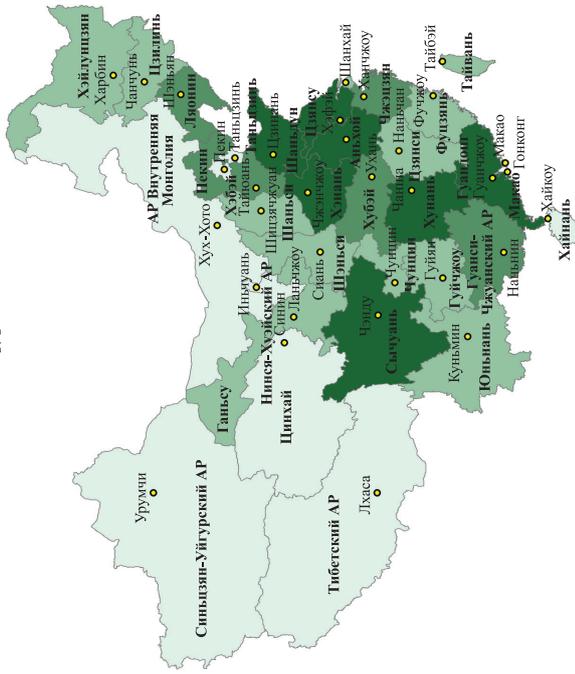
Год	Провинции с низкой долей пожилого населения (менее 5 %)	Провинции со средней долей пожилого населения (5–10 %)	Провинции с долей пожилого населения выше средней (10–15 %)	Провинции с высокой долей пожилого населения (более 15 %)
2000	14,7	79,4	5,9	0
2010	0	76,5	23,5	0
2020	0	14,7	50,0	35,3

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического бюро Китая.

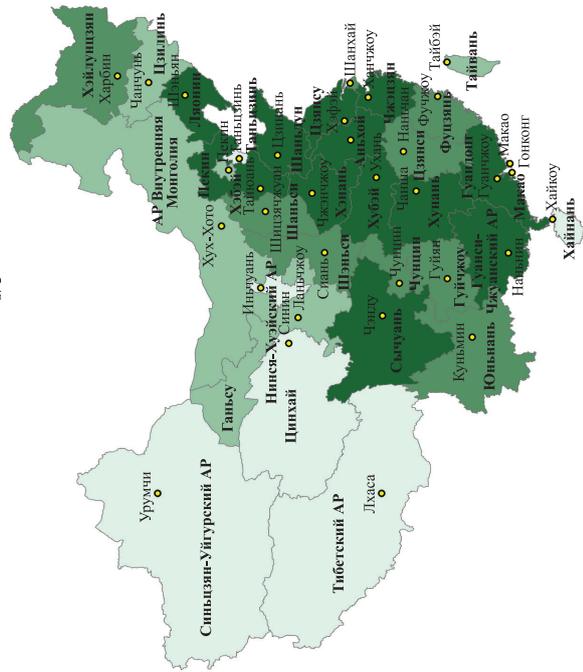
a/a



b/b



6/c



- Провинции с низкой численностью пожилого населения (менее 2 млн чел.)
- Провинции со средней численностью пожилого населения (2–4 млн чел.)
- Провинции с численностью пожилого населения выше средней (4–6 млн чел.)
- Провинции с высокой численностью пожилого населения (более 6 млн чел.)

Рис. 1. Распределение провинций Китая по численности населения в возрасте 65 лет и старше в 2000 г. (a), 2010 г. (б) и 2020 г. (в)
 (разработано на основе данных Национального статистического бюро Китая)
 Fig. 1. Distribution of China's provinces by population aged 65 and older in 2000 (a), 2010 (b) and 2020 (c)
 (developed on the basis of data from the National Bureau of Statistics of China)

Зафиксирован кардинальный структурный сдвиг в возрастной структуре населения Китая. За 2000–2020 гг. структура провинций трансформировалась из прогрессивной (когда в абсолютном большинстве провинций не наблюдался процесс старения населения и насчитывалась незначительная доля людей в возрасте 65 лет и старше) в регрессивную (когда в более чем 80 % провинций имеется более 10 % пожилых людей). Китай в своем демографическом развитии пропустил этап стационарной возрастной структуры.

В 2020 г. во всех провинциях Китая доля населения в возрасте старше 65 лет превысила 7 %, и только в Тибетском АР она составила 6 %. Следовательно, все регионы Китая уже находятся в стадии демографического старения. Картографический анализ, проведенный в среде *ArcGIS*, позволил получить картину пространственного распределения доли пожилого населения по провинциям (рис. 2). Согласно данным карты в 2000 г. в Китае четко выделялись две зоны – зона с низкой долей населения в возрасте 65 лет и старше или с отсутствием процесса старения населения и зона со средней долей пожилого населения. Провинции с долей людей в возрасте 65 лет и старше менее 5 % были представлены на западе страны (Цинхай, Нинся-Хуэйский АР, Тибетский АР, Синьцзян-Уйгурский АР, Ганьсу), в то время как удельный вес пожилого населения более 10 % был зафиксирован в Гонконге (11,0 %) и Шанхае (11,5 %). В остальных 27 провинциях доля пожилого населения находилась в пределах 5–10 %. В 2020 г. картина пространственного распределения доли пожилого населения по провинциям принципиально изменилась. Исчезла зона с отсутствием процесса старения населения, значительно сузилась зона со средней долей населения в возрасте 65 лет и старше, расширилась зона с долей пожилого населения выше средней и появилась зона с высокой долей населения данной возрастной группы. Самый большой удельный вес населения в возрасте 65 лет и старше был зафиксирован в Гонконге (18,2 %).

Географические закономерности, выявленные в ходе территориальной дифференциации провинций Китая по численности населения в возрасте 65 лет и старше, обусловили необходимость анализа трендов динамики численности населения данной возрастной группы. Это объясняется потребностью в сравнении темпов ускорения процесса старения с его количественными масштабами.

В результате расчетов роста численности населения в возрасте 65 лет и старше за 2000–2010 гг. провинции Китая были разделены по характеру динамики на два типа – провинции с ростом численности населения и провинции с сокращением численности населения – с выделением подтипов в зависимости от масштабов роста (табл. 6).

Преобладающим на территории Китая является тип провинций с ростом численности населения в возрасте 65 лет и старше (85,3 %). В разрезе этого типа наблюдаются различия. Так, более чем каждая третья провинция характеризуется низким ростом численности населения в возрасте 65 лет и старше (100–120 %), каждая пятая провинция – высоким ростом численности пожилого населения (более 140 %), на провинции со средним ростом численности населения в возрасте 65 лет и старше (120–140 %) приходится 29,4 % страны. Географически провинции с самым значительным ростом численности населения размещены в северных, северо-восточных (Тяньцзинь, АР Внутренняя Монголия, Шэньси, Пекин, Макао, Нинся-Хуэйский АР, Хэйлунцзян) и центральных (Шаньси, Хубэй) регионах. В 5 провинциях Китая численность населения данной возрастной группы сокращается. Они расположены в виде полосы на юге страны (Тибетский АР, Гуанси-Чжуанский АР, Юньнань), а также в Гонконге и на Тайване (рис. 3).

В целом картограмма позволяет выделить на территории страны два региона старения населения – область фронтального старения разной интенсивности и полосу замедления старения.

Одной из задач исследования был анализ закономерностей пролегания линии Ху в контексте изучения процесса старения населения. Выполненное исследование позволило провести линию старения населения Китая, которая делит страну на две части. Динамика старения населения в 14,7 % районов к югу от линии Ху была отрицательной, в то время как в 85,3 % районов к северу от линии Ху она была положительной. В результате линия старения населения Китая и линия Ху делят Китай на четыре зоны (рис. 3):

- зону А с большой численностью населения и тенденцией к увеличению численности людей в возрасте 65 лет и старше (эта зона на три четверти совпадает с пространством, выделенным Ху Хуаньюнем, что подтверждает его теорию пространственного распределения населения в Китае);
- зону Б с маленькой численностью населения и тенденцией к увеличению численности людей в возрасте 65 лет и старше;
- зону В с маленькой численностью населения и тенденцией к снижению численности людей в возрасте 65 лет и старше;
- зону Г с большой численностью населения и тенденцией к снижению численности людей в возрасте 65 лет и старше.

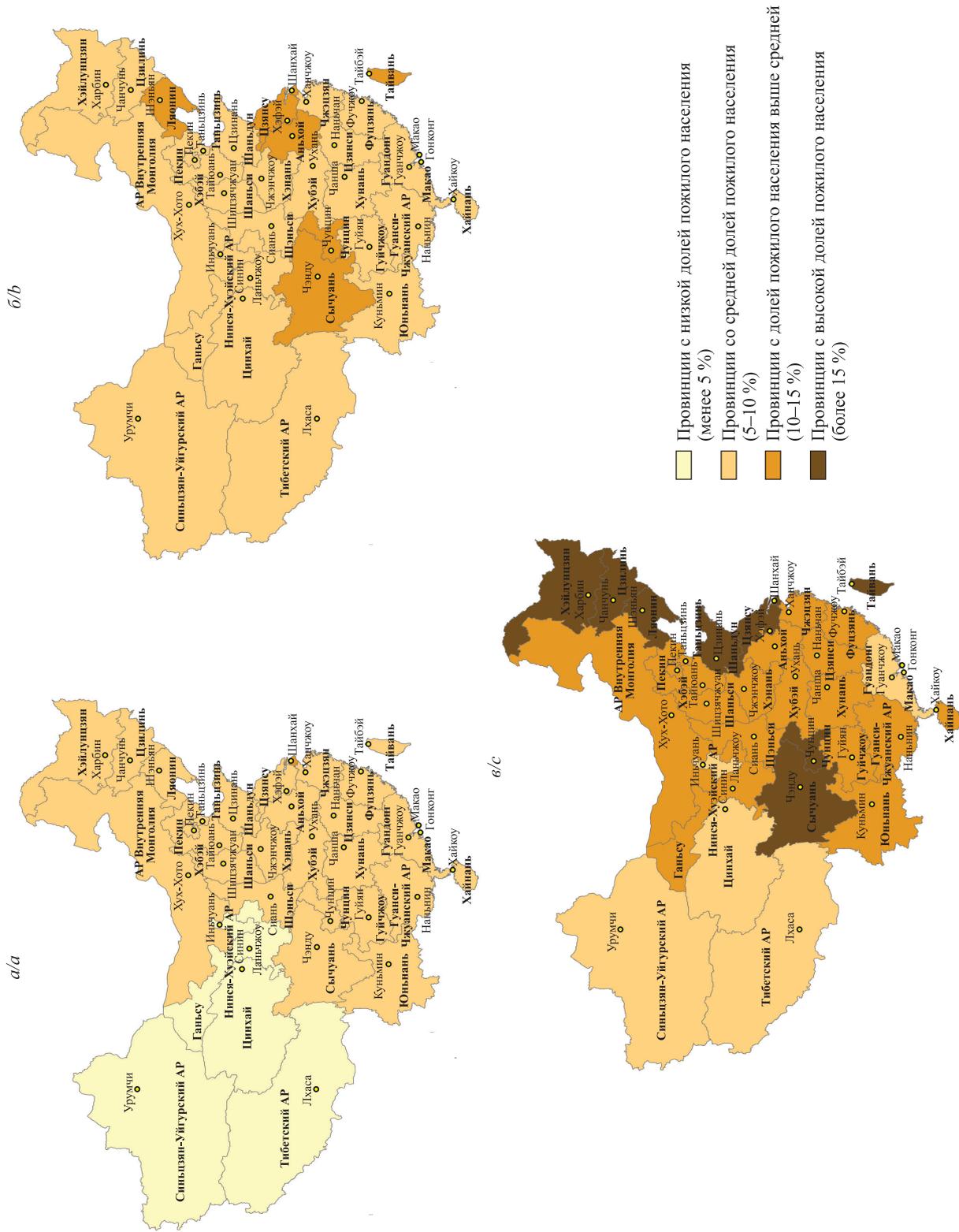


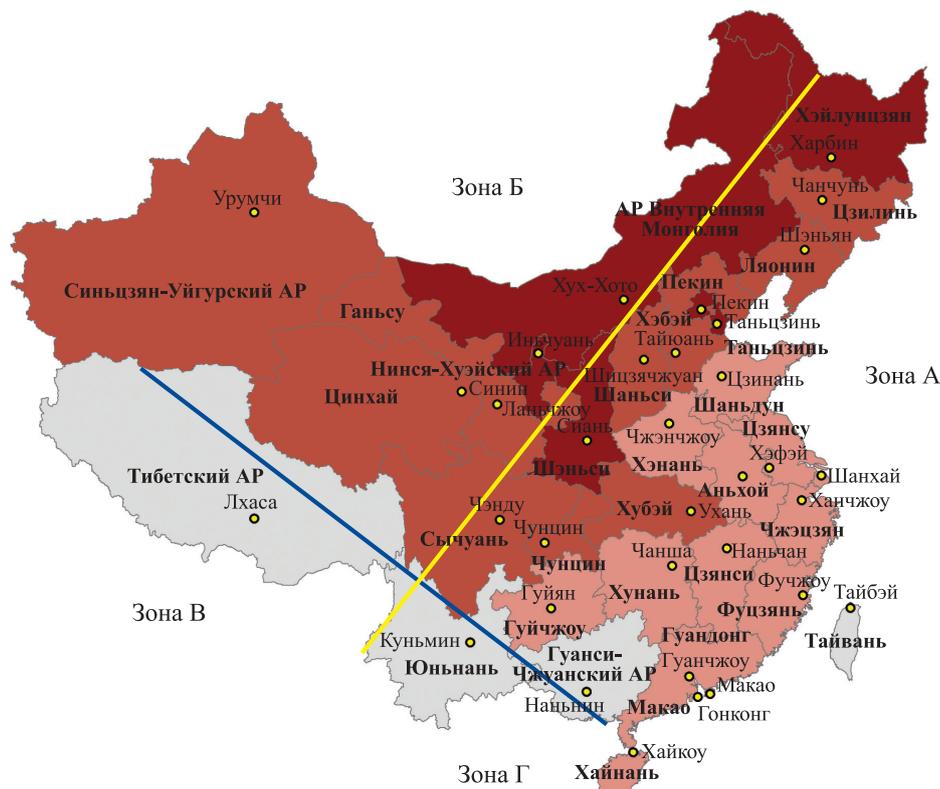
Рис. 2. Распределение провинций Китая по доле населения в возрасте 65 лет и старше в 2000 г. (а), 2010 г. (б) и 2020 г. (в)
 Fig. 2. Distribution of China's provinces by share of the population aged 65 and older in 2000 (a), 2010 (b) and 2020 (c)

Типология провинций Китая по динамике численности населения
в возрасте 65 лет и старше в 2000–2020 гг.

Table 6

Typology of China's provinces by population dynamics
aged 65 and over in 2000–2020

Типы и подтипы	Провинции	Величина роста или сокращения, %	Доля от общего количества провинций, %
Тип 1. Провинции с ростом численности пожилого населения	–	–	85,3
Подтип 1.1. Провинции с низким ростом численности пожилого населения (100–120 %)	Хайнань	103,2	35,3
	Фуцзянь	103,5	
	Аньхой	105,5	
	Чжэцзян	106,4	
	Гуандонг	107,1	
	Хэнань	109,6	
	Хунань	109,8	
	Шанхай	109,9	
	Цзянсу	110,9	
	Шаньдун	111,0	
	Цзянси	112,2	
	Гуйчжоу	118,4	
	Подтип 1.2. Провинции со средним ростом численности пожилого населения (120–140 %)	Хубэй	
Шаньси		120,9	
Ляонин		123,3	
Чунцин		124,5	
Хэбэй		124,6	
Ганьсу		126,3	
Сычуань		127,1	
Синьцзян-Уйгурский АР		131,0	
Цинхай		134,0	
Цилинь		134,1	
Подтип 1.3. Провинции с высоким ростом численности пожилого населения (более 140 %)	Тяньцзинь	146,7	20,6
	АР Внутренняя Монголия	147,1	
	Хэйлуцзян	147,5	
	Шэньси	147,5	
	Пекин	151,0	
	Макао	171,4	
	Нинся-Хуэйский АР	177,4	
Тип 2. Провинции с сокращением численности пожилого населения	Тибетский АР	72,9	14,7
	Гонконг	82,6	
	Гуанси-Чжуанский АР	91,2	
	Юньнань	97,3	
	Тайвань	97,6	



Тип 1. Провинции с ростом численности пожилого населения

- Подтип 1.1. Провинции с низким ростом численности пожилого населения (100–120 %)
- Подтип 1.2. Провинции со средним ростом численности пожилого населения (120–140 %)
- Подтип 1.3. Провинции с высоким ростом численности пожилого населения (более 140 %)

Рис. 3. Типология провинций Китая по динамике численности населения в возрасте 65 лет и старше в 2000–2020 гг.

(синим цветом обозначена линия старения населения Китая, желтым цветом – линия Ху)

Fig. 3. Typology of China's provinces according to the dynamics of population aged 65 years and older in 2000–2020 (China's population aging line is in blue, Hu line is in yellow)

Формирование такой особенности расселения жителей Китая в основном обусловлено различиями в уровне экономического и социального развития регионов страны в течение длительного времени, а также уникальными географическими условиями и климатическими факторами.

На заключительном этапе географической систематизации был использован метод типографов. Данный метод является обобщающим и имеет важное значение в практике регионального управления. Это связано с возможностью разрабатывать территориально дифференцированные направления государственной демографической политики с учетом выявленных различий в статичном и динамичном показателях. На основе синтеза двух промежуточных результатов территориальной дифференциации численности населения в возрасте 65 лет и старше и анализа ее динамики данные были объединены в типограф, что позволило выделить группы и типы провинций (табл. 7).

На территории Китая существуют три основные зоны по интенсивности старения населения и степени проблемности этой ситуации (рис. 4).

Зона с низкой степенью проблемности ситуации (тип 4) включает 5 провинций (15 %), характеризующихся сокращением численности населения в возрасте 65 лет и старше и различной численностью данной категории населения. Эти провинции находятся в полосе замедления старения и располагаются на юго-западе страны, а также в Гонконге и на Тайване (см. рис. 3). Провинции данного типа имеют большой потенциал развития в связи с сокращением численности пожилого населения (идеальная модель

развития процесса старения населения). Здесь рекомендуется проводить стимулирующую политику для поддержания устойчивых темпов сокращения численности пожилого населения.

Зону со средней степенью проблемности ситуации (подтипы 2.2, 3.1 и 3.2) образуют 16 провинций (47 %), отличающихся низкой или средней интенсивностью старения и различной численностью людей в возрасте 65 лет и старше. Однако в этой зоне преобладают провинции с большой численностью пожилого населения и численностью пожилого населения выше средней. Географически они занимают два ареала – западный и восточный прибрежный. С учетом мегатренда старения населения в этих провинциях уже сейчас необходимо оказывать большую социальную и экономическую поддержку пожилым людям, стимулировать рост количества детей и формировать дорожную карту по созданию системы активного долголетия при обеспечении устойчивого социально-экономического роста.

Зона с высокой степенью проблемности ситуации (подтипы 1.1, 1.2 и 2.1) формирует меридиональную полосу с северо-востока на юго-запад и включает 13 провинций (38 %), характеризующихся высокой и средней интенсивностью старения населения. Это преимущественно провинции с численностью пожилого населения выше средней и высокой численностью пожилого населения. Для них наиболее актуальным является совершенствование направлений политики в отношении населения в возрасте 65 лет и старше.

Таблица 7

Типограф провинций Китая по интенсивности старения населения в 2000–2020 гг.

Table 7

Typography of China's provinces by intensity of population aging in 2000–2020

Группы провинций по численности населения в возрасте 65 лет и старше	Типы провинций по динамике численности населения в возрасте 65 лет и старше			
	Тип 1. Провинции с ростом численности населения			Тип 2. Провинции с сокращением численности пожилого населения
	Подтип 1.1. Провинции с низким ростом численности пожилого населения (100–120 %)	Подтип 1.2. Провинции со средним ростом численности пожилого населения (120–140 %)	Подтип 1.3. Провинции с высоким ростом численности пожилого населения (более 140 %)	
Малые провинции (менее 2 млн чел.)	Хайнань	Цинхай	Макао Нинся-Хуэйский АР	Тибетский АР Гонконг
Средние провинции (2–4 млн чел.)	–	Ганьсу Синьцзян-Уйгурский АР Цзилинь	Тяньцзинь АР Внутренняя Монголия Пекин	Тайвань
Провинции с численностью населения выше средней (4–6 млн чел.)	Фуцзянь Шанхай Цзянси Гуйчжоу	Шаньси Чунцин	Хэйлунцзян Шэньси	Юньнань
Крупные провинции (более 6 млн чел.)	Аньхой Чжэцзян Гуандун Хэнань Шаньдун Цзянсу Хунань	Хубэй Ляонин Хэбэй Сычуань	–	Гуанси- Чжуанский АР

Примечание. Синим фоном выделены провинции, которые относятся к зоне с высокой степенью проблемности ситуации старения населения, голубым – провинции, которые входят в зону со средней степенью проблемности ситуации, желтым – провинции, которые образуют зону с низкой степенью проблемности ситуации.



- Тип 1. Провинции с высокой интенсивностью старения населения
- Подтип 1.1. Провинции с высокой интенсивностью старения населения и большой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
 - Подтип 1.2. Провинции с высокой интенсивностью старения населения и маленькой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
- Тип 2. Провинции со средней интенсивностью старения населения
- Подтип 2.1. Провинции со средней интенсивностью старения населения и большой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
 - Подтип 2.2. Провинции со средней интенсивностью старения населения и маленькой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
- Тип 3. Провинции с низкой интенсивностью старения населения
- Подтип 3.1. Провинции с низкой интенсивностью старения населения и большой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
 - Подтип 3.2. Провинции с низкой интенсивностью старения населения и маленькой численностью населения в возрасте 65 лет и старше
- Тип 4. Буферная зона старения

Рис. 4. Распределение провинций Китая по интенсивности старения населения в 2000–2020 гг.

Fig. 4. Distribution of China's provinces by intensity of population aging in 2000–2020

Заключение

Проведенное исследование позволило установить новые пространственные и временные тренды численности населения Китая в возрасте 65 лет и старше в 2000–2020 гг. Во-первых, в XXI в. население Китая характеризуется стремительным старением. За рассматриваемый период численность пожилого населения выросла в два раза, причем ежегодная динамика за последние 5 лет составила 6,3 %. Во-вторых, китайское общество стареет преимущественно за счет городских жителей. За 2000–2020 гг. доля сельских жителей увеличилась в три раза и составила 92,2 млн человек при численности городского населения 103,4 млн человек, что свидетельствует об устойчивости тренда старения. В-третьих, в 2000–2020 гг. на интенсивное старение населения Китая влияли рост уровня социально-экономического развития и улучшение системы здравоохранения, что доказано высокой положительной теснотой

связи между показателями продолжительности жизни и численности населения в возрасте 65 лет и старше и такими показателями, как разный ВВП по провинциям и различное количество медицинских учреждений. В-четвертых, масштабы старения в Китае структурно и пространственно дифференцированы. Более чем 50 % провинций характеризуются высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше и численностью пожилого населения выше средней (от 4 млн человек). Географически на западе страны выделяется зона с низкой численностью пожилого населения, и она сужается, на востоке и в центре страны располагается зона с высокой численностью населения в возрасте 65 лет и старше, и она расширяется. В-пятых, на мезогеографическом уровне с 2010 г. процесс старения населения в Китае принял повсеместный характер. Во всех провинциях Китая доля населения в возрасте 65 лет и старше превышает 7 %, в ряде провинций (например, Ляонин, Цзилинь, Хэйлуцзян и др.) – 15 %, что свидетельствует о высокой степени старения общества. В-шестых, динамика численности пожилого населения также структурно и пространственно дифференцирована по провинциям. Преобладают провинции с ростом численности населения в возрасте 65 лет и старше (85,3 %). Географически в Китае четко прослеживаются полоса замедления процесса старения населения и регион фронтального старения населения разной интенсивности, который охватывает большую часть территории страны. Три четверти территорий наибольшего увеличения темпов старения населения совпадают с территорией, выделенной с помощью линии Ху, что подтверждает теорию пространственного распределения населения в Китае. В-седьмых, в зависимости от интенсивности старения на территории Китая выделяются три зоны по степени проблемности ситуации – зона с низкой степенью проблемности ситуации, зона со средней степенью проблемности ситуации и зона с высокой степенью проблемности ситуации – с преобладанием провинций второго типа (47 %). Данный результат выступает научным обоснованием для разработки территориально дифференцированных направлений государственной демографической политики.

С учетом трендов изменения численности населения в возрасте 65 лет и старше предлагаются ряд мер. К краткосрочным мерам можно отнести активное вовлечение пожилых людей в различных регионах в трудовую деятельность, использование преимуществ пожилого населения для снижения влияния процесса старения на текущую экономическую ситуацию, а к долгосрочным мерам – смягчение опасений молодых людей в отношении рождения детей и поощрение этого процесса, увеличение числа детей и дальнейшее улучшение возрастной структуры населения (сочетание экономической политики с политикой в области деторождения).

Библиографические ссылки

1. Williamson JG. *Grow, distribution and demography: some lessons from history*. Cambridge: National Bureau of Economic Research; 1997. 47 p.
2. 胡焕庸. 中国人口之分布附统计表与密度图. *地理学报*. 1935;2:33–74 = Ху Хуаньюн. Распределение населения Китая со статистической таблицей и картой плотности. *Acta Geographica Sinica*. 1935;2:33–74.
3. 翟振武. 中国人口死亡率下降对年龄结构的影响. *人口学刊*. 1986;6:17–21 = Чжай Чжэньву. Влияние снижения уровня смертности китайского населения на возрастную структуру. *Журнал демографии*. 1986;6:17–21. DOI: 10.16405/j.cnki.1004-129x.1986.06.005.
4. 王学义, 张冲. 中国人口年龄结构与居民医疗保健消费. *统计研究*. 2013;30(3):59–63 = Ван Сюэи, Чжан Чун. Возрастная структура населения Китая и потребление медицинских услуг населением. *Статистические исследования*. 2013;30(3):59–63. DOI: 10.19343/j.cnki.11-1302/c.2013.03.009.
5. 李中秋, 王朝明. 中国人口老龄化对储蓄率的影响. *理论与改革*. 2013;1:101–103 = Ли Чжунцю, Ван Чаоин. Влияние старения населения Китая на норму сбережений. *Теория и реформа*. 2013;1:101–103. DOI: 10.13553/j.cnkillygg.2013.01.009.
6. 刘升学, 廖桑. 基于数学建模的人口结构与经济发展研究. *南华大学学报. 社会科学版*. 2016;17(3):46–50 = Лю Шэнсюэ, Ляо Сан. Исследование структуры населения и экономического развития на основе математического моделирования. *Журнал Университета Наньхуа. Социальные науки*. 2016;17(3):46–50. DOI: 10.13967/j.cnki.nhxb.2016.0048.
7. 尹梦兰. 中国人口老龄化对区域技术创新的影响研究. *北京: 北京工业大学; 2020. 194 页 = Инь Мэнлань. Исследование влияния старения населения Китая на региональные технологические инновации*. Пекин: Пекинский технологический университет; 2020. 194 с. DOI: 10.26935/d.cnki.gbjgu.2020.001147.
8. 张晴. 中国人口老龄化对城乡居民消费结构的影响研究. *保定: 河北大学; 2020. 51 页 = Чжан Цин. Исследование влияния старения населения Китая на структуру потребления городских и сельских жителей*. Баодин: Хэбэйский университет; 2020. 51 с. DOI: 10.27103/d.cnki.ghebu.2020.001749.
9. 李鸿梅. 中国人口老龄化差异化研究. *济南: 山东师范大学; 2020. 88 页 = Ли Хунмэй. Исследование дифференциации старения населения Китая*. Цзинань: Шаньдунский педагогический университет; 2020. 88 с. DOI: 10.27280/d.cnki.gdsdu.2020.001888.
10. Антипова ЕА, Трифонова ЗА. Региональные различия масштабов демографического старения Беларуси и России. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2017;1:36–49.
11. Черешнев ВА, Чистова ЕВ. Выявление региональных особенностей старения населения России. *Экономический анализ: теория и практика*. 2017;16(12):2206–2223. DOI: 10.24891/ea.16.12.2206.
12. Доброхлеб ВГ. Старение населения России: региональный аспект. *Вопросы территориального развития* [Интернет]. 2018;4:[8 с.]. Доступно по: <http://vtr.vsc.ac.ru/article/2764>. DOI: 10.15838/tdi.2018.4.44.4.

13. Горбунова ВВ. Старение населения и его влияние на социально-экономическое развитие современного российского общества. *Научное обозрение. Экономические науки*. 2019;1:11–15.

14. Mason A. Demographic transition and demographic dividends in developed and developing countries. In: *United Nations expert group meeting on social and economic implications of changing population age structures; 2005 August 31 – September 2; Mexico City, Mexico*. New York: United Nations; 2007. p. 81–101.

15. Антипова ЕА, Чэнь Ли. Геодемографическая информационная система по изучению старения населения в Китае: концептуальная схема и данные. В: Воробьев ДС, редактор. *Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ; 9–11 ноября 2022 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2022. с. 274–280.

16. Антипова ЕА, Чэнь Ли. Пространственно-временные особенности и факторы распределения населения в возрасте от 0 до 14 лет в Китае. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022;2:30–42. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-2-30-42.

References

1. Williamson JG. *Grow, distribution and demography: some lessons from history*. Cambridge: National Bureau of Economic Research; 1997. 47 p.

2. Hu Huanyun. [Population distribution of China with statistical table and density map]. *Acta Geographica Sinica*. 1935;2:33–74. Chinese.

3. Zhai Zhenwu. [The impact of China's population mortality decline on age structure]. *Rénkǒu xuékān*. 1986;6:17–21. Chinese. DOI: 10.16405/j.cnki.1004-129x.1986.06.005.

4. Wang Xueyi, Zhang Chong. [China's population age structure and residents' health care consumption]. *Statistical Research*. 2013;30(3):59–63. Chinese. DOI: 10.19343/j.cnki.11-1302/c.2013.03.009.

5. Li Zhongqiu, Wang Chaoming. [The impact of China's population aging on the savings rate]. *Theory and Reform*. 2013;1:101–103. Chinese. DOI: 10.13553/j.cnki.lygg.2013.01.009.

6. Liu Shengxue, Liao Sang. [Research on population structure and economic development based on mathematical modelling]. *Journal of University of South China*. 2016;17(3):46–50. Chinese. DOI: 10.13967/j.cnki.nhxb.2016.0048.

7. Yin Menglan. *Zhōngguó rénkǒu lǎolìng huà duì qūyù jìshù chuàngxīn de yǐngxiǎng yánjiū* [Research on the impact of China's population aging on regional technological innovation]. Beijing: Běijīng gōngyè dàxué; 2020. 194 p. Chinese. DOI: 10.26935/d.cnki.gbjgu.2020.001147.

8. Zhang Qing. *Zhōngguó rénkǒu lǎolìng huà duì chéngxiāng jūmín xiāofèi jiégòu de yǐngxiǎng yánjiū* [Research on the impact of China's population aging on the consumption structure of urban and rural residents]. Baoding: Héběi dàxué; 2020. 51 p. Chinese. DOI: 10.27103/d.cnki.ghebu.2020.001749.

9. Li Hongmei. *Zhōngguó rénkǒu lǎolìng huà chāyì huà yánjiū* [Research on the difference of China's population aging]. Jinan: Shāndōng shìfàn dàxué; 2020. 88 p. Chinese. DOI: 10.27280/d.cnki.gdsu.2020.001888.

10. Antipova EA, Trifonova ZA. Regional differences of the demographic ageing scale of Belarus and Russia. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2017;1:36–49. Russian.

11. Chereshevnev VA, Chistova EV. Determination of regional aspects of population aging in Russia. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2017;16(12):2206–2223. Russian. DOI: 10.24891/ea.16.12.2206.

12. Dobrokhleb VG. Russian population aging: regional aspect. *Territorial Development Issues* [Internet]. 2018;4:[8 p.]. Available from: <http://vtr.vtsc.ac.ru/article/2764>. Russian. DOI: 10.15838/tdi.2018.4.44.4.

13. Gorbunova VV. Population aging and its impact on the socio-economic development of modern Russian society. *Scientific Review. Economic Sciences*. 2019;1:11–15. Russian.

14. Mason A. Demographic transition and demographic dividends in developed and developing countries. In: *United Nations expert group meeting on social and economic implications of changing population age structures; 2005 August 31 – September 2; Mexico City, Mexico*. New York: United Nations; 2007. p. 81–101.

15. Antipova EA, Chen Li. [Geodemographic information system for studying population aging in China: conceptual scheme and data]. In: Vorob'ev DS, editor. *Aktual'nye voprosy ustoychivogo prirodopol'zovaniya: nauchno-metodicheskoe obespechenie i prakticheskoe reshenie. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 60-letiyu NIL ekologii landshaf-tov fakul'teta geografii i geoinformatiki BGU; 9–11 noyabrya 2022 g.; Minsk, Belarus'* [Topical issues of sustainable nature management: scientific and methodological support and practical solution. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University; 2022 November 9–11; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2022. p. 274–280. Russian.

16. Antipova EA, Chen Li. Spatial and temporal features and factors of the distribution of the population aged from 0 to 14 years in China. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2022;2:30–42. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-2-30-42.

Получена 20.12.2022 / исправлена 17.03.2023 / принята 17.03.2023.
Received 20.12.2022 / revised 17.03.2023 / accepted 17.03.2023.

ЦИФРОВОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БРАСЛАВСКИЕ ОЗЕРА»

Н. В. ГАГИНА¹⁾, Д. М. КУРЛОВИЧ¹⁾, В. А. СИПАЧ^{1), 2)}

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾Научно-инженерное республиканское унитарное предприятие
«Геоинформационные системы» НАН Беларуси, ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь

Геоинформационное обеспечение национальных парков включает комплекс мероприятий, направленных на сбор, накопление, передачу, хранение, защиту, обработку, поиск, преобразование информации и предоставление ее потребителям, для выполнения ими своих функций. Комплексная автоматизированно-справочная система Березинского биосферного заповедника и национальных парков Беларуси создана в целях повышения эффективности управления деятельностью особо охраняемых природных территорий, в том числе для решения задач по сохранению ландшафтного и биологического разнообразия. Данная система объединяет в информационно-справочную структуру такие процессы, как сбор полевой информации, ее хранение, обработка и визуализация для различных служб в виде веб-карт и веб-приложений, работа с табличными данными, различными архивными и новыми картографическими материалами, данными дистанционного зондирования Земли. Комплексная автоматизированно-справочная система Национального парка «Браславские озера» включает структурные компоненты картографо-информационного и справочно-информационного обеспечения. Их элементами являются цифровые тематические карты, ландшафтная карта масштаба 1 : 100 000 и справочная информация, полученная на основе анализа этих карт. В результате исследования выявлено сложное ландшафтное строение территории национального парка, в границах которого выделены 7 родов и 21 вид ландшафтов. Уточнено, что на территории национального парка преобладают озерно-ледниковые ландшафты, занимающие 30,8 % от его площади. В рамках справочно-информационного обеспечения определено ландшафтное строение функциональных зон. В границах парка базис строгой охраны природных ландшафтов составляют плоские озерно-ледниковые ландшафты с ложбинами и котловинами и озерно-болотные ландшафты с выпуклыми верховыми и переходными болотами. Применялись методы цифрового ландшафтного картографирования, геоинформационного и сравнительного анализа. Полученные результаты могут быть использованы при корректировке границ функциональных зон Национального парка «Браславские озера», совершенствовании его геоинформационной системы. Методические подходы к построению комплексной автоматизированно-справочной системы могут применяться и для других особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: геоинформационное обеспечение; цифровая карта; национальный парк; функциональное зонирование; ландшафт.

Благодарность. Авторы статьи выражают благодарность доктору географических наук, профессору Г. И. Марцинкевич за оказанную методическую помощь в разработке легенды ландшафтной карты.

Образец цитирования:

Гагина НВ, Курлович ДМ, Сипач ВА. Цифровое ландшафтное картографирование как элемент геоинформационного обеспечения Национального парка «Браславские озера». *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:19–32.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-19-32>

For citation:

Hahina NV, Kurlovich DM, Sipach VA. Digital landscape mapping as an element of geoinformational support of the Braslavskiy Ozyora National Park. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:19–32. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-19-32>

Авторы:

Наталья Владимировна Гагина – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой географической экологии факультета географии и геоинформатики.

Дмитрий Мирославович Курлович – кандидат географических наук, доцент; первый проректор.

Вячеслав Александрович Сипач – старший преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики¹⁾, заместитель начальника отдела²⁾.

Authors:

Natallia V. Hahina, PhD (geography), docent; head of the department of geocology, faculty of geography and geoinformatics.
hahina@bsu.by

Dzmitry M. Kurlovich, PhD (geography), docent; first vice-rector.
kurlovich@bsu.by

Viachaslau A. Sipach, senior lecture at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics^a, and deputy head of department^b.
slava-sipach@tut.by

DIGITAL LANDSCAPE MAPPING AS AN ELEMENT OF GEOINFORMATIONAL SUPPORT OF THE BRASLAVSKIE OZYORA NATIONAL PARK

N. V. HAHINA^a, D. M. KURLOVICH^a, V. A. SIPACH^{a, b}

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

^bThe Scientific and Engineering Republican Unitary Enterprise «Geoinformation Systems»,
National Academy of Sciences of Belarus, 6 Surganava Street, Minsk 220012, Belarus

Corresponding author: V. A. Sipach (slava-sipach@tut.by)

Geoinformation support of national parks includes a set of measures aimed at collecting, accumulating, transferring, storing, protecting, processing, searching, transforming information and providing it to consumers to fulfill their functional duties. The integrated automated reference system of the Berezinsky Biosphere Reserve and national parks of Belarus was created to improve the efficiency of managing the activities of specially protected natural areas, including solving problems of preserving landscape and biological diversity. This system combines into an information and reference structure such processes as the collection of field information, its storage, processing and visualisation for various services in the form of web maps and web applications, work with tabular data, various archival and new cartographic materials, remote sensing data Earth. The integrated automated reference system of the Braslavskie Ozyora National Park includes structural components of cartographic and information and reference and information support. Their elements are digital thematic maps, a landscape map at a scale of 1 : 100 000, and reference information obtained from their analysis. As a result of the study, a complex landscape structure of the territory of the national park was revealed, within the boundaries of which 7 genera and 21 types of landscapes were identified. It was clarified that lacustrine-glacial landscapes prevail on the territory of the national park, occupying 30.8 % of its area. As part of the reference and information support, the landscape structure of functional zones was determined. Within the boundaries of the park, the basis of strict protection of natural landscapes is flat lacustrine-glacial landscapes with hollows and hollows and lacustrine-marsh landscapes with convex raised and transitional bogs. The methods of digital landscape mapping, geoinformation and comparative analysis were used. The results obtained can be used to correct the boundaries of the functional zones of the Braslavskie Ozyora National Park and improve its geographic information system. Methodological approaches to the construction of an integrated automated reference system can also be applied to other specially protected natural areas.

Keywords: geoinformational support; digital map; national park; functional zoning; landscape.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to doctor of science (geography), full professor G. I. Mar-tsinkevich for their methodological assistance in the development of the landscape map legend.

Введение

Национальный парк «Браславские озера» был создан в 1995 г. для сохранения природных комплексов Браславских озер, генетического фонда растительного и животного мира Белорусского Поозерья, устойчивого природопользования и развития природоохранной, научной, просветительской, туристической, рекреационной и оздоровительной деятельности. В настоящее время его площадь составляет 64 216,33 га. Природоохранная значимость природных объектов Национального парка «Браславские озера» подтверждена его международными статусами важной для птиц территории, ключевой ботанической территории, а также статусом ядра европейского значения национальной экологической сети. Национальный парк входит в состав трансграничной особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Аугшдаугава – Браславские озера» (Латвия – Беларусь) [1].

Для решения стоящих перед национальным парком задач и устойчивого управления его территорией требуются интеграция знаний о строении природно-территориальных комплексов на различных пространственных уровнях, пересмотр принципов организации геоинформационного обеспечения и расширение его содержания.

В 2015–2020 гг. был создан и апробирован экспериментальный образец комплексной автоматизированно-справочной системы (ЭО КАСС) на базе существовавших геоинформационных систем (ГИС) Бerezинского биосферного заповедника и национальных парков страны с использованием информации, полученной с аппаратов космического базирования, и других средств.

ЭО КАСС представляет собой корпоративную полнофункциональную ГИС-платформу, включающую ГИС-сервер, веб-портал, систему управления базами данных, настольные ГИС-комплексы и мобильные ГИС. Эта платформа была реализована на базе программного продукта *ArcGIS Enterprise Advanced*, разработанного компанией *Esri* (США). Структурно ЭО КАСС состоит из пяти равноценных ГИС-узлов, каждый из которых расположен в одном из национальных парков и Бerezинском биосферном заповед-

нике. Основой базового информационного обеспечения каждого ГИС-узла стали информационные схемы *природный компонент – модель объекта*, которые представлены в виде сведений, описывающих существенные параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы информации.

Основной целью разработки ЭО КАСС являлись повышение эффективности принятия решений и контроль за их исполнением в сфере управления ООПТ. Для достижения этой цели необходимо было решить задачи с применением ГИС и серверных технологий организации единого информационного пространства как для самих ООПТ, так и для других потребителей данных по основным направлениям их деятельности.

В Национальном парке «Браславские озера» создан ГИС-узел ЭО КАСС, который включает базы данных картографо-информационного и справочно-информационного обеспечения. В связи с этим цели настоящей статьи состоят в разработке цифровой крупномасштабной ландшафтной карты Национального парка «Браславские озера» как одного из элементов геоинформационного обеспечения ЭО КАСС и выполнении на ее основе исследований, связанных с изучением распространения природных и антропогенно преобразованных ландшафтов в границах функциональных зон национального парка.

Состояние проблемы

Большинство задач по информационному обеспечению ООПТ наиболее перспективно реализуются в развитых ГИС, предназначенных для хранения географической информации, ее регулирования, анализа и отображения. Развитые ГИС включают в себя базу географических данных и наборы инструментальных средств для работы с ними. Программное обеспечение современных ГИС позволяет создать картографическое представление, оптимальное для конкретной задачи, поддерживает формат данных, получаемых из систем дистанционного зондирования Земли. Это способствует более эффективному решению многих вопросов природоохранной, лесохозяйственной, туристско-рекреационной деятельности, а также обеспечивает проведение многокритериального и многообъектного анализа территорий [2–4]. Кроме того, использование ГИС-платформы для хранения и представления разнообразных данных помогает повысить осведомленность структурных подразделений управления ООПТ и обеспечить поддержку принятия решений [5–7].

Планирование развития природоохранной, рекреационной и хозяйственной деятельности в границах национальных парков должно опираться на ландшафтный подход. Методические подходы к ландшафтному картографированию начали формироваться с 1960-х гг. [8]. Уже в 1970–90-х гг. существовали детально разработанные методики полевого крупномасштабного картографирования и создания мелкомасштабных карт, были определены задачи и методы прикладных ландшафтных исследований [9–12]. Следует отметить, что разработанные белорусскими учеными принципы классификации ландшафтов и подходы к созданию первой ландшафтной карты для всей территории страны были высоко оценены научным сообществом [13]. Вопросы ландшафтного картографирования практически сразу стали освещаться и в учебных изданиях [14–16]. В XXI в. с внедрением в ландшафтные исследования ГИС-технологий ландшафтное картографирование получило новый импульс развития. Цифровые ландшафтные карты стали неотъемлемой составляющей комплекса картографических материалов по ландшафтному планированию. В зарубежной научной литературе (как англоязычной [17–21], так и русскоязычной [22–28]) были рассмотрены теория, методология и практика ландшафтного планирования, в том числе вопросы создания ландшафтной карты и учета функций ландшафтов для различных целей территориального развития.

Среди научных работ, в которых обобщается опыт использования приемов цифрового ландшафтного картографирования на ООПТ, следует отметить разработанные с помощью ГИС-технологий ландшафтные планы для Национального парка «Забайкальский» [29], природного парка «Зона покоя Укок» [30]. Аспекты применения ГИС-технологий при картографировании отдельных географических компонентов изучены в публикациях белорусских ученых [31–33]. Накопленный опыт ландшафтного картографирования был учтен при разработке информационно-картографического обеспечения Национального парка «Браславские озера».

Территория Национального парка «Браславские озера» отличается детальной изученностью в разрезе крупномасштабного тематического картографирования отдельных природных компонентов, выполненного в разные годы в масштабах от 1 : 200 000 до 1 : 50 000. Существенными недостатками накопленной тематической информации являются статичность данных и их несовместимость, так как значительная часть картографического материала представлена на бумажных носителях, тематические карты составлены в разных масштабах и даже для одного природного компонента они характеризуются различными подходами к составлению. К тому же накопление больших разрозненных массивов разнородной информации приводило к замедлению их обработки и анализа, что существенно затрудняло использование этих материалов при разработке управленческих решений и природоохранных мероприятий.

В конце 1980-х гг. на территории Браславского района при разработке научного обоснования создания Национального парка «Браславские озера» проводились ландшафтные исследования. Они продолжились в 2014 г. в рамках составления плана управления трансграничной ООПТ «Аугшдаугава – Браславские озера», когда для всей трансграничной территории была создана ландшафтная карта, отражающая природные территориальные комплексы в ранге 4 родов, 9 видов и 3 урочищ¹. Содержание этой карты было учтено при разработке цифровой карты ландшафтов национального парка в масштабе 1 : 100 000.

Вопросы научного обоснования зонирования национальных парков, в том числе установления критериев и этапов данного процесса, определения функций этих зон и их территориального разграничения, получили освещение в научной литературе [34]. Как указано в работе [35], основным критерием выделения функциональных зон при интегрированной оценке условий среды выступает природный фактор. Функциональное зонирование, как инструмент устойчивого управления ООПТ через установление дифференцированного режима охраны, должно опираться на знание особенностей ландшафтного строения каждой зоны, местоположения малонарушенных и преобразованных природных комплексов. Эта позиция отразилась в том, что в справочно-информационный компонент ЭО КАСС было рекомендовано включить описание ландшафтного строения функциональных зон национальных парков.

Специфика организации функциональных зон Национального парка «Браславские озера» начала всесторонне исследоваться в рамках разработки научного и технико-экономического обоснования организации государственного природного парка «Браславские озера». В 1995 г. на основе комплексной оценки и с учетом степени ценности и сохранности природных комплексов были определены границы Национального парка «Браславские озера». Как подчеркнуто в работе [36], режимы функциональных зон парка позволили создать предпосылки для устойчивого существования флористических и фаунистических комплексов и ландшафтов. В 2012 г. функциональное зонирование было утверждено в плане управления Национальным парком «Браславские озера», который в 2014 г. был уточнен в связи с созданием плана управления трансграничной ООПТ «Аугшдаугава – Браславские озера».

Материалы и этапы исследования

В рамках создания ГИС-узла Национального парка «Браславские озера» были поэтапно подготовлены информационные модели основных элементов картографо-информационного обеспечения.

Этап 1: создание цифровых слоев базовой картографической информации, включающих границы парка, населенных пунктов, дорог и функциональных зон.

Этап 2: составление цифровых карт гидрографической сети, четвертичных отложений, рельефа, уклонов, экспозиции склонов, почв, лесотипологических комплексов и видов земель. Все картографические данные в информационной системе были приведены к единой проекционной системе координат WGS 1984 UTM zone 35N.

Этап 3: создание ландшафтной карты Национального парка «Браславские озера» в масштабе 1 : 100 000 на основе цифровых тематических материалов. Методика составления цифровых ландшафтных карт в данном масштабе детально излагается на примере создания цифровых ландшафтных карт для национальных парков «Нарочанский» и «Припятский» в публикациях [37; 38], поэтому в настоящей статье она не приводится. Следует отметить, что информационно-справочные функции ЭО КАСС потребовали составления детальной легенды карты с отражением соподчиненности ландшафтных комплексов, выделяемых в ранге родов, видов и отдельных урочищ.

Этап 4: определение площади каждого ландшафтного выдела в составе функциональных зон, анализ ландшафтного строения функциональных зон, учет земель под дорогами и застройками, прочих нарушенных, сельскохозяйственных пахотных, улучшенных луговых и занятых многолетними насаждениями земель в границах каждого ландшафтного выдела на основе данных земельно-информационной системы и материалов дистанционного зондирования Земли, изучение особенностей распространения антропогенно преобразованных ландшафтов в границах функциональных зон парка. Данный этап связан с использованием ЭО КАСС для устойчивого управления парком в соответствии с установленными функциональными зонами и их режимами.

Цифровая карта функционального зонирования Национального парка «Браславские озера» представлена на рис. 1, а. Цифровая карта функционального зонирования, дополненная информацией о видах земель и объектах туристической инфраструктуры, расположенных на этой территории, приведена на рис. 1, б.

¹Создание трансграничной особо охраняемой природной территории «Аугшдаугава – Браславские озера» и формирование предпосылок для управления единой территорией : отчет о НИР в рамках проекта LLB-2-258 : в 2 кн. Кн. 1. Констатирующая часть / НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам ; координатор проекта В. В. Устин. Минск, 2014. 296 с.

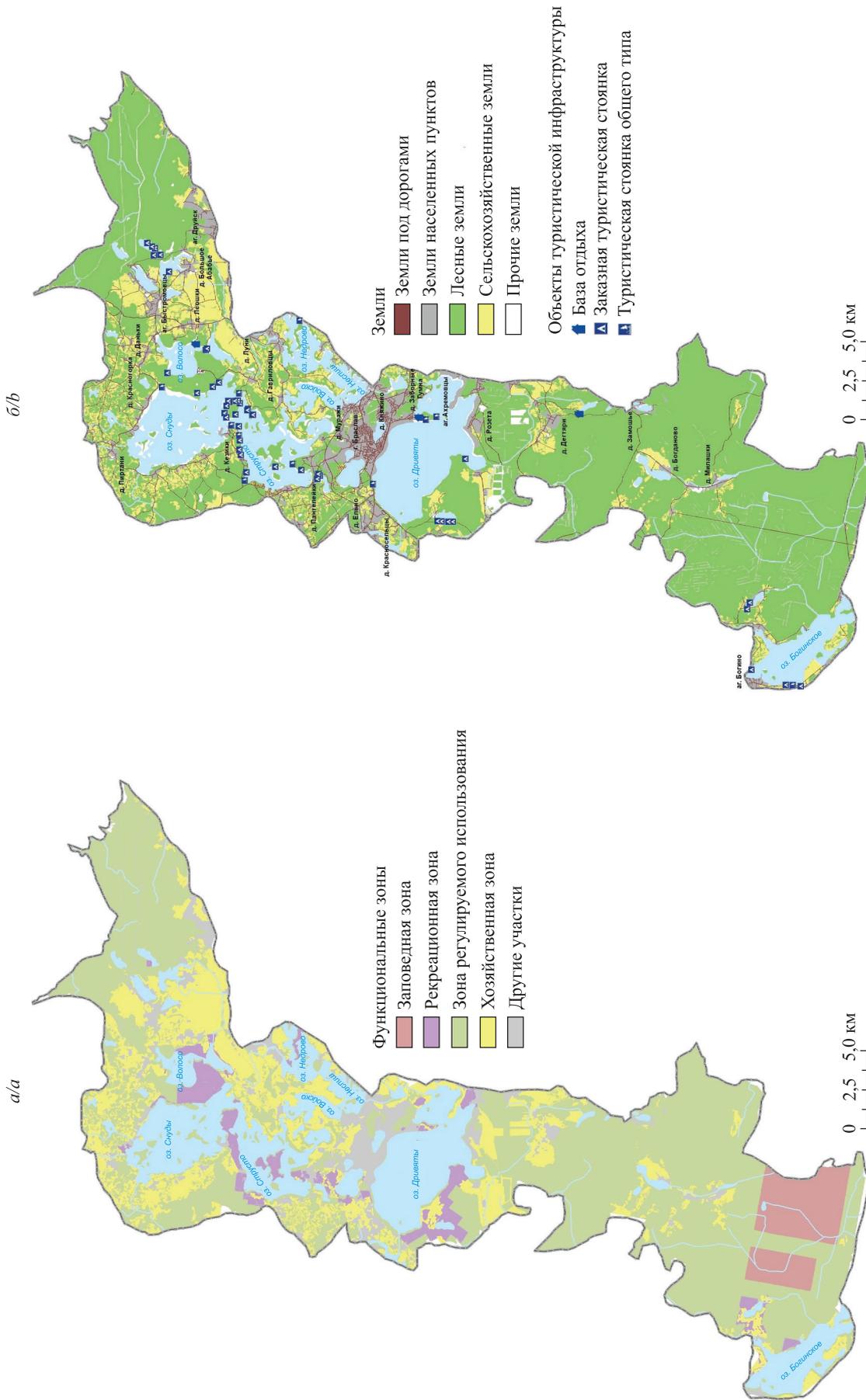


Рис. 1. Структурные компоненты ЭО КАСС Национального парка «Браславские озера»:
 а – функциональные зоны; б – земли и объекты туристической инфраструктуры

Fig. 1. Structural components of the experimental sample of the complex automated reference system of the Braslavskiy Ozyora National Park:
 a – functional zones; b – land and objects of tourism infrastructure

При функциональном зонировании национальных парков необходимо учитывать общие требования к режимам охраны и использования территории, сформулированные в ст. 27 Закона Республики Беларусь от 15 ноября 2018 г. № 150-З «Об особо охраняемых природных территориях». Они были конкретизированы в Положении о Национальном парке «Браславские озера», утвержденном Указом Президента Республики Беларусь от 26 июля 2019 г. № 279 «О некоторых вопросах развития особо охраняемых природных территорий». В соответствии с режимами охраны выделяются:

- заповедная зона, предназначенная для сохранения в естественном состоянии ценных природных комплексов и объектов, площадью 3407,2 га (5,3 % от территории парка);
- зона регулируемого использования, предназначенная для сохранения, воспроизводства и восстановления ценных природных комплексов и объектов, площадью 44 814,1 га (69,9 % от территории парка);
- рекреационная зона, предназначенная для рекреации, туризма, отдыха и оздоровления, площадью 2974,8 га (4,6 % от территории парка);
- хозяйственная зона, предназначенная для обеспечения функционирования парка, площадью 13 020,23 га (20,3 % от территории парка).

Охранная зона парка составляет 84 224,16 га.

Результаты и их обсуждение

Национальный парк «Браславские озера» отражает особенности природных условий Поозерской провинции озерно-ледниковых, моренно-озерных и холмисто-моренно-озерных ландшафтов. Северная часть национального парка относится к Браславскому району волнистых и пологоволнистых моренно-озерных, мелко-холмисто-грядовых холмисто-моренно-озерных ландшафтов, а южная его часть – к Дисненскому району плоских и плосковолнистых озерно-ледниковых ландшафтов [39].

В результате проведенных исследований выявлено сложное ландшафтное строение Национального парка «Браславские озера», в границах которого выделены 7 родов и 21 вид ландшафтов. Наиболее распространены озерно-ледниковые ландшафты, занимающие 30,8 % от площади парка. Доля озерно-болотных и камово-моренных ландшафтов составляет 11,1 и 8,6 % от площади парка соответственно. На холмисто-моренно-озерные, моренно-озерные, водно-ледниковые ландшафты и речные долины приходится менее 5 % от площади парка для каждого рода.

Масштаб исследований позволил выделить отдельные урочища, в том числе крупные моренные и камовые холмы, озовые и эоловые гряды, заторфованные и заболоченные котловины, ложбины стока с водотоками. Они подчеркивают своеобразие ландшафтного строения территории (рис. 2).

Значительное видовое разнообразие характерно для озерно-ледниковых ландшафтов с лесами на дерново-подзолистых, часто заболоченных почвах и болотами на торфяно-болотных почвах. Рельеф озерно-ледниковых ландшафтов представлен плосковолнистыми и плоскими низинами, осложнен эоловыми холмами, заболоченными котловинами и ложбинами. Встречаются участки моренной равнины, одиночные камовые и моренные холмы. В южной части парка распространены дерново-подзолистые заболоченные суглинистые почвы, в северной части – дерново-подзолистые песчаные почвы. В естественном растительном покрове озерно-ледниковых ландшафтов преобладают еловые и широколиственно-еловые леса на дерново-подзолистых суглинистых почвах, сосновые и сосново-еловые леса на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах. В заболоченных котловинах сформировались верховые и низинные болота. В границах парка выделены следующие виды озерно-ледниковых ландшафтов:

- бугристо-плоскостолнистые озерно-ледниковые ландшафты с эоловыми холмами, с сосновыми и сосново-еловыми лесами на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 12)²;
- бугристо-плоскостолнистые озерно-ледниковые ландшафты с эоловыми холмами, котловинами и ложбинами, с сосновыми, сосново-еловыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных песчаных и супесчаных почвах и сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах (вид 13);
- бугристо-плоскостолнисто-котловинные озерно-ледниковые ландшафты с сосновыми, реже еловыми и березовыми лесами на дерново-подзолистых песчаных, часто заболоченных почвах и сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 14);
- плоскобугристые озерно-ледниковые ландшафты с эоловыми холмами и котловинами, с еловыми, широколиственно-еловыми, сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых, реже песчаных, местами заболоченных почвах (вид 15);

²Здесь и далее номер вида соответствует условному обозначению на рис. 2.

- плоскобугристые озерно-ледниковые ландшафты с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 16);
- плоские озерно-ледниковые ландшафты с сосновыми и сосново-еловыми лесами на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных, местами заболоченных почвах (вид 17);
- плоские озерно-ледниковые ландшафты с ложбинами и котловинами, с еловыми и сосновыми лесами, участками широколиственно-еловых, осиновых и березовых лесов на дерново-подзолистых заболоченных супесчаных и суглинистых почвах, сосновыми, пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах (вид 18).

В состав заповедной зоны национального парка включена территория одного вида – область плоских озерно-ледниковых ландшафтов с ложбинами и котловинами (вид 18), которая занимает 46,36 % (см. таблицу). В зону регулируемого использования входят все виды озерно-ледниковых ландшафтов, суммарная площадь которых составляет 38,97 % (рис. 3). В рекреационной зоне площадь озерно-ледниковых ландшафтов уменьшается до 15,74 %. В состав этой зоны включен участок плоских озерно-ледниковых ландшафтов с ложбинами и котловинами (вид 18), расположенный вдоль северного побережья оз. Богинское, и участок плоскобугристых ландшафтов, который находится южнее оз. Дривяты. В хозяйственной зоне доля озерно-ледниковых ландшафтов составляет 31,57 %. В нее входят участки бугристо-плосковолнистых и плоскобугристых озерно-ледниковых ландшафтов с эловыми холмами, занятых сельскохозяйственными землями, на дерново-подзолистых, преимущественно супесчаных, почвах (виды 12 и 15). Их площадь составляет 8,50 и 7,98 % от площади функциональной зоны соответственно.

**Доля площади ландшафтов, включенных в функциональные зоны
и внутреннюю охранную зону Национального парка «Браславские озера»,
от площади этих зон, %**

**The proportion of the area of landscapes included in the functional zones
and the internal buffer zone of the Braslavskie Ozyora National Park,
from the area of these zones, %**

Род ландшафта	Вид ландшафта	Функциональные зоны				Внутренняя охранная зона
		Заповедная зона	Зона регулируемого использования	Рекреационная зона	Хозяйственная зона	
Холмисто-моренно-озерные ландшафты	1	0	0,99	1,9	2,05	2,01
Камово-моренные ландшафты	2	0	2,38	5,62	9,13	10,2
	3	0	0,09	4,49	0	0,16
	4	0	3,53	15,19	9,89	5,49
Моренно-озерные ландшафты	5	0	1,58	2,7	5,14	5,68
	6	0	3,66	2,97	4,19	3,21
	7	0,65	2,55	0	0,99	2,09
Водно-ледниковые ландшафты	8	0	0,18	2,99	0,19	1,33
	9	0	1,78	2,87	0,37	0,25
	10	0	1,54	7,31	1,85	3,61
	11	0	1,43	5,81	2,71	18,37
Озерно-ледниковые ландшафты	12	0	3,87	1,07	8,51	9,61
	13	0	5,25	0	1,53	2,7
	14	0	3,01	0	2,34	1,49
	15	0	8,78	3,25	7,98	6,61
	16	0	1,05	5,26	1,23	2,72
	17	0	3,12	0,39	5,07	1,92
	18	46,36	13,89	5,77	4,91	3,57
Озерно-болотные ландшафты	19	33,04	7,16	0	09	0,18
	20	0	9,11	0,69	5,74	2,04
Речные долины	21	0	0,09	0	0,8	1,59
Урочища	22–30	19,95	24,95	27,84	25,28	15,16

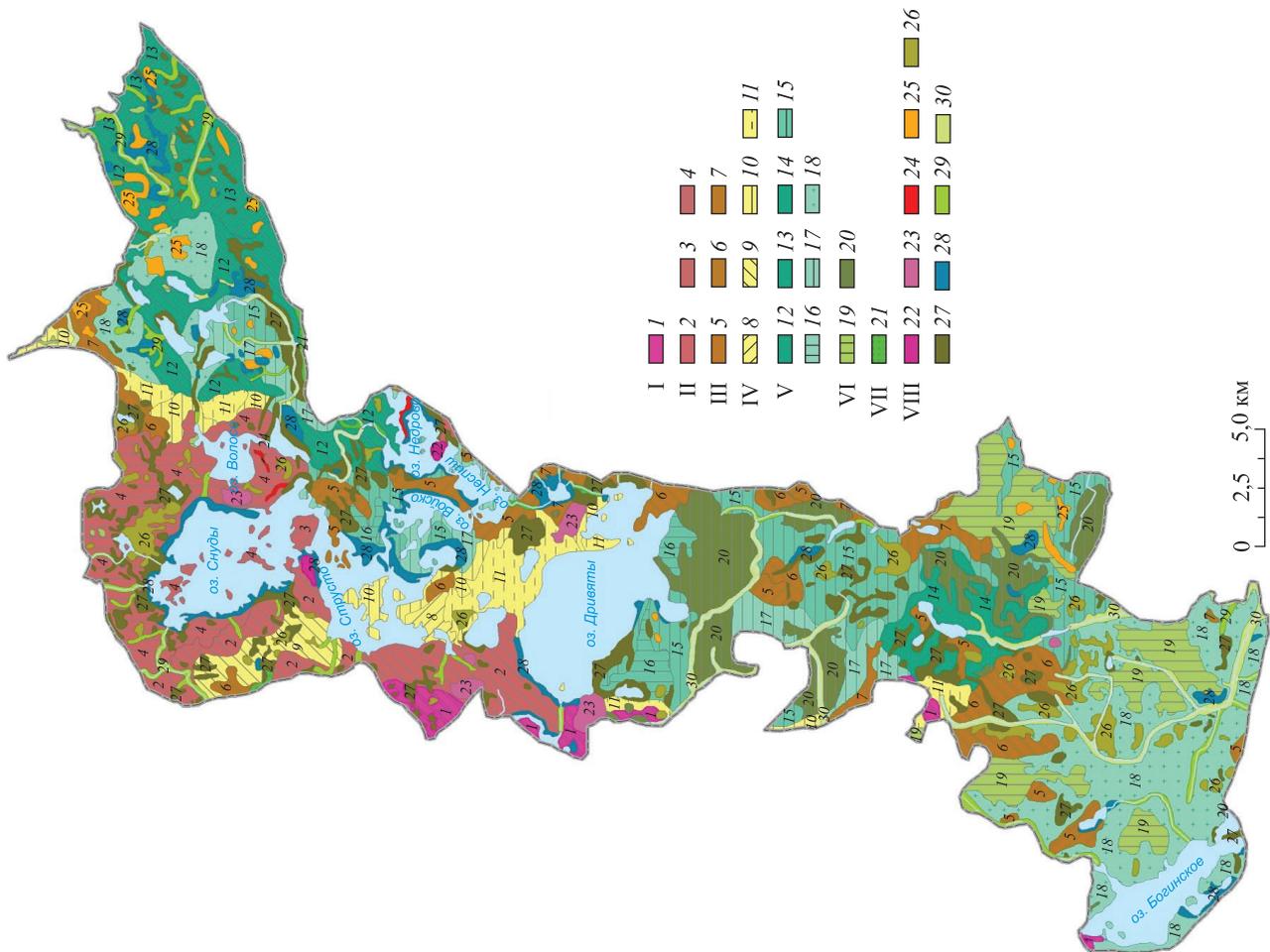


Рис. 2. Ландшафты Национального парка «Браславские озера» в ранге родов (I–VII), видов (I–21) и урочищ (22–30).

I. Холмисто-моренно-озерные ландшафты: 1 – среднехолмистые; 3 – мелкохолмистые;

II. Камово-моренные ландшафты: 2 – среднехолмистые; 3 – мелкохолмистые; 4 – мелко-холмисто-котловинные. III. Моренно-озерные ландшафты:

5 – холмисто-волнистые; 6 – плосковолнистые; 7 – плоские.

IV. Водно-ледниковые ландшафты: 8 – холмисто-волнистые;

9 – пологоволнистые; 10 – плосковолнистые; 11 – плоские.

V. Озерно-ледниковые ландшафты:

12 – бутристово-посковолнистые с эоловыми холмами;

13 – бутристово-посковолнистые с эоловыми холмами,

котловинами и ложбинами;

14 – бутристово-посковолнисто-котловинные;

15 – плоскобутристовые с эоловыми холмами и котловинами;

16 – плоскобутристовые; 17 – плоские; 18 – плоские с ложбинами и котловинами.

VI. Озерно-болотные ландшафты:

19 – выпуклые ландшафты верховых и переходных болот;

20 – плоские ландшафты низинных болот. VII. Речные долины:

21 – речные долины со слабовыраженной поймой малых рек.

VIII. Урочища: 22 – моренные холмы; 23 – камовые холмы;

24 – озовые гряды; 25 – эоловые гряды;

26 – котловины верховых и переходных болот;

27 – котловины низинных болот; 28 – озерно-аллювиальные котловины;

29 – сильновырезанные ложбины стока с водотоками;

30 – слабовырезанные ложбины стока с водотоками

Fig. 2. Landscapes of the Braslavskiy Ozyora National Park in the rank of genera (I–VII), species (I–21), and tracts (22–30).

I. Hilly-moraine-lacustrine landscapes: 1 – medium-hilly-ridge.

II. Kame-moraine landscapes: 2 – medium-hilly; 3 – small-hilly;

4 – small-hilly-hollow. III. Moraine-lacustrine landscapes:

5 – hilly-wave; 6 – flat-wave; 7 – flat.

IV. Fluvioglacial landscapes: 8 – hilly-wave; 9 – gently sloping-wave; 10 – flat-wave; 11 – flat.

V. Lacustrine-glacial landscapes: 12 – hummocky flat-wave with aeolian hills;

13 – hummocky flat-wave with eolian hills, depressions and ravines;

14 – hummocky flat-wave-hollow; 15 – hummocky with eolian hills and depressions;

16 – hummocky; 17 – flat; 18 – flat with depressions and ravines.

VI. Lacustrine-swamp landscapes: 19 – convex upland and transitional swamps;

20 – flat lowland swamps. VII. River valleys:

21 – river valleys with weak floodplain of small rivers.

VIII. Tracts: 22 – moraine hills; 23 – kame hills; 24 – esker ridges;

25 – eolian ridges; 26 – depressions of upland and transitional swamps;

27 – depressions of lowland swamps; 28 – lacustrine-alluvial depressions;

29 – deep ravines with streams; 30 – shallow ravines with streams

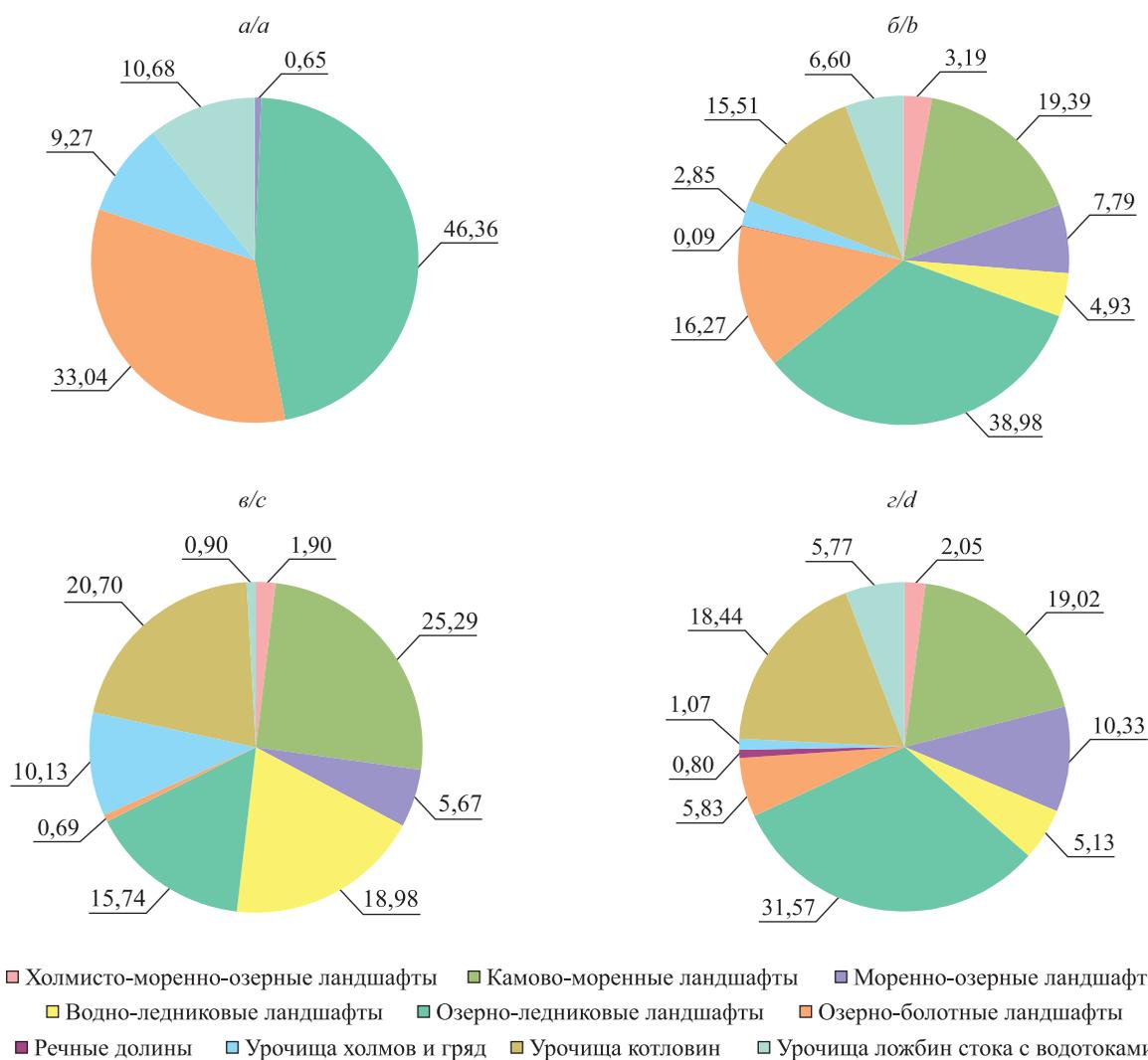


Рис. 3. Доля площади ландшафтов, включенных в функциональные зоны Национального парка «Браславские озера», от площади этих зон, %:
а – заповедная зона; б – зона регулируемого использования;
в – рекреационная зона; г – хозяйственная зона

Fig. 3. The proportion of the area of landscapes included in the functional zones of the Braslavskiy Ozyora National Park, from the area of these zones, %:
а – protected zone; б – regulated use zone; в – recreational zone; г – economic zone

Озерно-болотные ландшафты с открытыми и лесными болотами на торфяно-болотных почвах широко распространены в южной части парка. Под торфами (мощность породы составляет от 1 до 7 м) залегают озерно-аллювиальные или озерные пески, супесчано-суглинистые отложения, которые частично выходят на поверхность в форме минеральных островов. Естественная растительность представлена сосновыми, пушистоберезово-сосновыми, черноольховыми болотными лесами, осоковыми, сфагновыми болотами. В границах парка выделены следующие виды озерно-болотных ландшафтов:

- выпуклые верховые и переходные болота с сосновыми, пушистоберезовыми лесами, сфагновыми болотами на торфяно-болотных почвах (вид 19);
- плоские низинные болота с черноольховыми, пушистоберезово-черноольховыми лесами и участками широколиственно-черноольховых лесов, осоковых болот на торфяно-болотных почвах (вид 20).

В состав заповедной зоны включены выпуклые верховые и переходные болота (вид 19), на долю которых приходится 33,04 %. Площадь озерно-болотных ландшафтов в зоне регулируемого использования составляет 16,27 %, из них на долю плоских низинных болот (вид 20) приходится 9,11 %. Южнее оз. Дривяты 5,74 % озерно-болотных ландшафтов мелиорированы и включены в состав хозяйственной зоны.

Камово-моренные ландшафты с лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных почвах распространены в северо-западной части парка. Для них характерно сочетание камовых и моренных холмов, котловин и западин, которые усложняют рельеф. Почвенно-растительный покров представлен участками сосновых, елово-сосновых, березовых лесов на дерново-подзолистых, часто заболоченных

почвах. Котловины заняты сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми болотными лесами на торфяно-болотных почвах. В пределах парка выделены следующие виды камово-моренных ландшафтов:

- среднехолмистые камово-моренные ландшафты с елово-сосновыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных супесчаных и суглинистых почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 2);
- мелкохолмистые камово-моренные ландшафты с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах (вид 3);
- мелко-холмисто-котловинные камово-моренные ландшафты с елово-сосновыми и березовыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных супесчаных и суглинистых почвах, с сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 4).

Участки камово-моренных ландшафтов входят в состав всех функциональных зон национального парка, кроме заповедной. В границах рекреационной зоны они занимают наибольшую площадь – 25,30 %. Мелко-холмисто-котловинные ландшафты (вид 4) составляют 15,19 % от площади рекреационной зоны. В границах мелкохолмистых ландшафтов с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах (вид 3), занимающими 4,49 % от площади рекреационной зоны, на полуострове между озерами Струсто и Снуды организованы туристические стоянки.

Холмисто-моренно-озерные ландшафты с лесами на дерново-подзолистых почвах распространены небольшими участками вдоль западной границы парка и представлены средне-холмисто-грядовыми ландшафтами с сосново-еловыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных супесчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 1). Участки ландшафта, занятые сельскохозяйственными землями, включены в хозяйственную зону парка, а участки, занятые лесными землями, – в зону регулируемого использования и рекреационную зону. В границах заповедной зоны холмисто-моренно-озерные ландшафты не встречаются.

Моренно-озерные ландшафты с лесами на дерново-подзолистых почвах фрагментарно представлены на всей территории национального парка. Наибольшие по площади участки встречаются в центральной и юго-западной частях парка. Рельеф является плоским, плосковолнистым, местами холмисто-волнистым, преобладают дерново-подзолистые, часто заболоченные почвы. Естественный растительный покров представлен еловыми, широколиственно-еловыми, мелколиственными лесами. В границах парка выделены следующие виды моренно-озерных ландшафтов:

- холмисто-волнистые моренно-озерные ландшафты с елово-сосновыми, сосновыми и березовыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных суглинистых и супесчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 5);
- плосковолнистые моренно-озерные ландшафты с елово-сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных супесчаных и песчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 6);
- плоские моренно-озерные ландшафты с елово-сосновыми, березовыми лесами на дерново-подзолистых, местами заболоченных песчаных и супесчаных почвах (вид 7).

Моренно-озерные ландшафты представлены небольшими по площади участками во всех функциональных зонах парка, при этом их площадь варьируется от 0,65 % в заповедной зоне до 10,32 % в хозяйственной зоне. Холмисто-волнистые и плосковолнистые ландшафты с пахотнопригодными и луговыми землями (виды 5 и 6) преимущественно включены в хозяйственную и рекреационную зоны, а плоские моренно-озерные ландшафты с естественным растительным покровом – в зону регулируемого использования и заповедную зону. В границах моренно-озерных ландшафтов находятся г. Браслав и ряд сельских населенных пунктов, земли которых относятся к внутренней охранной зоне.

Водно-ледниковые ландшафты с лесами на дерново-подзолистых почвах встречаются фрагментарно. Рельеф здесь является достаточно разнообразным, встречаются участки холмисто-волнистых, плосковолнистых, плоских равнин с камами, озами, дюнами, котловинами и ложбинами стока. Почвенно-растительный покров представлен преимущественно сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах и сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах. В границах парка выделены следующие виды водно-ледниковых ландшафтов:

- холмисто-волнистые водно-ледниковые ландшафты с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах (вид 8);
- пологоволнистые водно-ледниковые ландшафты с отдельными холмами и котловинами, с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах, сосново-пушистоберезовыми и черноольховыми лесами на торфяно-болотных почвах (вид 9);
- плосковолнистые водно-ледниковые ландшафты с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 10);
- плоские водно-ледниковые ландшафты с сосновыми лесами на дерново-подзолистых песчаных почвах, с сельскохозяйственными землями (вид 11).

Значительная часть территории водно-ледниковых ландшафтов включена в состав рекреационной (18,98 %) и внутренней охранной (23,56 %) зон. Водно-ледниковые ландшафты представлены небольшими по площади участками в границах зоны регулируемого использования и хозяйственной зоны. Участки ландшафта, занятые сельскохозяйственными землями, включены в хозяйственную зону национального парка, а участки, занятые лесными землями, – в зону регулируемого использования и рекреационную зону.

Ландшафт речных долин со слабовыраженной поймой малых рек с участками лугов на аллювиальных дерновых заболоченных почвах, черноольховыми лесами и низинными травяными болотами на аллювиальных торфяно-болотных почвах (вид 21) распространен в долине р. Друйки, протекающей вдоль восточной границы парка. Природоохранные ограничения здесь связаны с соблюдением режимов водоохраных зон и прибрежных полос.

В целом распространение антропогенно преобразованных ландшафтов соответствует режимам охраны и использования территории функциональных зон национального парка и внутренней охранной зоны (рис. 4).

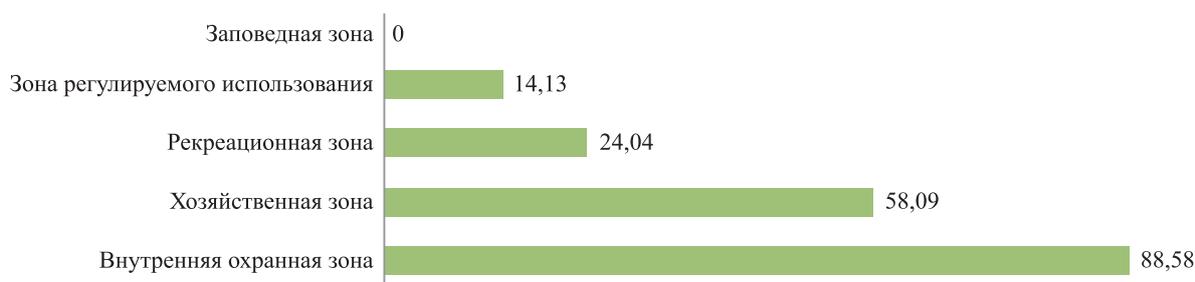


Рис. 4. Доля антропогенно преобразованных ландшафтов в границах функциональных зон Национального парка «Браславские озера», %

Fig. 4. The share of anthropogenically transformed landscapes within the boundaries of the functional zones of the Braslavskie Ozyora National Park, %

Отсутствие антропогенно нарушенных земель выступает обязательным требованием к сохранению ландшафтного и биологического разнообразия в заповедной зоне. Данное требование соблюдается в Национальном парке «Браславские озера». В зоне регулируемого использования доля антропогенно преобразованных ландшафтов является незначительной (около 14 %). Это связано с особенностями ведения лесохозяйственной деятельности (наличие лесных дорог, противопожарных полос, участков санитарных рубок). В рекреационной зоне доля антропогенно трансформированных участков ландшафтов достигает уже 24 %. В хозяйственной зоне доля сельскохозяйственных земель составляет около 60 %, а во внутренней охранной зоне, в которую включены населенные пункты, доля трансформированных земель закономерно возрастает почти до 89 %.

Установленные в национальном парке природоохранные режимы функциональных зон позволяют выполнять задачи по устойчивому управлению его территорией и сохранению ландшафтов.

Заключение

Разработанный ЭО КАСС создан как корпоративная полнофункциональная ГИС-платформа, включающая в себя ГИС-сервер, веб-портал, систему управления базами данных, настольные ГИС-комплексы и мобильные ГИС. Структурно ЭО КАСС состоит из пяти ГИС-узлов, расположенных в национальных парках и Березинском биосферном заповеднике. ЭО КАСС включает картографо-информационный и справочно-информационный компоненты. В состав картографо-информационного компонента входит цифровая ландшафтная карта масштаба 1 : 100 000, которая разработана на базе цифровых тематических материалов, приведенных к единой системе координат и проекции.

Проведенное исследование показало сложное ландшафтное строение национального парка, в границах которого выделены 7 родов и 21 вид ландшафтов. Наиболее распространены озерно-ледниковые ландшафты, занимающие 30,8 % от площади парка. Доля озерно-болотных и камово-моренных ландшафтов составляет 11,1 и 8,6 % от площади парка соответственно.

В состав заповедной зоны включены сохранившиеся в естественном состоянии участки плоских озерно-ледниковых ландшафтов с ложбинами и котловинами, а также озерно-болотных ландшафтов с выпуклыми верховыми и переходными болотами. В зоне регулируемого использования представлены все встречающиеся в национальном парке виды ландшафтов, а их незначительная трансформация (14 % от площади зоны) свидетельствует о сложившемся здесь устойчивом природопользовании. В состав

рекреационной зоны входят участки камово-моренных, водно-ледниковых, частично моренно-озерных и озерно-ледниковых ландшафтов, среди которых доля антропогенно преобразованных ландшафтов составляет 24 % от площади зоны. Хозяйственная зона парка состоит в основном из сельскохозяйственных земель (60 % от площади зоны) преимущественно в границах озерно-ледниковых и камово-моренных ландшафтов.

Сопряженный анализ ландшафтного строения и функционального зонирования Национального парка «Браславские озера» показал, что управление территорией парка является достаточно устойчивым, учитываются ее ландшафтные особенности и обеспечивается сохранение ландшафтного разнообразия.

Библиографические ссылки

1. Юргенсон НА, Устин ВВ, Шушкова ЕВ, Груммо ДГ. *50 уникальных заповедных территорий Беларуси*. Минск: Белорусская энциклопедия імя Пётруся Броўкі; 2017. 399 с.
2. Берлянт АМ. *Геоинформационное картографирование*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1997. 64 с.
3. Лурье ИК. *Геоинформационное картографирование: методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков*. Москва: КДУ; 2008. 424 с.
4. Tezel D, Inam S, Kocaman S. GIS-based assessment of habitat networks for conservation planning in Kas-Kekova protected area (Turkey). *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020;9(2):1–21. DOI: 10.3390/ijgi9020091.
5. Сипач ВА, Люштык ВС, Семёнов ОА. Географическая информационная система как основа информационного обеспечения природоохранной деятельности особо охраняемых природных территорий. В: Люштык ВС, составитель. *Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Материалы конференции с международным участием, посвященной 20-летию образования Национального парка «Нарочанский»; 9–11 октября 2019 г.; Нарочь, Беларусь*. Минск: Бинера; 2019. с. 212–229.
6. Geneletti D, van Duren I. Protected area zoning for conservation and use: a combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and Urban Planning*. 2008;85(2):97–110. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.10.004.
7. Трифонова ТА, Мищенко НВ, Краснощекоев АН. *Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях*. Москва: Академический проект; 2005. 352 с.
8. Видина АА. *Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям*. Солнцев НА, редактор. Москва: [б. и.]; 1962. 120 с.
9. Мамай ИИ. Некоторые вопросы методики полевых ландшафтных исследований равнинных территорий. В: Исаченко АГ, Преображенский ВС, редакторы. *Методика ландшафтных исследований*. Ленинград: [б. и.]; 1971. с. 19–27.
10. Николаев ВА. *Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1978. 63 с.
11. Исаченко АГ. *Методы прикладных ландшафтных исследований*. Ленинград: Наука; 1980. 222 с.
12. Обуховский ЮМ, Губин ВН, Марцинкевич ГИ. *Аэрокосмические исследования ландшафтов Беларуси*. Минск: Навука і тэхніка; 1994. 173 с.
13. Марцинкевич ГИ, Клицунова НК, Хараничева ГТ, Якушко ОФ, Логинова ЛВ. *Ландшафты Белоруссии*. Марцинкевич ГИ, Клицунова НК, редакторы. Минск: Университетское; 1989. 238 с.
14. Жучкова ВК. *Организация и методы комплексных физико-географических исследований*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1977. 183 с.
15. Исаченко ГА. *Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет; 1999. 110 с.
16. Клицунова НК. *Методы географических исследований. Часть 1. Методы физико-географических исследований*. Минск: БГУ; 2008. 124 с.
17. Fabos JG. Computerization of landscape planning. *Landscape and Urban Planning*. 1988;15(3–4):279–289. DOI: 10.1016/0169-2046(88)90051-5.
18. Jongman RUG. Landscape ecology and land-use planning. In: Wiens J, Moss M, editors. *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p. 316–328.
19. von Haaren C, Galler C, Ott S. *Landscape planning. The basis of sustainable landscape development*. Leipzig: Bonn; 2008. 51 p.
20. Klingseisen B, Metternicht G, Paulus G. Geomorphometric landscape analysis using a semi-automated GIS-approach. *Environmental Modelling & Software*. 2008;23:109–121. DOI: 10.1016/j.envsoft.2007.05.007.
21. Evans IS. Geomorphometry and landform mapping: what is a landform? *Geomorphology*. 2012;137:94–106. DOI: 10.1016/J.GEOMORPH.2010.09.029.
22. Антипов АН, Дроздов АВ, Кравченко ВВ, Семёнов ЮМ, Гагаринова ОВ, Плюснин ВМ и др. *Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт*. Антипов АН, Дроздов АВ, редакторы. Иркутск: Институт географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук; 2002. 141 с.
23. Кравченко ВВ, Семёнов ЮМ, Дроздов АВ, Гагаринова ОВ, Роговская НВ, Плюснин ВМ и др. *Ландшафтное планирование: инструменты и опыт применения*. Антипов АН, редактор. Иркутск: Институт географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук; 2005. 165 с.
24. Антипов АН, Семёнов ЮМ. Ландшафтное планирование как инструмент управления природопользованием (на примере Байкальского региона). *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2006;5:82–91.
25. Ялухно В, Дудко Г. Ландшафтное планирование как средство экологической организации территории. В: Дудко ГВ, редактор. *Территориальное планирование в Республике Беларусь*. Минск: ФУАинформ; 2007. с. 211–228.
26. Дьяконов КН, Хорошев АВ, редакторы. *Теория и методология ландшафтного планирования*. Москва: Товарищество научных изданий КМК; 2019. 513 с.
27. Антипов АН, Дроздов АВ, Князева ТФ, Кравченко ВВ, Семёнов ЮМ. *Руководство по ландшафтному планированию. Том 2. Методические рекомендации по ландшафтному планированию*. Дроздов АВ, редактор. Москва: Государственный центр экологических программ; 2021. 72 с.

28. Шитов АВ, Семёнов ЮМ. Ландшафтное планирование для целей природопользования на горных территориях (на примере Майминского района Республики Алтай). *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2015;21:194–203. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-194-203.
29. Абалаков АД, Овдин ЕД, Новикова ЛС. *Территориальная организация Забайкальского национального парка*. Плюснин ВМ, редактор. Иркутск: Институт географии имени В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук; 2002. 125 с.
30. Бабин ВГ, Семёнов ЮМ, Шитов АВ, Сухова МГ, Кочеева НА, Журавлёва ОВ и др. Ландшафтное планирование природного парка «Зона покоя Уюк» (Республика Алтай). *География и природные ресурсы*. 2011;3:38–45. DOI: 10.1134/S187537281103005X.
31. Клебанович НВ, Прокопович СН, Сазонов АА, Куликова АС. Картометрическая и генетико-морфологическая характеристика почвенного покрова средствами ГИС-технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2017;2:92–102.
32. Ольшевский АВ, Самсоненко ИП, Яцухно ВМ. Технология выявления, дешифрирования и картографирования деградированных земель на основе данных дистанционного зондирования Земли. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2018;2:50–58.
33. Лазовик ГС, Топаз АА. Оценка эрозионной опасности почв и ее картографирование с использованием ГИС-технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2021;2:18–31. DOI: 10.33581/2521-6740-2021-2-18-31.
34. Дудко ГВ, Яцухно ВМ, Башкинцева ОФ, Скрипачёва ОН. *Принципы формирования и зонирования национальных парков: обзорная информация*. Минск: БелНИЦ «Экология»; 2004. 48 с.
35. Дудко ГВ, Яцухно ВМ, Люштык ВС. Функциональное зонирование Национального парка «Нарочанский»: опыт проведения, современное состояние, перспективы развития. В: Люштык ВС, составитель. *Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Материалы конференции с международным участием, посвященной 20-летию образования Национального парка «Нарочанский»; 9–11 октября 2019 г.; Нарочь, Беларусь*. Минск: Бинера; 2019. с. 17–23.
36. Мицон ВА. История создания и развития особо охраняемой природной территории. В: Люштык ВС, составитель. *Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Материалы конференции с международным участием, посвященной 20-летию образования Национального парка «Нарочанский»; 9–11 октября 2019 г.; Нарочь, Беларусь*. Минск: Бинера; 2019. с. 56–61.
37. Гагина НВ, Курлович ДМ, Ковалевская ОМ. Создание цифровых карт природных ландшафтов Национального парка «Нарочанский». *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2020;26(4):90–103. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-90-103.
38. Марцинкевич ГИ, Гагина НВ, Курлович ДМ, Ковалевская ОМ. Структура и картографирование ландшафтов Национального парка «Припятский» с использованием геоинформационных технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2021;1:65–74. DOI: 10.33581/2521-6740-2021-1-65-74.
39. Счастливая ИИ, Воробьёв ДС. Структура природных ландшафтов и ее роль в создании схемы ландшафтного районирования Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022;1:28–41. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-28-41.

References

1. Yurgenson NA, Ustin VV, Shushkova EV, Grummo DG. *50 unikal'nykh zapovednykh territorii Belarusi* [50 unique reserved natural territories of Belarus]. Minsk: Belaruskaja jencyklapedyja imja Petrusja Browki; 2017. 399 p. Russian.
2. Berlyant AM. *Geoinformatsionnoe kartografirovanie* [Geoinformation mapping]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1997. 64 p. Russian.
3. Lur'e IK. *Geoinformatsionnoe kartografirovanie: metody geoinformatiki i tsifrovoi obrabotki kosmicheskikh snimkov* [Geoinformation mapping: methods of geoinformatics and digital processing of space images]. Moscow: KDU; 2008. 424 p. Russian.
4. Tezel D, Inam S, Kocaman S. GIS-based assessment of habitat networks for conservation planning in Kas-Kekova protected area (Turkey). *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2020;9(2):1–21. DOI: 10.3390/ijgi9020091.
5. Sipach VA, Lyushtyk VS, Semenov OA. [Geographic information system as the basis for information support of environmental activities of specially protected natural areas]. In: Lyushtyk VS, compiler. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii (OOPT). Materialy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya Natsional'nogo parka «Narochanskiy»; 9–11 oktyabrya 2019 g.; Naroch', Belarus'* [The current state and prospects for the development of specially protected natural areas (SPNA). Proceedings of the conference with international participation dedicated to the 20th anniversary of the formation of the National Park «Narochanskiy»; 2019 October 9–11; Naroch, Belarus]. Minsk: Biner; 2019. p. 212–229. Russian.
6. Geneletti D, van Duren I. Protected area zoning for conservation and use: a combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and Urban Planning*. 2008;85(2):97–110. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.10.004.
7. Trifonova TA, Mishchenko NV, Krasnoshechikov AN. *Geoinformatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovanie v ekologicheskikh issledovaniyakh* [Geoinformation systems and remote sensing in ecological research]. Moscow: Akademicheskii projekt; 2005. 352 p. Russian.
8. Vidina AA. *Metodicheskie ukazaniya po polevym krupnomasshtabnym landshaftnym issledovaniyam* [Guidelines for field large-scale landscape studies]. Solntsev NA, editor. Moscow: [s. n.]; 1962. 120 p. Russian.
9. Mamai II. [Some questions of methodology of field landscape studies of flat territories]. In: Isachenko AG, Preobrazhenskii VS, editors. *Metodika landshaftnykh issledovaniy* [Landscape research methodology]. Leningrad: [s. n.]; 1971. p. 19–27. Russian.
10. Nikolaev VA. *Klassifikatsiya i melkomasshtabnoe kartografirovanie landshaftov* [Classification and small-scale mapping of landscapes]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1978. 63 p. Russian.
11. Isachenko AG. *Metody prikladnykh landshaftnykh issledovaniy* [Methods of applied landscape research]. Leningrad: Nauka; 1980. 222 p. Russian.
12. Obukhovskii YuM, Gubin VN, Martsinkevich GI. *Aerokosmicheskie issledovaniya landshaftov Belarusi* [Aerospace researches of landscapes of Belarus]. Minsk: Navuka i tjehnika; 1994. 173 p. Russian.
13. Martsinkevich GI, Klitsunova NK, Kharanicheva GT, Yakushko OF, Loginova LV. *Landshafty Belorussii* [Landscape of Belarus]. Martsinkevich GI, Klitsunova NK, editors. Minsk: Universitetskoe; 1989. 238 p. Russian.
14. Zhuchkova VK. *Organizatsiya i metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy* [Organisation and methods of complex physical and geographical research]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1977. 183 p. Russian.

15. Isachenko GA. *Metody polevykh landshaftnykh issledovaniy i landshaftno-ekologicheskoe kartografirovaniye* [Methods of field landscape research and landscape-ecological mapping]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University; 1999. 110 p. Russian.
16. Klitsunova NK. *Metody geograficheskikh issledovaniy. Chast' 1. Metody fiziko-geograficheskikh issledovaniy* [Methods of geographical research. Part 1. Methods of physical and geographical research]. Minsk: Belarusian State University; 2008. 124 p. Russian.
17. Fabos JG. Computerization of landscape planning. *Landscape and Urban Planning*. 1988;15(3–4):279–289. DOI: 10.1016/0169-2046(88)90051-5.
18. Jongman RUG. Landscape ecology and land-use planning. In: Wiens J, Moss M, editors. *Issues and perspectives in landscape ecology*. Cambridge: Cambridge University Press; 2005. p. 316–328.
19. von Haaren C, Galler C, Ott S. *Landscape planning. The basis of sustainable landscape development*. Leipzig: Bonn; 2008. 51 p.
20. Klingseisen B, Metternicht G, Paulus G. Geomorphometric landscape analysis using a semi-automated GIS-approach. *Environmental Modelling & Software*. 2008;23:109–121. DOI: 10.1016/j.envsoft.2007.05.007.
21. Evans IS. Geomorphometry and landform mapping: what is a landform? *Geomorphology*. 2012;137:94–106. DOI: 10.1016/J.GEOMORPH.2010.09.029.
22. Antipov AN, Drozdov AB, Kravchenko VV, Semenov YuM, Gagarinova OV, Plyusnin VM, et al. *Landshaftnoe planirovaniye: printsipy, metody, evropeiskii i rossiiskii opyt* [Landscape planning: principles, methods, European and Russian experience]. Antipov AN, Drozdov AV, editors. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2002. 141 p. Russian.
23. Kravchenko VV, Semenov YuM, Drozdov AV, Gagarinova OV, Rogovskaya NV, Plyusnin VM, et al. *Landshaftnoe planirovaniye: instrumenty i opyt primeneniya* [Landscape planning: tools and application experience]. Antipov AN, editor. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2005. 165 p. Russian.
24. Antipov AN, Semenov YuM. Landscape planning as an instrument of land use management (by example of Baikal Region). *Izvestiya rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2006;5:82–91. Russian.
25. Yatsukhno V, Dudko G. [Landscape planning as a means of ecological organisation of the territory]. In: Dudko GV, editor. *Territorial'noe planirovaniye v Respublike Belarus'* [Territorial planning in the Republic of Belarus]. Minsk: FUAinform; 2007. p. 211–228. Russian.
26. D'yakonov KN, Khoroshev AV, editors. *Teoriya i metodologiya landshaftnogo planirovaniya* [Theory and methodology of landscape planning]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK; 2019. 513 p. Russian.
27. Antipov AN, Drozdov AV, Knyazeva TF, Kravchenko VV, Semenov YuM. *Rukovodstvo po landshaftnomu planirovaniyu. Tom 2. Metodicheskie rekomendatsii po landshaftnomu planirovaniyu* [Landscape planning guide. Volume 2. Guidelines for landscape planning]. Drozdov AV, editor. Moscow: Gosudarstvennyi tsentr ekologicheskikh programm; 2021. 72 p. Russian.
28. Shitov AV, Semenov YuM. Landscape planning for environmental management in mountain territories (on the example of the Mayminsky Region of Altai Republic). *InterKarto. InterGIS*. 2015;21:194–203. Russian. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-194-203.
29. Abalakov AD, Ovdin ED, Novikova LS. *Territorial'naya organizatsiya Zabaikal'skogo natsional'nogo parka* [Territorial organisation of the Zabaikalsky National Park]. Plyusnin VM, editor. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2002. 125 p. Russian.
30. Babin VG, Semenov YuM, Shitov AV, Sukhova MG, Kocheeva NA, Zhuravleva OV, et al. Landscape planning of the «Ukok quiet zone» National Park (Altai Republic). *Geografia i prirodnye resursy*. 2011;3:38–45. Russian. DOI: 10.1134/S187537281103005X.
31. Klebanovich NV, Prokopovich SN, Sazonov AA, Kulikova AS. Cartometrics and genetic-morphological characteristics of the soil cover by means of GIS-technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography. Geology*. 2017;2:92–102. Russian.
32. Alsheuski AV, Samsonenka IP, Yatsukhna VM. The technology of identification, interpretation and mapping of degraded lands based on remote sensing data. *Journal of the Belarusian State University. Geography. Geology*. 2018;2:50–58. Russian.
33. Lazovik GS, Topaz AA. Assessment of soil erosion hazard and its mapping using GIS technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography. Geology*. 2021;2:18–31. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2021-2-18-31.
34. Dudko GV, Yatsukhno VM, Bashkintseva OF, Skripacheva ON. *Printsipy formirovaniya i zonirovaniya natsional'nykh parkov: obzornaya informatsiya* [Principles of formation and zoning of national parks: overview information]. Minsk: BelNITs «Ekologiya»; 2004. 48 p. Russian.
35. Dudko GV, Yatsukhno VM, Lyushtyk VS. [Functional zoning of the National Park «Narochanskiy»: experience, current state, development prospects]. In: Lyushtyk VS, compiler. *Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy razvitiya osobo okhranyaemykh prirodnnykh territorii (OOPT). Materialy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya Natsional'nogo parka «Narochanskiy»; 9–11 oktyabrya 2019 g.; Naroch', Belarus'* [The current state and prospects for the development of specially protected natural areas (SPNA). Proceedings of the conference with international participation dedicated to the 20th anniversary of the formation of the National Park «Narochanskiy»; 2019 October 9–11; Naroch, Belarus]. Minsk: Binera; 2019. p. 17–23. Russian.
36. Mitsyun VA. [The history of the creation and development of a specially protected natural area]. In: Lyushtyk VS, compiler. *Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy razvitiya osobo okhranyaemykh prirodnnykh territorii (OOPT). Materialy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi 20-letiyu obrazovaniya Natsional'nogo parka «Narochanskiy»; 9–11 oktyabrya 2019 g.; Naroch', Belarus'* [The current state and prospects for the development of specially protected natural areas (SPNA). Proceedings of the conference with international participation dedicated to the 20th anniversary of the formation of the National Park «Narochanskiy»; 2019 October 9–11; Naroch, Belarus]. Minsk: Binera; 2019. p. 56–61. Russian.
37. Hahina NV, Kurlovich DM, Kovalevskaya OM. Creation of digital maps of natural landscapes of the National Park «Narochanskiy». *InterKarto. InterGIS*. 2020;26(4):90–103. Russian. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-90-103.
38. Martsinkevich GI, Hahina NV, Kurlovich DM, Kovalevskaya OM. Structure and mapping of landscapes of the Pripyatsky National Park using geoinformation technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2021;1:65–74. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2021-1-65-74.
39. Shchasnaya II, Varabyou DS. The structure of natural landscapes and its role in the development of the landscape zoning scheme of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2022;1:28–41. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-28-41.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ КАРТЫ УСЛОВИЙ ПРОХОДИМОСТИ

А. С. ЧЕРЕНКО¹⁾, Д. М. КУРЛОВИЧ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Описана методика создания карты условий проходимости местности с использованием программных продуктов конструкторского бюро «Панорама» и программно-информационного комплекса «Составление специальной карты», разработанного Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси. Рассмотрены и проанализированы исходные картографические материалы для составления карт условий проходимости. В результате их изучения выявлены особенности в правилах цифрового описания векторных объектов топографических карт, не позволяющие создавать качественные карты условий проходимости. Внесены изменения в эти правила. Взамен типологии карт проходимости по сезонам года рекомендована классификация по климатическим и погодным условиям, которая основана на оценке поверхностного состояния грунта. Составлена карта проходимости для традиционного подхода, предназначенного для вставки в аналоговые топографические карты. В целях повышения ее информативности разработаны новые условные знаки. Для геоинформационного подхода, предназначенного для использования в электронном варианте, создана карта условий проходимости в целях ее применения с данными дистанционного зондирования Земли и графом дорог. Для разработки карты проходимости предложено привлечение специалистов по геоинформационным системам, а также специалистов в сферах инженерных войск и разведки, обладающих знаниями о тактико-технических характеристиках применяемого вооружения. Сделан вывод о необходимости создания для Республики Беларусь и прилегающих к ней территорий топографической основы без разделения по номенклатурным листам с учетом современных требований, которые предъявляются к войскам.

Ключевые слова: карта условий проходимости; цифровые топографические карты; геоинформационные технологии; специальные карты местности; проходимость местности.

THE USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR THE FORMATION OF A SPECIAL PASSABILITY MAP

A. S. CHERENKO^a, D. M. KURLOVICH^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: A. S. Cherenko (cherenko@bsu.by)

Using software products of the design bureau «Panorama» and the software and information complex «Compilation of special map» developed by the United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, the methodology for creating a passability map is described. The initial cartographic materials for their creation are considered and analysed. When studying them, the features in the rules of digital description of vector objects of topographic maps were revealed, which do not allow to create a high-quality passability map, therefore, changes for them were proposed. Instead of dividing the passability map by seasons, a classification based on climatic and weather conditions based on the surface condition of the soil is proposed. A passability map was created for the traditional approach designed to be

Образец цитирования:

Черенко АС, Курлович ДМ. Использование геоинформационных технологий для формирования специальной карты условий проходимости. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:33–46. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-33-46>

For citation:

Cherenko AS, Kurlovich DM. The use of geoinformation technologies for the formation of a special passability map. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:33–46. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-33-46>

Авторы:

Алексей Сергеевич Черенко – преподаватель общей военной кафедры военного факультета.
Дмитрий Мирославович Курлович – кандидат географических наук, доцент; первый проректор.

Authors:

Aliaksei S. Cherenko, lecturer at the combined arms department, military faculty.
cherenko@bsu.by
Dzmitry M. Kurlovich, PhD (geography), docent; first vice-rector.
kurlovich@bsu.by

imprinted into analog topographic maps. To increase its informativeness, new symbols were developed. For the geoinformation approach intended for use on a computer, a passability map was created for sharing with remote sensing data and a graph of roads. It is proposed to involve GIS specialists, engineering troops, intelligence, with knowledge of the tactical and technical characteristics of the weapons used in the development of the passability map. It is concluded that it is necessary to create a topographic basis for the entire the Republic of Belarus and the adjacent territory without dividing by nomenclature sheets, taking into account modern requirements that are imposed on the troops.

Keywords: passability map; digital topographic maps; geoinformation technologies; special terrain maps; terrain passability.

Введение

При планировании проведения боевых действий тщательное изучение и всесторонняя оценка таких тактических свойств местности, как проходимость, условия маскировки, наблюдения, ведения огня, ориентирования и защиты, являются одними из ключевых факторов, которые влияют на принятие решения командиром, и при грамотном анализе обеспечивают преимущество перед противником [1]. Несмотря на значительное технологическое развитие, с течением времени влияние свойств местности на процесс ведения боя не потеряло актуальности, но изменились средства ее изучения. Так, с появлением геоинформационных систем стали возможными интеграция огромного количества информации о местности, обеспечение процедур ее анализа, прогноза и визуализации инструментарием автоматизации. Это, в свою очередь, расширяет состав создаваемых средств топогеодезической информации традиционной системы топогеодезического обеспечения и трансформирует ее в систему ГИС-обеспечения военных действий, которая соответствует современным концепциям ведения военных действий на основе технологического и информационного превосходства [2].

Специальные карты (СК), создаваемые в дополнение к традиционным топографическим картам (ТК), позволяют получить данные, необходимые для организации передвижения войск и их навигации, сведения о тактических свойствах местности и другую специальную информацию. Фактически они представляют собой результат анализа состояния окружающей среды и ее влияния на планирование и ведение военных действий. СК, в сравнении с ТК, дают более детальные сведения о местности и уменьшают время, необходимое командиру на принятие решения.

Одним из самых значимых свойств ландшафта является проходимость местности, под которой понимается степень доступности местности для движения боевых и транспортных машин, а также уровень ее влияния на возможность маневрирования и скорость передвижения [1]. Недооценивание этого тактического свойства может привести к потере техники и личного состава при движении вне дороги и, как следствие, к недостижению цели военных действий или даже к поражению.

Исследования проходимости местности проводились многими учеными в различных научно-исследовательских учреждениях. Их проекты сосредоточены на анализе влияния на проходимость как отдельных факторов (растительность [3], снежный покров [4], грунты [5]), так и совокупности факторов [6–8].

Стоит отметить исследования влияния на проходимость совокупности факторов, поскольку они являются наиболее актуальными и перспективными с точки зрения использования ГИС-технологий. Наиболее полно и подробно оценка проходимости с использованием ГИС-технологий дана в источнике [7]. Методика построения в нем состоит из следующих действий:

- разделения местности на ячеистые области установленного размера, соответствующие определенному воинскому формированию, которому требуется коридор проходимости установленной ширины: чем меньше ячейка, тем точнее результат (это ведет к более сложным вычислениям);
- присвоения значения индекса проходимости ранее сгенерированным ячеистым областям, где значение 0 соответствует полностью непроходимой местности, а значение 1 – полностью проходимой местности;
- преобразования ранее сгенерированных карт проходимости в граф, состоящий из ребер и узлов, где каждому ребру присваивается значение индекса проходимости;
- исключения из модели узлов и ребер, пересекающих непроходимые территории (здания, водные объекты и др.);
- определения оптимального маршрута движения между двумя точками;
- экспорта сгенерированных маршрутов в файл формата SHP.

Особого внимания заслуживают публикации, в которых описывается модель мобильности *NRMM* (*NATO reference mobility model*). Данная модель представляет собой совокупность уравнений и алгоритмов, позволяющих прогнозировать передвижение военной техники по пересеченной местности [9; 10]. В основу создания этих уравнений и алгоритмов положен ряд стандартизирующих документов¹ [11].

В Вооруженных силах Республики Беларусь анализ и оценка местности, в том числе ее проходимости, осуществляются в соответствии с учебными пособиями [12–14]. Основным из них является учебное

¹STANAG-3992. Military geographic documentation. Terrain analysis. AGeoP-1 (A) [Electronic resource]. URL: <https://standards.globalspec.com/std/464406/STANAG%203992> (date of access: 06.07.2021).

пособие [14]. В этих источниках раскрыта методика оценки местности по условиям проходимости без использования ГИС-технологий, т. е. вручную. Применение ГИС-технологий при анализе и оценке проходимости описано в учебном пособии [15].

В соответствии с исследованными литературными источниками основным картографическим способом изображения проходимости является способ качественного фона. В свою очередь, в большинстве случаев местность делится на три основные группы:

- проходимую;
- труднопроходимую или ограниченно проходимую;
- непроходимую.

Это разделение основано на анализе и оценке влияния различных факторов (рельеф, растительность, гидрография, населенные пункты, дорожная сеть, климат и т. д.) на тяговые возможности транспортных средств. В качестве показателей, на базе которых оценивается степень проходимости местности, выступают количественные физические величины, полученные путем измерений таких характеристик, как крутизна скатов, расстояние между деревьями, толщина стволов деревьев, ширина и глубина рек и каналов, толщина льда на водоемах, заболоченность и физический состав грунта. Такой подход позволяет командиру составить план движения войск и по возможности предотвратить маршруты, пересекающие непроходимые и труднопроходимые зоны.

Первоначально разделением территории на зоны проходимости вручную занимался опытный исполнитель, который был в состоянии проанализировать местность с учетом всех вышеперечисленных критериев. Соответственно, это занимало много времени и требовало от картографа большого опыта. С возникновением ГИС появилась возможность провести автоматизированный анализ местности на основе цифровых данных и составить карту условий проходимости (КУП). Роль исполнителя заключается в том, чтобы задавать параметры карты: тип и характеристики техники, климатические и погодные условия, занятые противником территории и др.

Автоматизированное составление КУП реализовано в программно-информационном комплексе (ПИК) «Составление СК», который разработан Объединенным институтом проблем информатики НАН Беларуси. С векторных ТК берутся все необходимые данные для построения КУП местности. На этих картах отображаются три зоны по уровню проходимости местности с учетом сезонов года, коридоры проходимости с градацией скорости движения по ним (существующая дорожная сеть является для них основой), а также классифицированные в зависимости от характеристик мосты. Также при составлении КУП есть возможность задать характеристики техники, для которой создаются эти карты, и текущее состояние местности, дифференцированное с учетом погодных условий (рис. 1). Стоит отметить, что ПИК «Составление СК» в первую очередь предназначен для подготовки СК к изданию, а не для использования их в ГИС.

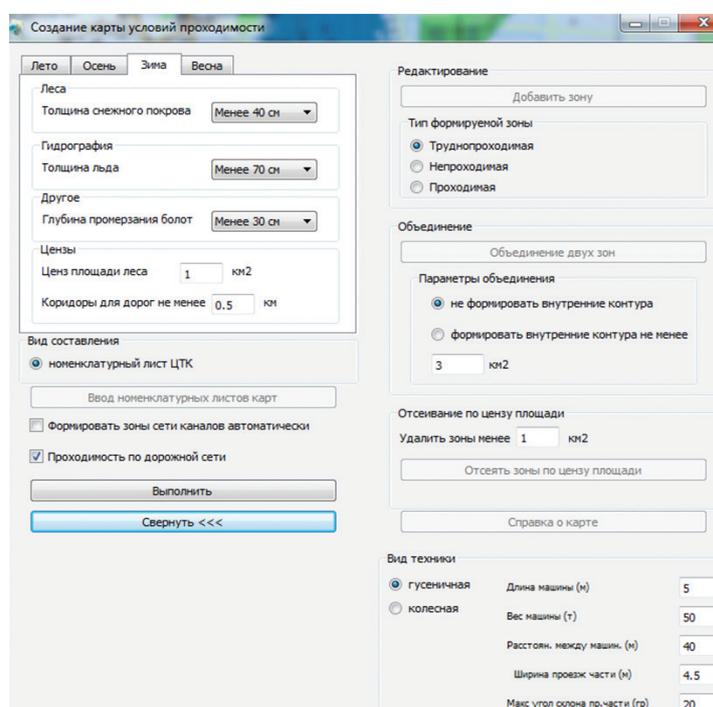


Рис. 1. Создание КУП в ПИК «Составление СК»

Fig. 1. Creating a passability map in the software and information complex «Compilation special map»

Ввиду того что данных, содержащихся в цифровых ТК, имеется недостаточно и дополнительные источники не применяются, картографу приходится значительно дорабатывать сгенерированные КУП вручную из-за некорректного конечного результата, что уменьшает эффективность использования возможностей автоматизированного составления цифровых КУП. В связи с этим основными целями данного исследования являются рассмотрение способов применения ГИС-технологий при создании КУП и выработка предложений по усовершенствованию исходных картографических материалов (ИКМ) и условных знаков (УЗ).

Материалы и методы исследования

Для создания КУП применялись ГИС «Панорама ×64» (14-я версия) и «Оператор» (11-я версия), а также ПИК «Составление СК». Создание карт начинается с подготовки и обработки ИКМ. Основным источником данных, по которому создаются КУП, являются электронные ТК.

Изначально аналоговые ТК создавались в интересах военных, поэтому размещенная на них информация фактически отражала тактические свойства местности. Проходимость местности была заложена в пояснительных подписях, содержащих сведения о ширине дорог, от которой зависит возможность двустороннего движения техники по ним, и материале их покрытия. Характеристика лесной растительности вмещала информацию о толщине деревьев и расстоянии между ними, что позволяло определить проходимость этих лесных массивов военной техникой. Проходимость рек и каналов определялась по пояснительной подписи, содержащей информацию о ширине, длине и характере грунта в данном месте водного потока. Пояснительные подписи к мостам включали данные о грузоподъемности, ширине, длине и материале сооружения, что использовалось командирами для определения проходимости мостов техникой (рис. 2).

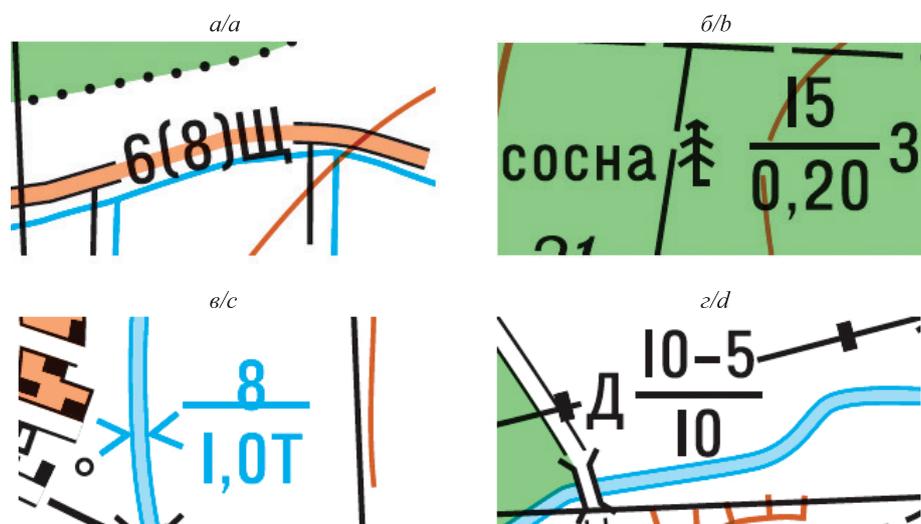


Рис. 2. Пояснительные подписи УЗ, характеризующие проходимость:
а – дороги; б – леса; в – реки или канала; г – моста

Fig. 2. Explanatory signatures of symbols characterising the passability:
a – of road; b – of forest; c – of a river or canal; d – of a bridge

Электронные ТК формата SXF, используемые и стандартизированные² в Республике Беларусь, близки по составу к аналоговой ТК. В классификаторах ТК 25t05g, 50t05g, 100t05g, 200t05g и 500t05g есть семантика под номером 63, которая кодифицирует объекты по степени их проходимости. Эта семантика доступна только для пяти площадных объектов, причем она является обязательной для болот и солончаков и возможной для леса (рис. 3). Фактически семантика проходимости данных объектов была взята из аналоговых карт, так как в источниках³ только болота и солончаки имели это свойство.

²СТБ 1793-2007. Цифровые карты местности. Цифровое представление информации о местности в формате SXF. Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. 32 с.

³ГКНП 05-016-2018. Условные знаки для топографической карты масштаба 1 : 10 000. Минск : Белгеодезия, 2018. 122 с. ; ГКНП 05-015-2018. Условные знаки для топографической карты масштаба 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000. Минск : Белгеодезия, 2018. 101 с. ; ГКНП 05-019-2018. Условные знаки для топографической карты масштаба 1 : 200 000 и 1 : 500 000. Минск : Белгеодезия, 2018. 59 с.

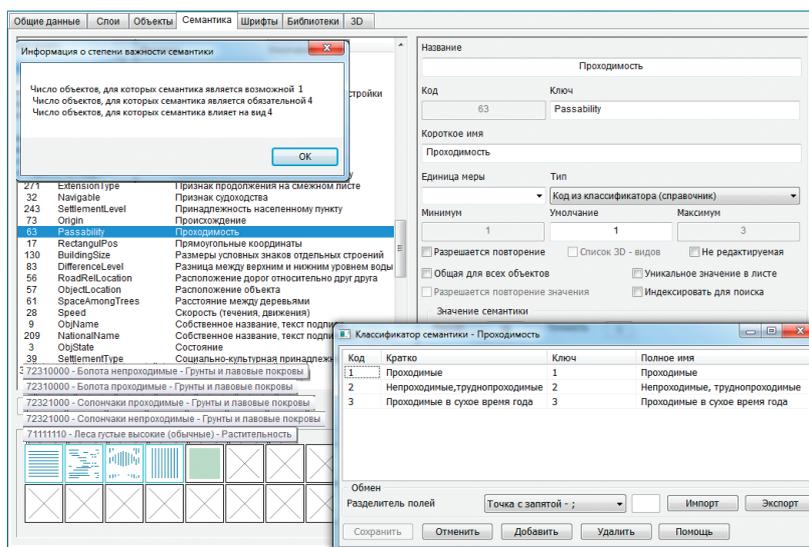


Рис. 3. Семантика проходимости в классификаторе ТК

Fig. 3. The semantics of passability in the classifier of a topographic map

Добавление в классификатор ТК свойства «проходимые в сухое время года» и сведений о степени важности семантики является свидетельством того, что усовершенствование электронных ТК формата SXF путем внесения в объекты дополнительной информации, по сравнению с аналоговыми картами, является возможным, и, вероятно, оно закладывалось на этапе разработки классификатора. Анализ существующих оцифрованных ТК формата SXF показал, что семантика проходимости для леса нигде не применялась.

Существующие правила цифрового описания (ПЦО) информации, отображаемой на ТК и планах населенных пунктов⁴, не позволяют в полной мере использовать семантику объектов ТК для создания КУП. Например, при цифровом описании лесов различие в характеристиках древостоя массива леса на ИКМ не выступает основанием для деления его на самостоятельные объекты. В связи с этим, когда на цифровой ТК имеется сплошной массив леса, ему присваиваются обобщенные характеристики «толщина деревьев» и «расстояние между деревьями», которые являются средним арифметическим значением соответствующих характеристик, встречающихся на ТК в данном массиве. Стоит отметить, что для небольших по площади лесов отсутствуют характеристики «толщина деревьев» и «расстояние между деревьями». Также отсутствует семантика глубины и характера грунта в линейных объектах гидрографии, но в то же время она присутствует в векторных характеристиках к ним. Это приводит к тому, что в ПИК «Составление СК» указывается неверный тип проходимости для этих территорий, несмотря на то что в нем заложены правильные алгоритмы расчета.

Недостатком ТК масштаба от 1 : 50 000 до 1 : 200 000 для создания КУП является заложенная при их составлении картографическая генерализация. Из-за нее не все важные для проходимости элементы местности (лесные дороги, небольшие участки леса, улицы и проезды в кварталах населенных пунктов, поляны в лесу и др.) отображаются на ТК. Это обусловлено требованиями к ТК, которые в первую очередь предназначаются для аналоговых карт и подразумевают их подготовку к изданию, что не позволяет отобразить на них подробную информацию о местности. Масштабом ТК, на которой показываются абсолютно все элементы местности без генерализации, является 1 : 10 000, но использование данного масштаба ограничено его закрытостью. В связи с этим дополнительно применялись карты *OpenStreetMap* (OSM) и *Yandex*, поскольку они имеют более подробную информацию, особенно сведения о составе дорожной сети населенных пунктов.

Большое влияние на проходимость местности оказывает рельеф. Фактор рельефа был учтен с помощью модуля расчетных и военно-прикладных задач «комплекс инженерных задач», входящего в состав ГИС «Оператор». В нем есть режим «проходимость по рельефу» (рис. 4), в котором проходимость местности вне дорог определяется ее пересеченностью и крутизной скатов и представляется в виде матрицы уклонов [16].

⁴СТБ 1753-2016. Цифровые карты местности. Правила цифрового описания информации, отображаемой на топографических картах и планах населенных пунктов. Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2009. 132 с.

Проходимость по рельефу							
Вид перемещения							
Подразделение в пешем порядке							
Кривизна ската, градусы	меньше 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 20	больше 20	
Скорость движения, км/ч	больше 6	6 - 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2,5	меньше 2,5	
Автомобиль повышенной проходимости							
Кривизна ската, градусы	меньше 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	больше 30
Скорость движения, км/ч	больше 20	20 - 15	16 - 12	12 - 8	8 - 5	5 - 0	0
Гусеничный тягач с прицепом							
Кривизна ската, градусы	меньше 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 30	больше 30
Скорость движения, км/ч	больше 12	12 - 10	10 - 7	7 - 5	5 - 3	3 - 0	0
Танк							
Кривизна ската, градусы	меньше 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 35	больше 35
Скорость движения, км/ч	больше 15	15 - 12	12 - 10	10 - 6	6 - 4	4 - 0	0

Рис. 4. Построение матрицы уклонов в режиме «проходимость по рельефу»

Fig. 4. Construction of the slope matrix in the «relief passability» mode

Проходимость местности зависит также от грунта и определяется такими его свойствами, как плотность, текучесть и сила сцепления. Эти свойства зависят в первую очередь от погодных условий и влияют на определение коэффициента проницаемости, а также влажности грунта. Например, если в сухую погоду для большинства транспортных средств непроходимыми являются болота, заболоченные почвы и песок в рассыпчатом состоянии, то в дождливую погоду непроходимыми или труднопроходимыми становятся также илистые и глинистые участки.

Сведения о типе грунта в векторных ТК формата SXF отсутствуют. Информация о грунтах дана в аналоговых ТК масштаба 1 : 200 000 на обратной стороне карты вместе со справкой о местности. Для учета грунтов при создании КУП использовалась карта пользовательского векторного формата SIT «Грунты Республики Беларусь» масштаба 1 : 200 000.

Влияние климатических и погодных условий отражается в разделении КУП по сезонам года. Поскольку для территории Республики Беларусь географические закономерности по сезонам года являются в целом одинаковыми, а для других территорий Земли – различными, предлагается классификация КУП в зависимости от климатических и погодных условий, основанная в первую очередь на поверхностном состоянии грунта. Выделяются следующие климатические периоды:

- сухой теплый период;
- влажный теплый период с размокшим грунтом, который образовался в результате обильных осадков или таяния снега;
- холодный период с образованием мощного ледяного покрова и промерзанием грунтов без осадков;
- холодный период с образованием устойчивого высокого снежного покрова после осадков.

Важным фактором при составлении КУП является то, для передвижения какой техники устанавливается степень проходимости местности. На пересеченной местности проходимость может рассчитываться для передвижения пешеходных подразделений, но чаще она вычисляется для перемещения конкретной военной техники. Существует стандартное разделение транспортных средств на гусеничную и колесную технику, причем последняя считается менее проходимой. Стоит учесть, что на вооружении многих стран имеются машины на шинах сверхнизкого давления, которые предназначены в первую очередь для передвижения по пересеченной местности. Данная техника легко преодолевает болотистую и заснеженную местность, поэтому подобные машины иногда называются снегоболотоходами. Конкурировать по проходимости вне дорог с этой техникой могут только судна на воздушной подушке или шнекороторные вездеходы.

Имеется множество различных видов военной техники, поэтому заранее составить КУП для всех существующих моделей затруднительно. Также многое зависит от вида воинского формирования (взвод, рота, батальон, полк и т. д.), поэтому оптимальным решением данной проблемы является учет тактико-технических характеристик военной техники и типа подразделения перед созданием КУП.

При составлении КУП следует учитывать инженерные заграждения в районе действий, занятые противником территории, завалы и пожары в лесах и населенных пунктах, разрушения дорог, мостов, гидротехнических сооружений и других объектов, возникающие в результате боевых действий, особенно с применением ядерного оружия. Поэтому разделение СК в навигационно-топографической службе на СК, изготавливаемые заблаговременно, и СК, создаваемые при подготовке и в ходе боевых действий, применимо и к КУП. Исходя из этого, в военное время подобная карта должна составляться с учетом карт оперативно-тактической обстановки.

С учетом вышеизложенного для создания КУП использовались следующие исходные данные:

- карта грунтов формата SIT для территории Республики Беларусь;
- единый классификатор СК;
- матрица уклонов рельефа;
- космические снимки и *Yandex*-карты;
- векторные карты OSM;
- граф дорог.

Методика создания КУП включала в себя несколько этапов.

Этап 1: преобразование ТК согласно требованиям алгоритмов определения степени проходимости, заложенным в ПИК «Составление СК».

Этап 2: автоматизированное создание КУП в ПИК «Составление СК по ТК».

Этап 3: импорт составленных КУП в ГИС «Панорама».

Этап 4: создание матрицы уклонов и пользовательских карт проходимости рельефа.

Этап 5: учет грунтов при составлении КУП в первую очередь во влажный теплый период.

Этап 6: определение проходимости дорог для традиционного подхода и создание графа для геоинформационного подхода.

Этап 7: оформление КУП.

Результаты и их обсуждение

В настоящее время при создании СК с использованием компьютерных технологий применяются два подхода:

- традиционный (карта создается под аналоговую печать по номенклатурным листам ТК);
- геоинформационный (карта создается под использование в электронном виде с топографической основой без разделения на номенклатурные листы и совместно с множеством других слоев информации) [17].

В данном исследовании КУП для номенклатуры N-35-069 изготавливается на сухой теплый период для традиционного и геоинформационного подходов. Основным источником ИКМ для создания КУП были карты более крупного масштаба (1 : 50 000). С учетом вышеизложенных проблем выполнено преобразование ТК для составления КУП.

Произведена сшивка номенклатурных листов с помощью режима «объединение данных», находящегося в группе приложений «обработка листов карт и генерализация». Благодаря этому режиму удалось преобразовать четыре смежных номенклатурных листа в пользовательский слой формата SIT. В перспективе с использованием данного режима возможно создание единого слоя топографической информации, который состоит из ТК соответствующего масштаба, в рамках геоинформационного подхода для всей территории Республики Беларусь. Этот слой заменит используемые сшивки электронных ТК, в которых по линиям разграфки идет разделение объектов векторной карты. Также он в несколько раз уменьшит количество используемых в работе файлов.

Объект «леса густые, высокие» был разбит на лесные кварталы по номерам, поскольку именно для них в лесничествах имеются таксационные описания, содержащие информацию о высоте и диаметре деревьев. В этих объектах были оцифрованы все поляны, поросли, горелые вырубленные леса вне зависимости от их размеров, так как, кроме КУП, эти изменения будут актуальны и для СК условий маскировки. Вдоль крупных дорог участки леса были вырезаны (рис. 5, *a*), а не оцифрованы поверх них (рис. 5, *b*). Подобная оцифровка присутствует в других векторных данных, используемых в ГИС (рис. 5, *в* и *г*). Небольшие площади леса, кустарника и иных растений, если это не одиночные объекты, были оцифрованы площадными полигонами, поскольку ГИС затруднительно определить проходимость леса по точечным и векторным объектам.

Чтобы повысить информативность ТК по проходимости объектов гидрографии, в них была добавлена возможная семантика глубины, ширины, характера грунта и скорости течения с пояснительными подписями к УЗ, поскольку эти характеристики изначально отсутствуют в классификаторе ТК для данных объектов.

Проходимость населенных пунктов в первую очередь рассчитывается по их улицам. Оцифровка улиц в формате SXF осуществляется с помощью объектов «сторона улицы» и «улицы». Векторизованы только те улицы, которые связаны сквозным проездом, соединяющим основные дороги (рис. 6, *a*). Соответственно, в крупных населенных пунктах оцифрованных улиц насчитывается мало (рис. 6, *b*). Это приводит к трудностям создания графа дорог на основании электронных ТК формата SXF и последующего анализа проходимости населенных пунктов в ГИС. В преобразованной векторной ТК были оцифрованы все улицы.

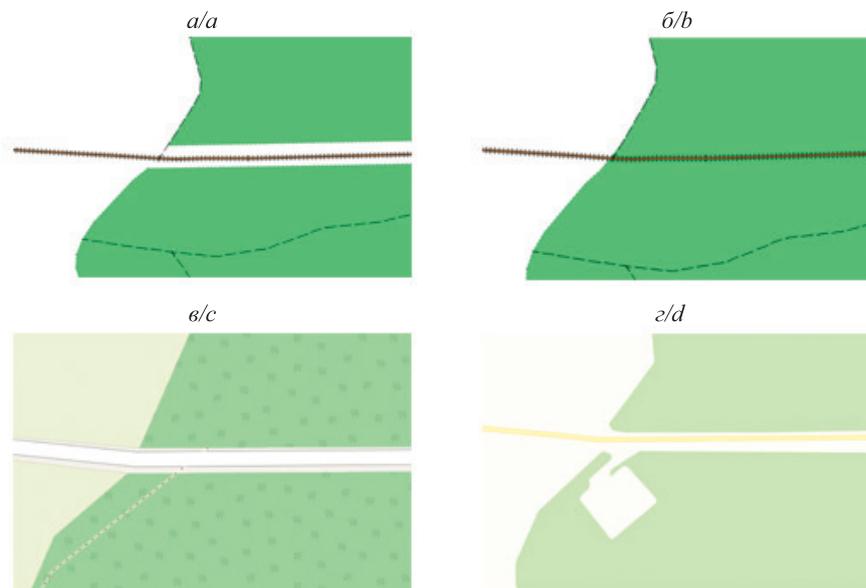


Рис. 5. Оцифровка леса в различных форматах:
a – в преобразованном формате SXF; *б* – в стандартном формате SXF;
в – в формате OSM; *г* – в формате Yandex-карт

Fig. 5. Digitisation of forests in various formats:
a – in transformative format SXF; *b* – in standard format SXF;
c – in format OSM; *d* – in format Yandex-maps



Рис. 6. Оцифровка улиц в населенных пунктах на ТК:
a – в сельском населенном пункте;
б – в городе (улицы выделены красным цветом)

Fig. 6. Digitisation of streets in localities on the topographic map:
a – in rural locality; *b* – in city (streets are highlighted in red)

Векторизация строений в кварталах населенных пунктов масштаба 1 : 50 000 также может привести к некорректному расчету типа проходимости местности, так как в большинстве случаев строения оцифровываются не на своем реальном местоположении и представляют собой векторные объекты, состоящие из двух точек в метрике. Полностью соответствуют своему местоположению строения на ТК масштаба 1 : 10 000.

Населенные пункты, кроме развитой в них дорожной сети, являются труднопроходимой зоной, поскольку в них имеется множество строений, растений, заборов и других объектов, затрудняющих передвижение по этим населенным пунктам. Оцифровка труднопроходимой зоны в населенных пунктах и их сравнение с векторизацией населенных пунктов на ТК и OSM представлены на рис. 7.

Для того чтобы ГИС улучшить считываемость проходимости с векторных ТК, необходимо изменить ПЦО невидимых контуров населенных пунктов, которые согласовываются с кварталами. В этом случае преобразованные контуры могут быть использованы для автоматизации составления КУП (рис. 8).

С помощью ГИС «Оператор» на основании рельефа ТК была построена матрица высот, а затем по ней – матрица уклонов с размером элемента 10 м (рис. 9, а). Далее в режиме «проходимость по рельефу» были сформированы векторные пользовательские карты проходимости рельефа формата SIT, предназначенные для перемещения пеших подразделений, автомобилей повышенной проходимости (рис. 9, б), гусеничных тягачей с прицепом и танков. На них способом количественного фона отображены территории в зависимости от уклона рельефа.

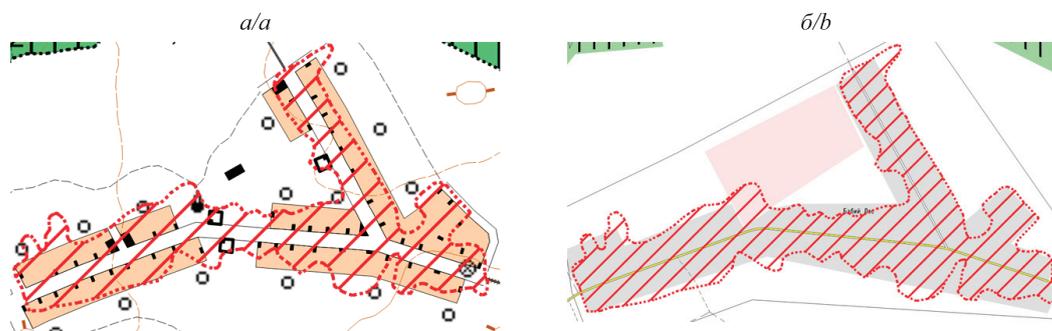


Рис. 7. Сравнение оцифровки труднопроходимой зоны и населенных пунктов на различных ИКМ: а – ТК; б – OSM

Fig. 7. Comparison of digitisation of the impassable zone and settlements on various source cartographic materials: а – topographic map; б – OSM



Рис. 8. Оцифровка контура населенного пункта: а – предложенная оцифровка, которая совпадает с труднопроходимой зоной, считываемой с ИКМ; б – оцифровка по существующим ПЦО

Fig. 8. Digitisation of the contour of the settlement: а – the proposed digitisation, which coincides with the impassable zone read from the the original cartographic materials; б – digitisation according to the existing rules of digital description

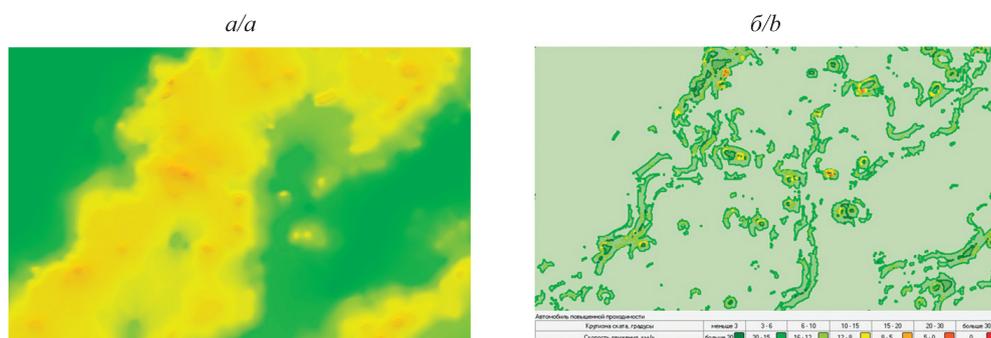


Рис. 9. ИКМ, использованные для учета рельефа при создании КУП: а – матрица уклонов; б – векторная пользовательская карта проходимости рельефа для автомобилей повышенной проходимости

Fig. 9. The initial cartographic materials used to take into account the relief when creating a passability map: а – slope matrix; б – vector custom relief passability map for cross-country vehicles

Создание КУП при традиционном подходе, когда дополнительная информация о проходимости местности впечатывается в аналоговые ТК, или при их изготовлении с нуля подразумевает картографирование площадными зонами, которые характеризуют степень проходимости местности. Одних этих зон на крупномасштабной ТК объективно недостаточно, поэтому были дополнительно разработаны УЗ. Проходимость дорог показана линейными УЗ для колесной и гусеничной техники. Мосты выделены по количественной характеристике грузоподъемности, которая также отображает степень проходимости местности для передвижения колесной и гусеничной техники. УЗ, разработанные для колесной техники, имеют в своем содержании графическую форму круга, который ассоциируется с колесом, а УЗ, разработанные для гусеничной техники, – форму овала в горизонтальном положении, который напоминает гусеницу. В таблице для УЗ была использована система кодирования, описанная в публикации [17].

УЗ для КУП при традиционном подходе

Symbols for a passability map with the traditional approach

Наименование	Внешний вид	Код	Тип
Проходимая зона		1181000	Полигонный
Труднопроходимая зона		1182000	Полигонный
Непроходимая зона		1183000	Полигонный
Проходимая для колесной техники дорога		1161100	Линейный
Проходимая для гусеничной техники дорога		1161200	Линейный
Мост грузоподъемностью менее 15 т		1162100	Векторный
Мост грузоподъемностью от 15 до 30 т		1162200	Векторный
Мост грузоподъемностью более 30 т		1162300	Векторный

Стоит отметить, что дороги, проходимые для колесной техники, являются проходимыми для гусеничной техники, а мосты, проходимые для гусеничной техники, являются проходимыми для колесной техники. По сравнению с импортированными данными из ПИК «Составление СК» на итоговой карте были убраны коридоры проходимости, поскольку в зависимости от масштаба КУП они сильно изменяли метрику площадных зон проходимости, что в дальнейшем затрудняло бы их использование в ГИС (рис. 10).

Существенным преимуществом геоинформационного подхода над традиционным является возможность построения графа дорожной сети. Он способствует возрастанию оперативности принятия решения при планировании совершения марша. Впрочем, недостатком использования графа дорог является то, что построение оптимальных маршрутов движения производится лишь с помощью присутствующей дорожной сети без учета пересеченной местности.

Решение данной проблемы состоит в комбинированном использовании графа дорожной сети и КУП при планировании передвижения, причем в первую очередь маршрут строится по графу, поскольку перемещение по дорогам является более безопасным и эффективным, чем передвижение по пересеченной местности. При необходимости скрытного перемещения или блокировки, например, населенных пунктов маршрут прокладывается по проходимой пересеченной местности. И только в случае невозможности передвижения по предыдущим участкам осуществлять движение следует по труднопроходимой местности.

При использовании в ГИС графа дорог нет необходимости картографировать дорожную сеть с помощью дополнительных линейных знаков, как в традиционном подходе, поскольку граф можно настроить через семантику таким образом, что он будет учитывать множество характеристик дороги (например, при построении маршрута задать параметры конкретного транспортного средства по его тактико-техническим характеристикам (рис. 11)).

Со временем, особенно в условиях боевых действий, происходят изменения местности. Времени и ресурсов для приведения содержания аналоговых ТК в соответствие с действительным состоянием окружающей среды не хватает, при этом в разведывательных целях активно используются беспилотные летательные аппараты, которые способны производить аэросъемку. Именно при геоинформационном подходе возможно настроить оптимально сочетание слоев совместно с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что позволит сократить затраты времени и ресурсов для обеспечения органов военного управления актуальной информацией о местности. В навигационно-топографической службе это называется фотокартой, а в ГИС – гибридом (рис. 12).



Рис. 10. КУП для традиционного подхода
Fig. 10. A passability map for the traditional approach

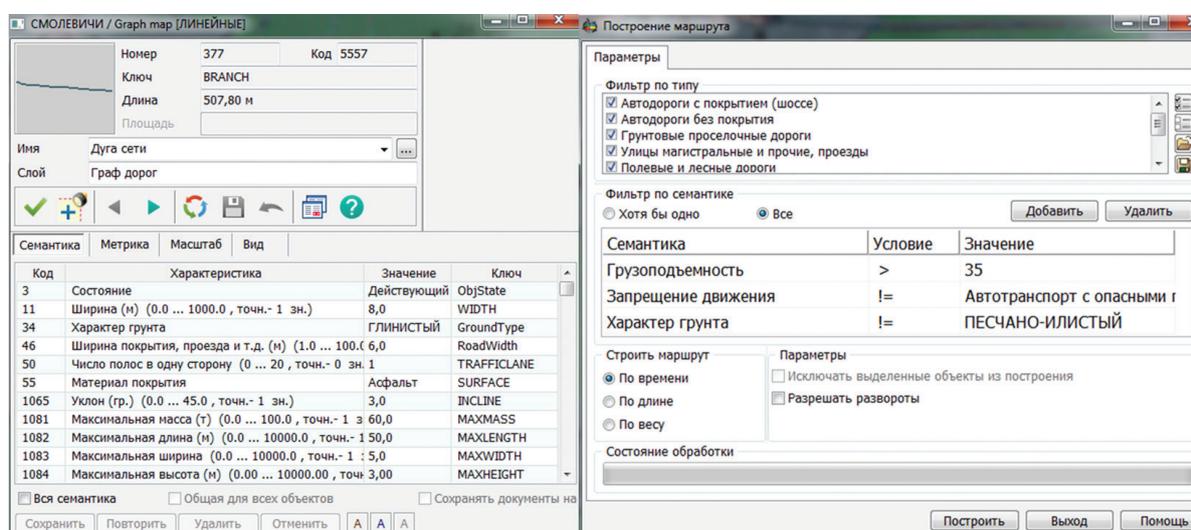


Рис. 11. Возможные семантические характеристики графа дорог, отражающие проходимость местности

Fig. 11. Possible semantic characteristics of the road graph reflecting the terrain passability



Рис. 12. КУП для геоинформационного подхода с отображением графа дорог и данных ДЗЗ

Fig. 12. A passability map for a geoinformation approach with a graph of roads and Earth remote sensing data

Также при геоинформационном подходе возможно совместное использование множества дополнительных слоев информации, которые позволяют с помощью операции «топологический оверлей» более качественно оценивать условия проходимости и подбирать оптимальное сочетание отображения слоев.

Заключение

Выполненные исследования по созданию КУП показали перспективность дальнейшей работы в данном направлении, так как степень проходимости местности является самой актуальной и востребованной информацией для органов военного управления. Можно выделить следующие результаты исследования.

1. Описана методика составления КУП с комбинированным использованием программных продуктов конструкторского бюро «Панорама» и ПИК «Составление СК».

2. Предложена классификация КУП по климатическим и погодным условиям взамен типологии по сезонам года.

3. Разработаны дополнительные УЗ для КУП.

4. Создана КУП для традиционного и геоинформационного подходов масштаба 1 : 100 000 с использованием ТК более крупного масштаба, OSM и Yandex-карт.

5. Предложено изменение ПЦО объектов на ТК для полноценного учета проходимости местности.

В связи с этим необходимо сформировать специализированный отдел в органах военного управления.

Для качественного создания КУП требуются:

- специалисты по разведывательным данным, которые предоставят сведения о противнике;
- представители инженерных войск для консультаций по вопросам проходимости местности и возможности сооружения заграждений для техники;
- картографы для ГИС-обеспечения;
- специалисты, обладающие знаниями о тактико-технических характеристиках применяемого с обеих сторон вооружения.

В перспективе для качественного составления КУП при ГИС-обеспечении военных действий необходимо создать для Республики Беларусь и прилегающих к ней территорий топографическую основу без разделения по номенклатурным листам с учетом современных требований, которые предъявляются к войскам. В качестве топографической основы можно использовать данные OSM, преобразовать их под военные задачи и на базе этих сведений создать слой проходимости местности и граф дорожной сети.

Библиографические ссылки

1. Утекалко ВК, Бирзгал ВВ, Василевский ВВ, Вечер НА, Паскробка СИ, Крутящий ГВ и др. *Рабочая карта командира*. Минск: Военная академия Республики Беларусь; 2013. 163 с.
2. Елюшкин ВГ. Геоинформационное обеспечение военных действий: от достаточности до превосходства. *Стратегическая стабильность*. 2017;3:13–16.
3. Rybansky M. Determination the ability of military vehicles to override vegetation. *Journal of Terramechanics*. 2020;91(2): 129–138. DOI: 10.1016/j.jterra.2020.06.004.
4. Shoop S, Knuth M, Wieder W. Measuring vehicle impacts on snow roads. *Journal of Terramechanics*. 2013;50(1):63–71. DOI: 10.1016/j.jterra.2013.01.004.
5. Hubáček M, Almášiová L, Dejmal K, Mertová E. Combining different data types for evaluation of the soils passability. In: Ivan I, Singleton A, Horák J, Inspektor T, editors. *The rise of big spatial data. Proceedings of the Symposium GIS; 2016 March 16–18; Ostrava, Czech Republic*. Ostrava: Springer; 2016. p. 69–84. DOI: 10.1007/978-3-319-45123-7_6.
6. Бардачевский НН, Ефимов АН, Мамедов ГМ. Алгоритм определения маршрутов движения с использованием геоинформационных систем. *Интерэкспо ГЕО-Сибирь*. 2015;5(3):92–101.
7. Dawid W, Pokonieczny K. Methodology of using terrain passability maps for planning the movement of troops and navigation of unmanned ground vehicles. *Sensors*. 2021;21(14):4682. DOI: 10.3390/s21144682.
8. Алексеев ВФ, Осипов АГ, Прокофьев АВ, Телеш ВА. Методика создания синтетических карт оперативно-тактических свойств местности с использованием геоинформационных систем. *Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского*. 2019;666:115–120.
9. Bradbury M, Dasch J, Gonzalez-Sanchez R, Hodges H, Iagnemma K, Jain A, et al. *Next-generation NATO reference mobility model (NG-NRMM)*. Warren: Tank Automotive Research, Development and Engineering Center; 2016. 250 p.
10. McCullough M, Jayakumar P, Dasch J, Gorsich D. The next generation NATO reference mobility model development. *Journal of Terramechanics*. 2017;73:49–60. DOI: 10.1016/j.jterra.2017.06.002.
11. United States Department of the Army. *Army field manual No. 5-33. Terrain analysis*. Washington: Department of the Army; 1990. 205 p.
12. Колибернов ЕС, Корнев ВИ, Сосков АА. *Справочник офицера инженерных войск*. Аганов СХ, редактор. Москва: Воениздат; 1989. 432 с.
13. Зинкевич ЭВ, Белый ВС, Мацука ДВ, Семененя ВИ, Батухтин АВ, Румянцев ДМ. *Военно-инженерная подготовка*. Минск: БГУ; 2019. 223 с.
14. Балута ВВ, Капцевич ВИ, Паскробка СИ, Брилевский ВИ, Сергиенко ВА, Соколов СВ и др. *Методики инженерных расчетов*. Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; 2008. 201 с.
15. Утекалко ВК, Крючков АН, Бирзгал ВВ. *Изучение и оценка местности по электронной карте*. Минск: Военная академия Республики Беларусь; 2010. 147 с.
16. Маслов ВП, Исаков ЕЕ, Ковалёв ЮВ. Методика оценивания проходимости местности с учетом требований к повышению маневренности мобильных воинских подразделений воздушно-космических сил. *Воздушно-космические силы. Теория и практика*. 2020;13:46–53.
17. Черенко АС. Разработка единого классификатора специальных карт местности с использованием геоинформационных технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022;1:87–100. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-87-100.

References

1. Utekalko VK, Birzgal VV, Vasilevskii VB, Vecher NA, Paskrobka SI, Krutyashchii GV, et al. *Rabochaya karta komandira* [Commander's work map]. Minsk: Belarusian Military Academy; 2013. 163 p. Russian.
2. Elyushkin VG. Geoinformation support of military action: from adequacy to excellence. *Strategicheskaya stabil'nost'*. 2017; 3:13–16. Russian.
3. Rybansky M. Determination the ability of military vehicles to override vegetation. *Journal of Terramechanics*. 2020;91(2): 129–138. DOI: 10.1016/j.jterra.2020.06.004.
4. Shoop S, Knuth M, Wieder W. Measuring vehicle impacts on snow roads. *Journal of Terramechanics*. 2013;50(1):63–71. DOI: 10.1016/j.jterra.2013.01.004.
5. Hubáček M, Almášiová L, Dejmal K, Mertová E. Combining different data types for evaluation of the soils passability. In: Ivan I, Singleton A, Horák J, Inspektor T, editors. *The rise of big spatial data. Proceedings of the Symposium GIS; 2016 March 16–18; Ostrava, Czech Republic*. Ostrava: Springer; 2016. p. 69–84. DOI: 10.1007/978-3-319-45123-7_6.
6. Bardachevsky NN, Efimov AN, Mamedov HM. Algorithm for traffic routes using geographic information systems. *Interexpo GEO-Siberia*. 2015;5(3):92–101. Russian.
7. Dawid W, Pokonieczny K. Methodology of using terrain passability maps for planning the movement of troops and navigation of unmanned ground vehicles. *Sensors*. 2021;21(14):4682. DOI: 10.3390/s21144682.
8. Alekseev VF, Osipov AG, Prokofjev AV, Telesch VA. Method of creating synthetic maps of the operational and tactical properties of the terrain using geoinformation systems. *Proceedings of the Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky*. 2019;666:115–120. Russian.
9. Bradbury M, Dasch J, Gonzalez-Sanchez R, Hodges H, Iagnemma K, Jain A, et al. *Next-generation NATO reference mobility model (NG-NRMM)*. Warren: Tank Automotive Research, Development and Engineering Center; 2016. 250 p.
10. McCullough M, Jayakumar P, Dasch J, Gorsich D. The next generation NATO reference mobility model development. *Journal of Terramechanics*. 2017;73:49–60. DOI: 10.1016/j.jterra.2017.06.002.
11. United States Department of the Army. *Army field manual No. 5-33. Terrain analysis*. Washington: Department of the Army; 1990. 205 p.

12. Kolibernov ES, Kornev VI, Soskov AA. *Spravochnik ofitsera inzhenernykh voisk* [Handbook of an engineering officer]. Aganov SKh, editor. Moscow: Voenizdat; 1989. 432 p. Russian.

13. Zinkevich EV, Belyi VS, Matsuka DV, Semeneya VI, Batukhtin AV, Romyantsev DM. *Voенно-inzhenernaya podgotovka* [Military engineering training]. Minsk: Belarusian State University; 2019. 223 p. Russian.

14. Baluta VV, Kaptsevich VI, Paskrobka SI, Brilevskii VI, Sergienko VA, Sokolov SV, et al. *Metodiki inzhenernykh raschetov* [Methods of engineering calculations]. Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; 2008. 201 p. Russian.

15. Utekalko VK, Kryuchkov AN, Birzgal VV. *Izucheniye i otsenka mestnosti po elektronnoi karte* [Study and assessment of the area on an electronic map]. Minsk: Belarusian Military Academy; 2010. 147 p. Russian.

16. Maslov VP, Isakov EE, Kovalyov YuV. Methodology for assessing terrain patency taking into account the requirements for increasing maneuverability of the aerospace forces mobile military units. *Vozdushno-kosmicheskie sily. Teoriya i praktika*. 2020;13:46–53. Russian.

17. Cherenko AS. Development of unified classifier of special terrain maps using geoinformation technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2022;1:87–100. Russian. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-87-100.

Получена 15.12.2022 / исправлена 09.02.2023 / принята 06.03.2023.
Received 15.12.2022 / revised 09.02.2023 / accepted 06.03.2023.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ЛАНДШАФТОВ И СРЕД ОБИТАНИЯ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ: ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ

Е. В. ШУШКОВА¹⁾, А. А. СИДОРОВИЧ¹⁾, И. И. ЛУКИНА¹⁾

¹⁾Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам,
ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Беларусь

Обзревается современные подходы к оценке проницаемости ландшафтов и сред обитания для животных, а также определяются области их применения. В частности, рассматриваются видовой (эко-системно-видовой), экосистемный (ландшафтный) и территориальный подходы. В рамках видowego (эко-системно-видowego) подхода исследуется проницаемость сред обитания для отдельных видов диких животных с учетом их экологических требований к условиям обитания и характера перемещений. В публикациях, основанных на этом подходе, как правило, оценивается пригодность сред обитания для конкретного вида и устанавливается минимальный размер его популяции. Для экосистемного (ландшафтного) подхода, основанного на теории островной биогеографии (Р. Х. Макартур и Э. О. Уилсон) и концепции ландшафтной экологии (Р. Т. Т. Форман), характерен анализ экологических характеристик природных территорий. Этот подход получил широкое развитие в связи с совершенствованием механизмов геоинформационного моделирования и использования данных дистанционного зондирования Земли. Территориальный подход, основателем которого является Б. Б. Родман, связан с исследованием особенностей размещения территорий, подлежащих специальной охране, и изучением различных режимов их охраны и использования. Проведенный анализ позволяет определить актуальность исследования проницаемости ландшафтов и сред обитания для животных на территории Беларуси.

Ключевые слова: проницаемость ландшафтов; связанность местообитаний; фрагментация; индекс проницаемости; коридор.

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (подпрограмма «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», задание 01.08 «Моделирование проницаемости среды обитания (наличия коридоров и барьеров для перемещений) для модельных видов животных Белорусского Поозерья с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и программного инструментария геоинформационных систем (ГИС)» на 2021–2023 гг.) (№ гос. регистрации 20210242).

THE LANDSCAPE AND HABITAT PERMEABILITY FOR ANIMALS: REVIEWING EXISTING APPROACHES

A. V. SHUSHKOVA^a, A. A. SIDOROVICH^a, I. I. LUKINA^a

^aScientific and Practical Center for Bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus,
27 Akademichnaja Street, Minsk 220072, Belarus

Corresponding author: A. V. Shushkova (lena-shushkova@yandex.by)

Образец цитирования:

Шушкова ЕВ, Сидорович АА, Лукина ИИ. Проницаемость ландшафтов и сред обитания для животных: обзор существующих подходов. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:47–56. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-47-56>

For citation:

Shushkova AV, Sidorovich AA, Lukina II. The landscape and habitat permeability for animals: reviewing existing approaches. *Journal of the Belarussian State University. Geography and Geology.* 2023;1:47–56. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-47-56>

Авторы:

Елена Васильевна Шушкова – старший научный сотрудник.
Анна Андреевна Сидорович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.
Ирина Ивановна Лукина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Authors:

Alena V. Shushkova, senior researcher.
lena-shushkova@yandex.by
Anna A. Sidorovich, PhD (biology), lead researcher.
sidorovich.ecofox@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-7523-5048>
Irina I. Lukina, PhD (biology), senior researcher.
lukinai@tut.by

The article presents an overview of up-to-date approaches and methods for assessing the permeability of landscapes and habitats for animals. In particular, the authors consider species (eco-system-species), ecosystem (landscape) and territorial approaches. The species (eco-system-species) approach considers the permeability of the habitat for the certain species of wild animals, taking into account their ecological requirements for habitats and the nature of their movements. Species-specific studies typically involve assessments of habitat suitability for a particular species and the minimum population size of a species. The ecosystem (landscape) approach is characterised by the analysis of the ecological characteristics of natural areas. This approach is rooted on the theory of island biogeography (R. H. McArthur and E. O. Wilson) and landscape ecology (R. T. T. Forman). The approach has been widely developed in connection with the development of geoinformation modelling and the use of remote sensing data. The territorial approach, the founder of which is B. B. Rodoman, is associated with the study of the peculiarities of the location of territories subject to special protection, and the study of various regimes for their protection and use. The analysis carried out allows us to determine the relevance of studying the permeability of landscapes and habitats for animals on the territory of Belarus.

Keywords: landscape permeability; habitat connectivity; fragmentation; landscape metric; corridor.

Acknowledgements. The work was supported by the state programme of scientific research «Natural resources and environment» for 2021–2025 (the subprogramme «Biodiversity, bioresources, ecology», task 01.08 «Modelling the permeability of the habitat (presence of corridors and distribution barriers) for focal animal species for Belarusian Poozerye using remote sensed data (RSD) and GIS software tools» for 2021–2023) (state registration No. 20210242).

Введение

В результате деятельности человека природные ландшафты были существенно трансформированы, что привело к сокращению или исчезновению экологических связей между многими популяциями диких животных и значительно ограничило возможности их распространения из-за возникновения физических барьеров. В настоящее время отдельные популяции, особенно видов, находящихся в группе риска, могут сокращаться и исчезать по причине отсутствия коридоров для пространственных перемещений [1]. Поддержание и формирование проницаемости ландшафтов и природных сред имеют особое значение в аспекте адаптации животных к трансформации условий среды, в том числе к изменению климата [2], а также играют ключевую роль в сохранении биологического разнообразия [3–6].

Существенное влияние хозяйственной деятельности на природные комплексы характерно и для территории Беларуси. Согласно данным Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь по состоянию на 2020 г. сельскохозяйственные земли (39,9 %) занимали почти такую же площадь, как и лесные земли (42,7 %), при этом площадь пахотных земель составляла около 27,5 % от всей территории страны. В настоящее время площадь преобразованных земель растет¹.

В Беларуси достаточно интенсивно развивается сеть автомобильных дорог. С 1997 г. протяженность сети автомобильных дорог общего пользования увеличилась более чем в 1,6 раза, и к 2020 г. она составила 87 тыс. км. Плотность сети автомобильных дорог общего пользования равняется 418 км на 1000 м² (высокий показатель для стран Восточной Европы). В несколько раз увеличилась интенсивность движения на дорогах за счет роста автомобилизации населения и увеличения скоростного режима².

Оценка проницаемости сред обитания для животных лежит в основе комплексного анализа состояния природных ресурсов. Без сохранения и восстановления проницаемости ландшафтов невозможно планировать, прогнозировать и разрабатывать эффективные стратегии в сфере устойчивого использования природно-ресурсного потенциала. Следует отметить, что в Беларуси проницаемость ландшафтов и сред обитания для животных ранее не изучалась.

В статье обзревается существующие подходы к оценке проницаемости ландшафтов и сред обитания для животных в целях более четкого формулирования терминологического аппарата и определения потенциальных областей практического применения результатов подобных работ.

Материалы и методы исследования

В основу работы положена аналитико-синтетическая компиляция подходов и методов, которые касаются оценки проницаемости сред обитания для животных. Поиск литературных источников осуществлялся с помощью программного обеспечения *Publish or Perish*, систем поиска *Google Scholar* и *Web of Science*. В общей сложности проанализировано 118 публикаций за период с 2000 г. (включая ссылки

¹Мониторинг земель (почв) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsmos.by/uploads/archive/Sborniki/> (дата обращения: 18.02.2020).

²О государственной программе «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 9 апр. 2021 г. № 212 [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100212> (дата обращения: 15.10.2021).

на более ранние теоретические источники), из которых для дальнейшего исследования было отобрано 35 работ. Преимущество отдавалось публикациям с высоким индексом цитирования и официальным документам, утвержденным на уровне отдельных стран или в рамках международных договоров.

К значимым работам по исследуемой проблематике относятся публикации [7–10]. Особый интерес представляют исследования по применению ландшафтных индексов [11–13]. В развитие понимания рассмотренных подходов внесли вклад обзоры [14; 15].

В странах Восточной Европы чаще всего рассматривается проблема фрагментации природных территорий (см., например, [16; 17]). В русскоязычном сегменте изучение проницаемости сред обитания является новым направлением исследований.

Результаты и их обсуждение

Основные термины, используемые при оценке проницаемости ландшафтов, и сфера их использования. Под проницаемостью ландшафтов понимается степень благоприятности ландшафтов, охватывающих различные типы естественных земельных покровов и земельных покровов, близких к ним, для беспрепятственного перемещения представителей дикой природы и содействия развитию экологических процессов [7; 18]. Другими словами, при высоком уровне проницаемости ландшафты поддерживают способность различных видов живых организмов к перемещению.

Ключевые характеристики проницаемости сред обитания, их размеры и особенности распределения, а также густота дорожной сети территории исследования берутся за основу при планировании природоохранной деятельности, разработке и реализации соответствующих мероприятий, проектов и стратегий [2; 8]. Так, понятие «проницаемость» нашло отражение в резолюции 12.26 «Улучшение способов решения проблемы взаимосвязанности при сохранении мигрирующих видов» Конвенции по сохранению мигрирующих видов диких животных³, а также в рамочной программе по сохранению биоразнообразия на период после 2020 г. Конвенции о биологическом разнообразии⁴.

Выделяется структурная и функциональная проницаемость. Структурная проницаемость отражает физические связи между элементами ландшафта или участками местообитания без прямой корреляции с какими-либо поведенческими или экологическими характеристиками видов. Близким к понятию «структурная проницаемость сред обитания» является термин «связанность ландшафтов» [9; 19]. Во многих случаях термины «связанность ландшафтов» и «проницаемость ландшафтов» используются как синонимы. Фактически они различаются сферой использования, однако область применения термина «проницаемость ландшафтов» является более широкой.

Функциональная проницаемость отражает функциональные взаимосвязи между ландшафтами или участками сред обитания. Она учитывает поведенческие реакции видов на отдельные элементы ландшафтов и их пространственную конфигурацию. Функциональные связи, как правило, рассматриваются, когда речь идет о требованиях конкретных модельных видов к местообитаниям [6; 11]. Если такая информация отсутствует, для оценки возможности перемещения видов используется структурная проницаемость.

Снижение проницаемости сред обитания обуславливается в первую очередь ее фрагментацией – разделением на более мелкие разрозненные участки, которые постепенно теряют свой потенциал для выполнения первоначальных функций [10]. В умеренных широтах фрагментация связана с изменением характера землепользования на краевых участках. Проницаемость границ для распространения видов зависит от сходства соседних типов местообитаний, и, вероятно, она является более высокой при естественных границах раздела.

Связанность ландшафтов имеет ключевое значение для формирования коридоров между природными территориями. С точки зрения ландшафтной экологии в рамках модели *участок – коридор – мозаика* [20] коридор представляет собой территорию, которая связывает между собой места обитания диких животных и обеспечивает возможность их перемещения. Пространственно это отдельный элемент ландшафта (как правило, линейный). К коридорам относятся также и более широкие зоны – так называемые области связи, важные для поддержания экологических процессов и перемещения множества видов (уменьшения барьеров).

Существующие подходы к оценке проницаемости сред обитания и примеры их применения. В табл. 1 представлены существующие подходы к оценке проницаемости ландшафтов для животных.

³Improving ways of addressing connectivity in the conservation of migratory species [Electronic resource]. URL: https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop12_res.12.26_connectivity_e.pdf (date of access: 25.03.2021).

⁴The post-2020 biodiversity framework: targets, indicators and measurability implications at global and national level [Electronic resource]. URL: <https://www.oecd.org/environment/resources/biodiversity/post-2020-biodiversity-framework.htm> (date of access: 21.06.2021).

Различные подходы к оценке проницаемости ландшафтов для животных

Table 1

Different approaches to assessing the permeability of landscapes for animals

Подход	Ключевые термины	Инструменты и методы	Исследователи
Видовой (эко-системно-видовой)	Вид, метапопуляция	Оценка пригодности сред обитания для конкретных видов	Р. Левинс, И. Хански, П. Бенер, Д. Майка и др.
Экосистемный (ландшафтный)	Острова и коридоры дикой природы	Количественная оценка структуры ландшафтов на основе индексов	Р. Х. Макартур, Э. О. Уилсон, Р. Т. Т. Форман, Л. Боитани и др.
Территориальный	Экологическая сеть и ее элементы (ядра и коридоры)	Пространственный анализ данных	Б. Б. Родоман, Р. Г. Г. Джонгман, Н. А. Юргенсон и др.

Видовой (эко-системно-видовой) подход. На видовом (эко-системно-видовом) уровне проницаемость выступает как условие, необходимое для сохранения жизнеспособных популяций отдельных видов на территории исследования. В рамках данного подхода оцениваются характер перемещений вида, вероятность существования препятствий для этих перемещений (барьеры) и возможность уменьшения воздействия данных препятствий на восстановление, сохранение и поддержание жизнеспособности популяции. Оценка проницаемости для различных видов диких животных зависит от их экологических требований к условиям обитания и характера перемещений.

Большинство моделей содержат те или иные факторы, связанные с деятельностью человека, которые чаще всего рассматриваются в качестве барьеров (степень освоения территории, характер и тип растительного покрова, уровень шумового загрязнения, фактор беспокойства и др.). Барьеры обладают различным уровнем проницаемости для разных видов [21], что является важной частью исследования. Для каждого конкретного вида животного существуют свои критерии барьеров.

Для стратегического планирования в аспекте изучения проницаемости сред возможно выявление мест расположения существующих переходов для животных с учетом зон разрыва, где их передвижения могут затрудняться (участки дорог с повышенным риском смертности, открытые сельскохозяйственные угодья и др.).

Оценка проницаемости сред может проводиться по аналогии с анализом пригодности сред обитания [22]. Прежде всего важно биологически интерпретировать результаты оценки пригодности местообитаний и установить биологически значимые пороговые значения для разделения этих оценок на категории. Особое внимание уделяется порогу пригодности, который является необходимым для поддержания сред обитания, важных для осуществления жизненных циклов вида.

Исследования, основанные на видовом подходе, как правило, связаны с изучением наиболее чувствительных к фрагментации видов, которые либо предъявляют высокие требования к размеру ареала, либо имеют тенденцию к регулярной или случайной миграции [6; 22]. Среди модельных видов часто рассматриваются крупные хищники (волк (*Canis lupus*), европейская рысь (*Lynx lynx*), бурый медведь (*Ursus arctos*)) и копытные животные. Модельные виды, как правило, представляют собой таксоны с высоким статусом охраны как на национальном, так и на международном уровне. Охрана этих видов станет эффективной только в том случае, если будут оберегаться как места их постоянного обитания, так и территории, по которым они перемещаются (расселяются, мигрируют).

Таким образом, в рамках видового (эко-системно-видового) подхода проницаемость сред обитания для модельных видов диких животных рассматривается с учетом их экологических требований к условиям обитания и характера их перемещений. В публикациях, базирующихся на этом подходе, обычно оценивается пригодность сред обитания для конкретного вида и устанавливается минимальный размер его популяции. Для видового (эко-системно-видового) подхода важность пространственного параметра является не такой явной, как для других подходов.

Экосистемный (ландшафтный) подход. Оценка проницаемости сред на экосистемном (ландшафтном) уровне предполагает определение ключевых характеристик экосистем и типов мест обитания, важных для выживания вида, а также установление степени их целостности на основе данных о структуре, функциях и связанности ландшафтов.

Данный подход применяется в основном в работах по островной биогеографии Р. Х. Макартура и Э. О. Уилсона, а также в публикациях представителей североамериканской школы ландшафтной эко-

логии, в основе которой лежит модель *участок – коридор – мозаика* [20]. В этой модели особое значение для обеспечения связей между элементами, важных для оценки проницаемости, имеют коридоры – линейные структуры, объединяющие участки со сходной растительностью и отличающиеся от мозаики. Ключевыми характеристиками коридоров являются процент территорий, покрытых естественной растительностью, их связанность и уровень фрагментации.

В рамках экосистемного (ландшафтного) подхода для оценки ландшафтной структуры широко используются возможности дистанционного зондирования Земли и геоинформационного моделирования на различных масштабных уровнях. На региональном уровне применяются одновременные мультиспектральные снимки среднего пространственного разрешения (например, снимки, полученные со спутников Landsat-5, Landsat-7 и Landsat-8 Геологической службы США [11], либо геометрически правильные сетки квадратной формы [23]).

Для характеристики структуры ландшафта широко применяются ландшафтные индексы (метрики) [11–13; 24]. Существуют различные классификации индексов [12; 25; 26], однако нужно принимать во внимание условный характер любой классификации. Обзор наиболее распространенных индексов приведен в табл. 2. На рисунке представлены примеры графического отображения отдельных групп индексов.

Таблица 2

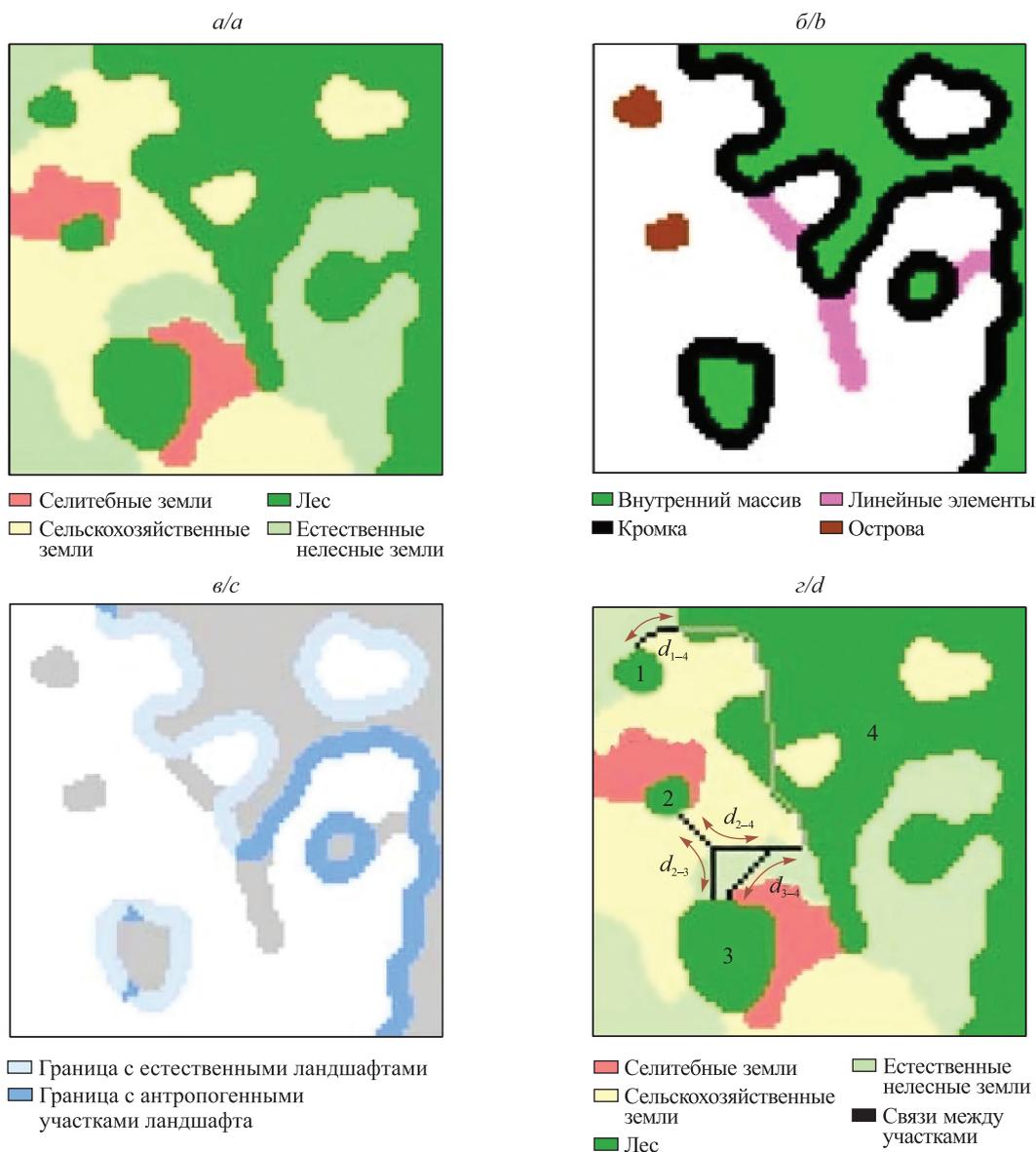
Индексы, которые используются для количественной оценки ландшафтной структуры

Table 2

Landscape metrics that are used to quantify landscape structure

Индексы	Единица измерения	Значение
<i>Индексы площади и структуры</i>		
Area	га	Площадь лесного массива (в контуре)
CA	га	
NP	ед.	Общее число участков (в контуре)
Pland	%/км ²	Доля лесных земель на единицу площади (лесная мозаика)
Area_MN	га	Средняя площадь лесного массива (в контуре)
LPI	га	Отношение площади самого большого участка к общей площади контура
<i>Индексы конфигурации</i>		
PAR, P/A	м/м ²	Отношение периметра участка к площади, при котором форма участка смешивается с его размером
Shape*	–	Нормализованное отношение периметра участка к площади, в котором сложность формы участка сравнивается со стандартной формой (квадратом) того же размера, тем самым облегчает проблему зависимости размера от индекса PAR
Frac*	–	Нормализованный индекс формы, основанный на соотношении периметра и площади, мера изрезанности границы участка по отношению к квадрату
LSI*	–	Индекс формы ландшафта, основанный на несоответствии между фактическими и изодиаметрическими формами (круги для векторных карт и квадраты для растровых карт), индикатор сложности ландшафта
<i>Индексы контрастности</i>		
TE	м	Общая длина края или плотность края лесных участков
ED	м/га	
ECon	%	Степень максимального контраста по краю между двумя пятнами, сумма по уровню участка, класса или ландшафта
<i>Индексы связанности</i>		
PC*	–	Индекс связанности
IsoSI*	–	Индекс изоляции

Примечание. Разработано на основе источников [11; 12; 25; 27–29]; знаком * отмечены те индексы, по отношению к которым стандартные единицы измерения не применяются (в качестве единиц измерения используется диапазон значений).



Примеры графического представления стандартизованных индексов (на единицу ландшафта площадью 25×25 км): *a* – индексы площади и структуры; *б* – индексы конфигурации; *в* – индексы контрастности; *г* – индексы связности (цифрами 1–4 обозначаются зоны; индекс d_{1-4} относится к зонам 1 и 4, индекс d_{2-3} – к зонам 2 и 3, индекс d_{2-4} – к зонам 2 и 4, индекс d_{3-4} – к зонам 3 и 4; значение индекса d_{1-2} равняется сумме значений индексов d_{1-4} и d_{2-4} , значение индекса d_{1-3} равняется сумме значений индексов d_{1-4} и d_{3-4}) (разработано на основе источника [11])

Examples of graphical representation of standardised metrics (per landscape unit 25×25 km): *a* – area metrics; *b* – shape metrics; *c* – contrast and edge metrics; *d* – connectivity metrics (numbers 1–4 indicate zones; index d_{1-4} refers to zones 1 and 4, index d_{2-3} – to zones 2 and 3, index d_{2-4} – to zones 2 and 4, index d_{3-4} – to zones 3 and 4; the value of the index d_{1-2} is equal to the sum of the values of the indices d_{1-4} and d_{2-4} , the value of the index d_{1-3} is equal to the sum of the values of the indices d_{1-4} and d_{3-4}) (based on source [11])

Для определения ландшафтной структуры используются также индексы PSI (*patch shape index*), PD (*patch density*), PR (*patch richness*), Core (*patch core area*), EAR, или E/A (*edge to area ratio*), NN (*nearest neighbour*) и их варианты [13]. Следует отметить, что при изучении проницаемости среды обитания для различных видов животных особое внимание уделяется индексам связности.

Примерами применения экосистемного (ландшафтного) подхода являются экологические сети в Бельгии, Нидерландах, Италии [14; 15], разработанные на основе исследований Р. Т. Т. Формана.

Таким образом, для экосистемного (ландшафтного) подхода характерен анализ экологических характеристик природных территорий. Этот подход получил широкое развитие в связи с совершенствованием механизмов геоинформационного моделирования и использования данных дистанционного зондирования Земли.

Территориальный подход. Широкий практический интерес в рамках изучения проницаемости сред обитания и их фрагментации представляет планирование коридоров, в рамках которого применяется территориальный подход.

Теоретической основой территориального подхода является концепция поляризованного ландшафта, предложенная Б. Б. Родоманом [30]. Она базируется на функциональном зонировании природных территорий, которые противопоставляются территориям интенсивного использования. Концепция Б. Б. Родомана получила развитие в ряде национальных и региональных разработок, главным образом с сильными традициями территориального планирования. К подобным разработкам относятся экологические сети и коридоры Чехии, стран Балтии и др. [14; 31].

Большое значение в рамках этой традиции имеет анализ непрерывных территориальных структур, состоящих из природных территорий и территорий, которые являются близкими к ним и имеют различные ограничения по использованию.

Таким образом, в отличие от экосистемного (ландшафтного) подхода в рамках территориального подхода меньше учитываются экологические характеристики природных территорий. Более важное значение придается анализу размещения территорий, подлежащих специальной охране, и изучению различных режимов их охраны и использования.

Национальная экологическая сеть Беларуси также разработана на основе территориального подхода⁵. На данном этапе для ее развития интерес представляют исследование эффективности применения имеющихся коридоров для расселения и миграции видов и выявление при необходимости альтернативных вариантов коридоров.

Изученность проблемы в Беларуси. Исследованию ландшафтной структуры посвящены работы отечественных ученых А. С. Скачковой, Д. М. Курловича, Л. В. Катковского [32], А. П. Гусева [29] и др. Однако проницаемость ландшафтов как сред обитания для отдельных видов животных ранее не анализировалась. Следует рассмотреть проекты и инициативы, направленные на сохранение биоразнообразия животного мира, которые были реализованы в Беларуси за последнее время.

В 2001–2002 гг. с участием национальных экспертов была разработана индикаторная карта Панъевропейской экологической сети для стран Центральной и Восточной Европы (в том числе Беларуси), отражающая центры биоразнообразия, а также экологические коридоры международного значения [23]. Оценка территорий проводилась на основе списка из 449 приоритетных видов, который был составлен в рамках Конвенции об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания, принятой 19 сентября 1979 г. в Берне (Швейцария), и зафиксирован в Директиве Европейского союза по охране диких птиц от 2 апреля 1979 г. и Директиве Европейского союза об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны от 21 мая 1992 г. Кроме того, учитывались виды, включенные в национальные красные книги. В качестве модельных видов рассматривались птицы и млекопитающие, поскольку они являются наиболее требовательными к размерам территории, необходимой для осуществления их жизненных циклов. Однако подходы, применяемые в Западной Европе, были не вполне адаптированы к условиям Беларуси. Проект не предполагал оценку проницаемости сред обитания.

Указом Президента Республики Беларусь от 13 марта 2018 № 108 «Об экологической сети» была утверждена национальная экологическая сеть. Она была разработана на основе территорий со специальными режимами природопользования (водоохранные и курортные зоны, прибрежные полосы рек и водоемов, типичные и редкие биотопы и др.) [33]. В то же время в действующем природоохранном законодательстве отсутствует практика выделения некоторых природных территорий, подлежащих специальной охране. В частности, к ним относятся территории, имеющие значение для размножения, нагула, зимовки и (или) миграции диких животных.

Одной из важных целей национальной экологической сети является обеспечение возможности расселения и миграции видов посредством экологических коридоров, связывающих элементы экологической сети друг с другом. При разработке сети проницаемость сред для конкретных видов животных не изучалась.

Существует проблема интеграции национальной экологической сети с Изумрудной сетью Беларуси – аналогом европейской экологической сети «Натура-2000» [34]. Одно из возможных решений этой проблемы состоит в создании коридоров на основе дальнейшего развития типологии подлежащих специальной охране природных территорий, на которые до сих пор не распространяется действие существующих нормативно-правовых актов в области природоохранного законодательства. Изучение проницаемости сред обитания модельных видов животных будет способствовать решению этой проблемы.

⁵Об экологической сети : Указ Президента Респ. Беларусь от 13 марта 2018 г. № 108 [Электронный ресурс]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31800108&p1=1> (дата обращения: 17.02.2022).

В 2016 г. в Беларуси была разработана Схема основных миграционных коридоров модельных видов диких животных (далее – Схема миграционных коридоров)⁶. В качестве модельных видов рассматривались копытные, земноводные животные и водоплавающие птицы. В основе работы лежали выделение ядер из относительно естественного ландшафта и выявление коридоров, обеспечивающих связь между такими ядрами. Схема носила пробный характер и заложила фундамент для проведения дальнейших исследований, прежде всего в области транспортной экологии. В настоящее время подходы к составлению Схемы миграционных коридоров требуют большей детализации, поскольку возникает сложность ее применения на практике. Например, при проектировании различных строительных объектов (автомобильных и железных дорог, ветряных установок и др.), которые могут негативно влиять на жизнедеятельность модельных групп животных, важно уточнять место проведения природоохранных мероприятий и их тип. Многие виды копытных животных и амфибий не являются стенобионтными и часто используют фрагментированные и даже сельскохозяйственные ландшафты для перемещений, особенно в случае наличия там подходящих кормовых биотопов и мест размножения. Анализ проницаемости сред обитания для животных может стать инструментом, который позволит эффективно использовать Схему миграционных коридоров.

В 2021 г. в Научно-практическом центре НАН Беларуси по биоресурсам была начата работа «Моделирование проницаемости среды обитания (наличия коридоров и барьеров для перемещений) для модельных видов животных Белорусского Поозерья с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и программного инструментария геоинформационных систем (ГИС)». Ее цель заключается в поиске оптимальных подходов к оценке проницаемости сред обитания для разных групп лесных млекопитающих на территории Беларуси и формировании соответствующего инструментария. В дальнейшем планируется разработка предложений для выделения отдельных категорий природных территорий, подлежащих специальной охране и имеющих значение для размножения, нагула, зимовки и (или) миграции диких животных. Кроме того, результаты данной работы позволят оценить эффективность применения Схемы миграционных коридоров и рассмотреть альтернативные варианты обеспечения проницаемости сред обитания для животных.

Заключение

Проблема исследования проницаемости сред обитания для отдельных видов животных является одной из наиболее актуальных в аспекте сохранения биологического разнообразия на разных уровнях исследования. Развитие технологий расширяет спектр используемых методологий и подходов. Выделяются видовой (эко-системно-видовой), экосистемный (ландшафтный), территориальный подходы и их комбинации. Данные подходы применяются для решения различных практических задач по сохранению биологического разнообразия, в том числе для оценки эффективности экологической сети, формирования карт проницаемости охраняемых и ресурсных видов животных, оптимизации границ существующих особо охраняемых природных территорий и др.

В настоящее время на территории Беларуси развитие различных подходов к изучению проницаемости сред обитания для животных представляется необходимым в целях более эффективного осуществления, а также для оценки эффективности функционирования национальной экологической сети и реализации Схемы миграционных коридоров.

Библиографические ссылки

1. Cushman SA, McRae B, Adriaensen F, Beier P, Shirley M, Zeller K. Biological corridors and connectivity. In: MacDonald DW, Willis KJ, editors. *Key topics in conservation biology* 2. New Jersey: John Wiley & Sons; 2013. p. 284–404. DOI: 10.1002/9781118520178.ch21.
2. Haber J, Nelson P. *Planning for connectivity: a guide to connecting and conserving wildlife within and beyond America's national forests* [Internet]. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2015 [cited 2021 June 17]. 24 p. Available from: <https://defenders.org/sites/default/files/publications/planning-for-connectivity.pdf>.
3. Parks S, Harcourt A. Reserve size, local human density, and mammalian extinctions in U. S. Protected Areas. *Conservation Biology*. 2002;16(3):800–808. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.00288.x.
4. Prugh LR, Hodges KE, Sinclair ARE, Brashares JS. Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008;105(52):20770–20775. DOI: 10.1073/pnas.0806080105.
5. Pulsford I, Lindenmayer D, Wyborn C, Lausche B, Vasilijevic M, Worboys GL, et al. Connectivity conservation management. In: Worboys GL, Lockwood M, Kothari A, Feary S, Pulsford I, editors. *Protected Area Governance and Management*. Canberra: ANU Press; 2015. p. 851–888. DOI: 10.22459/PAGM.04.2015.27.
6. Okániková Z, Romportl D, Kluchová A, Hlaváč V, Strnad M, Papp C-R. *Methodology for identification of ecological corridors in the Carpathian countries by using large carnivores as umbrella species*. Stockholm: Interreg Europe; 2021. 82 p.

⁶Схема основных миграционных коридоров модельных видов диких животных [Электронный ресурс]. URL: <https://minskpriroda.gov.by/infotape/actually/diagram-of-the-main-migration-corridors-model-species-of-wild-animals> (дата обращения: 17.02.2022).

7. Ament R, Callahan R, McClure M, Reuling M, Tabor G. *Wildlife connectivity: fundamentals for conservation action*. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2014. 28 p.
8. Hity J, Worboys GL, Keeley A, Woodley S, Lausche BJ, Locke H, et al. *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. Groves C, editor. Gland: International Union for Conservation of Nature; 2020. 140 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en.
9. Singleton PH, Gaines WL, Lehmkuhl JF. *Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment*. Portland: United States Department of Agriculture; 2002. 89 p. DOI: 10.2737/PNW-RP-549.
10. Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York: Springer; 2001. 420 p.
11. Estreguil C, Caudullo G, de Rigo D, San-Miguel-Ayanz J. *Forest landscape in Europe: pattern, fragmentation and connectivity: executive report*. Ispra: Institute for Environment and Sustainability; 2013. 18 p. DOI: 10.2788/77842.
12. McGarigal K. Landscape metrics for categorical map patterns [Internet]. Massachusetts: Massachusetts University; 2012 [cited 2021 April 19]. 77 p. Available from: <https://studylib.net/doc/7944344/landscape-metrics-for-categorical-map-patterns>.
13. Wu J. Landscape ecology. In: Leemans R, editor. *Ecological systems*. New York: Springer; 2013. p. 179–200. DOI: 10.1007/978-1-4614-5755-8_11.
14. Jongman RHG, Kristiansen I. *National and regional approaches for ecological networks in Europe*. Strasbourg: Council of Europe; 2001. 86 p.
15. Boitani L, Falcucci A, Maiorano L. *National ecological network: the role of the protected areas in the conservation of vertebrates*. Rome: University of Rome; 2003. 90 p.
16. Пузаченко ЮГ. *Методологические основы географического прогноза и охраны среды*. Москва: Университет Российской академии образования; 1998. 210 с.
17. Гродзинский МД. *Пізнання ландшафту: місце і простір. Том 2*. Київ: Київський університет; 2005. 503 с.
18. Suter W, Bollmann K, Holdereger R. Landscape permeability: from individual dispersal to population persistence. In: Kienast F, Wildi O, Ghosh S, editors. *A changing world: challenges for landscape research*. Dordrecht: Springer; 2007. p. 157–174. DOI: 10.1007/978-1-4020-4436-6_11.
19. Meiklejohn K, Ament R, Tabor G. *Habitat corridors & landscape connectivity: clarifying the terminology* [Internet]. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2010 [cited 2021 May 5]. 6 p. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.542.4218&rep=rep1&type=pdf>.
20. Forman RTT. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press; 1995. 632 p.
21. Anděl P, Andreas M, Bláhová A, Gorčicová I, Hlaváč V, Mináriková T. *Protection of landscape connectivity for large mammals*. Anděl P, Mináriková T, Andreas M, editors. Liberec: Evernia; 2010. 134 p.
22. Beier P, Majka D, Jenness J. Conceptual steps for designing wildlife corridors [Internet]. San Francisco: Northern Arizona University; 2007 [cited 2021 December 10]. 90 p. Available from: <http://corridordesign.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>.
23. Bouwma IM, Jongman RHG, Butovsky RO, editors. *The indicative map of pan-European ecological network*. Tilburg: European Centre for Nature Conservation; 2002. 101 p.
24. Frazier AE, Kedron P. Landscape metrics: past progress and future directions. *Current Landscape Ecology Reports*. 2017;2: 63–72. DOI: 10.1007/s40823-017-0026-0.
25. Herzog F, Lausch A. Supplementing land-use statistics with landscape metrics: some methodological considerations. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2001;72:37–50. DOI: 10.1023/a:1011949704308.
26. Bender DJ, Tischendorf L, Fahrig L. Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecology*. 2003;18:17–39. DOI: 10.1023/A:1022937226820.
27. Cushman SA, McGarigal K, Neel MC. Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators*. 2008;8(5):691–703. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.12.002.
28. Santos JS, Leite CCC, Viana JCC, dos Santos AR, Fernandes MM, de Souza Abreu V, et al. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*. 2018;88:414–424. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.01.011.
29. Гусев АП. Фрагментация ландшафтного покрова как фактор деградации потенциала самовосстановления геосистем. *Вестні БДПУ. Серія 3, Фізика. Математика. Інфарматика. Біологія*. 2014;1:58–61.
30. Родоман ББ. Поляризация ландшафта как средство сохранения биосферы и рекреационных ресурсов. В: Комар ИВ, редактор. *Ресурсы, среда, расселение*. Москва: Наука; 1974. с. 150–162.
31. Sepp K, Kaasik A, editors. *Development of national ecological networks in the Baltic countries in the framework of the pan-European ecological network*. Warsaw: International Union for Conservation of Nature Office for Central Europe; 2002. 183 p.
32. Скачкова АС, Курлович ДМ, Катковский ЛВ. Структура и динамика земельного фонда Воложинского района Минской области за период с 1975 по 2010 г. (по результатам автоматизированного дешифрирования классов земных покрытий в Европейской номенклатуре Corine Land Cover). *Вестник БГУ. Серия 2, Химия. Биология. География*. 2013;1:98–103.
33. Юргенсон НА, Шушкова ЕВ, Шляхтич ЕА. Особенности формирования национальной экологической сети в Беларуси. *Природные ресурсы*. 2015;2:99–106.
34. Юргенсон НА, Абрамчук АВ, Шушкова ЕВ. Проблемы и возможности интеграции национальной экологической сети и Изумрудной сети Беларуси. *Природные ресурсы*. 2018;1:127–137.

References

1. Cushman SA, McRae B, Adriaensen F, Beier P, Shirley M, Zeller K. Biological corridors and connectivity. In: MacDonald DW, Willis KJ, editors. *Key topics in conservation biology 2*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2013. p. 284–404. DOI: 10.1002/9781118520178.ch21.
2. Haber J, Nelson P. *Planning for connectivity: a guide to connecting and conserving wildlife within and beyond America's national forests* [Internet]. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2015 [cited 2021 June 17]. 24 p. Available from: <https://defenders.org/sites/default/files/publications/planning-for-connectivity.pdf>.
3. Parks S, Harcourt A. Reserve size, local human density, and mammalian extinctions in U. S. Protected Areas. *Conservation Biology*. 2002;16(3):800–808. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2002.00288.x.

4. Prugh LR, Hodges KE, Sinclair ARE, Brashares JS. Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008;105(52):20770–20775. DOI: 10.1073/pnas.0806080105.
5. Pulsford I, Lindenmayer D, Wyborn C, Lausche B, Vasilijevic M, Worboys GL, et al. Connectivity conservation management. In: Worboys GL, Lockwood M, Kothari A, Feary S, Pulsford I, editors. *Protected Area Governance and Management*. Canberra: ANU Press; 2015. p. 851–888. DOI: 10.22459/PAGM.04.2015.27.
6. Okániková Z, Romportl D, Kluchová A, Hlaváč V, Strnad M, Papp C-R. *Methodology for identification of ecological corridors in the Carpathian countries by using large carnivores as umbrella species*. Stockholm: Interreg Europe; 2021. 82 p.
7. Ament R, Callahan R, McClure M, Reuling M, Tabor G. *Wildlife connectivity: fundamentals for conservation action*. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2014. 28 p.
8. Hity J, Worboys GL, Keeley A, Woodley S, Lausche BJ, Locke H, et al. *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors*. Groves C, editor. Gland: International Union for Conservation of Nature; 2020. 140 p. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en.
9. Singleton PH, Gaines WL, Lehmkühl JF. *Landscape permeability for large carnivores in Washington: a geographic information system weighted-distance and least-cost corridor assessment*. Portland: United States Department of Agriculture; 2002. 89 p. DOI: 10.2737/PNW-RP-549.
10. Turner MG, Gardner RH, O'Neill RV. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. New York: Springer; 2001. 420 p.
11. Estreguil C, Caudullo G, de Rigo D, San-Miguel-Ayanz J. *Forest landscape in Europe: pattern, fragmentation and connectivity: executive report*. Ispra: Institute for Environment and Sustainability; 2013. 18 p. DOI: 10.2788/77842.
12. McGarigal K. *Landscape metrics for categorical map patterns* [Internet]. Massachusetts: Massachusetts University; 2012 [cited 2021 April 19]. 77 p. Available from: <https://studylib.net/doc/7944344/landscape-metrics-for-categorical-map-patterns>.
13. Wu J. Landscape ecology. In: Leemans R, editor. *Ecological systems*. New York: Springer; 2013. p. 179–200. DOI: 10.1007/978-1-4614-5755-8_11.
14. Jongman RHG, Kristiansen I. *National and regional approaches for ecological networks in Europe*. Strasbourg: Council of Europe; 2001. 86 p.
15. Boitani L, Falcucci A, Maiorano L. *National ecological network: the role of the protected areas in the conservation of vertebrates*. Rome: University of Rome; 2003. 90 p.
16. Puzachenko YuG. *Metodologicheskie osnovy geograficheskogo prognoza i okhrany sredy* [Methodological basis of geography assessment and environmental protection]. Moscow: Universitet Rossiiskoi akademii obrazovaniya; 1998. 210 p. Russian.
17. Grodzyn's'kyj MD. *Piznannja landshaftu: misce i prostir. Tom 2* [Landscape knowledge: place and space. Volume 2]. Kyiv: Kyivs'kyj universytet; 2005. 503 p. Ukrainian.
18. Suter W, Bollmann K, Holdereger R. Landscape permeability: from individual dispersal to population persistence. In: Kienast F, Wildi O, Ghosh S, editors. *A changing world: challenges for landscape research*. Dordrecht: Springer; 2007. p. 157–174. DOI: 10.1007/978-1-4020-4436-6_11.
19. Meiklejohn K, Ament R, Tabor G. *Habitat corridors & landscape connectivity: clarifying the terminology* [Internet]. Bozeman: Center for Large Landscape Conservation; 2010 [cited 2021 May 5]. 6 p. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.542.4218&rep=rep1&type=pdf>.
20. Forman RTT. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press; 1995. 632 p.
21. Anděl P, Andreas M, Bláhová A, Gorčicová I, Hlaváč V, Mináriková T. *Protection of landscape connectivity for large mammals*. Anděl P, Mináriková T, Andreas M, editors. Liberec: Evernia; 2010. 134 p.
22. Beier P, Majka D, Jenness J. *Conceptual steps for designing wildlife corridors* [Internet]. San Francisco: Northern Arizona University; 2007 [cited 2021 December 10]. 90 p. Available from: <http://corridordesign.org/dl/docs/ConceptualStepsForDesigningCorridors.pdf>.
23. Bouwma IM, Jongman RHG, Butovsky RO, editors. *The indicative map of pan-European ecological network*. Tilburg: European Centre for Nature Conservation; 2002. 101 p.
24. Frazier AE, Kedron P. Landscape metrics: past progress and future directions. *Current Landscape Ecology Reports*. 2017;2: 63–72. DOI: 10.1007/s40823-017-0026-0.
25. Herzog F, Lausch A. Supplementing land-use statistics with landscape metrics: some methodological considerations. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2001;72:37–50. DOI: 10.1023/a:1011949704308.
26. Bender DJ, Tischendorf L, Fahrig L. Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecology*. 2003;18:17–39. DOI: 10.1023/A:1022937226820.
27. Cushman SA, McGarigal K, Neel MC. Parsimony in landscape metrics: strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators*. 2008;8(5):691–703. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.12.002.
28. Santos JS, Leite CCC, Viana JCC, dos Santos AR, Fernandes MM, de Souza Abreu V, et al. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*. 2018;88:414–424. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.01.011.
29. Gusev AP. [Fragmentation of the land cover as a factor of degradation of geosystems restoration's potential]. *Vesci BDPU. Seryja 3, Fizika. Matjematyka. Infarmatyka. Bijalogija*. 2014;1:58–61. Russian.
30. Rodoman BB. [Landscape polarisation as a means of preserving the biosphere and recreational resources]. In: Komar IV, editor. *Resursy, sreda, rasselenie* [Resources, environment, resettlement]. Moscow: Nauka; 1974. p. 150–162. Russian.
31. Sepp K, Kaasik A, editors. *Development of national ecological networks in the Baltic countries in the framework of the pan-European ecological network*. Warsaw: International Union for Conservation of Nature Office for Central Europe; 2002. 183 p.
32. Skachkova AS, Kurlovich DM, Katkovskii LV. [Structure and dynamics of the land fund of the Volozhinsky district of the Minsk region for the period from 1975 to 2010 (based on the results of automated interpretation of land cover classes in the European Corine land Cover nomenclature)]. *Vestnik BGU. Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografija*. 2013;1:98–103. Russian.
33. Yurgenson NA, Shushkova AV, Shliakhtsich AA. [Features of the formation of a National ecological network in Belarus]. *Natural resources*. 2015;2:99–106. Russian.
34. Yurgenson NA, Abramchuk AV, Shushkova AV. Challenges for integraton of the National ecological network and the Emerald network in Belarus. *Natural resources*. 2018;1:127–137. Russian.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СДВИГИ В СЕЛЬСКОМ РАССЕЛЕНИИ БЕЛАРУСИ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К КАРТОГРАФИРОВАНИЮ ЭТОГО ПРОЦЕССА

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, О. А. РОЗЖАЛОВЕЦ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Отсутствие публикаций, в которых исследуются изменения в сельском расселении Беларуси за период между двумя последними переписями населения (2009–2019), а также детальных карт, отражающих эту тематику, свидетельствует об актуальности данной проблематики как с научной, так и с прикладной точки зрения. Выявляются временные тренды и пространственные закономерности сельского расселения (с помощью анализа внутренней структуры этого процесса) и размещения населения Беларуси (посредством создания наиболее информативных карт). Проведенный анализ сельского расселения Беларуси за 2009–2019 гг. с использованием геоинформационных технологий при картографировании позволил выделить ряд ключевых тенденций. Снижение численности сельского населения на 10 % за 2009–2019 гг. обусловило формирование устойчивой мелкоселенной системы расселения (значение показателя средней плотности – 91 человек) при сохранении большого количества сельских населенных пунктов (более 23 тыс.) в ее каркасе. Для сельского расселения характерна поляризация, проявляющаяся в выделении двух групп регионов по характеру динамики численности сельского населения – регионов с отрицательной динамикой численности сельского населения (Брестская, Витебская, Гомельская, Гродненская, Могилёвская области) и региона с положительной динамикой численности сельского населения (Минская область). На фоне установленного сокращения значений показателя средней плотности сельских населенных пунктов и показателя плотности сельского населения в Беларуси происходит активная рурбанизация в пристоличном регионе (Минская область) с обратными процессами – увеличением показателей средней плотности (на 4,0 %) и плотности сельского населения (на 3,7 %). Внутренняя структура сельского расселения Беларуси характеризуется концентрацией жителей в крупных поселениях при их незначительной доле в структуре расселения. В целом географический рисунок сельского расселения трансформировался из континуального в очаговый с выделением нескольких ареалов наибольшей концентрации сельского населения. Крупноселенная зона сжимается на юге страны и расширяется в ее центральной части за счет Минской области, мелкоселенная зона повсеместно расширяется.

Ключевые слова: Беларусь; картографирование населения; сельское расселение; поляризация; рурбанизация; снижение показателей средней плотности; снижение показателей плотности населения.

Благодарность. Статья выполнена в рамках государственной программы научных исследований «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 гг. (подпрограмма «Экономика», задание 3.04 «Научные основы развития человеческого капитала в контексте обеспечения социальной, демографической, экологической и экономической безопасности в Республике Беларусь») (№ гос. регистрации 20211948).

Образец цитирования:

Антипова ЕА, Розжаловец ОА. Географические сдвиги в сельском расселении Беларуси и новые подходы к картографированию этого процесса. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:57–70. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-57-70>

For citation:

Antipova EA, Rozzhalovets OA. Geographic shifts in the rural settlement of Belarus and new approaches to the mapping of this process. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:57–70. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-57-70>

Авторы:

Екатерина Анатольевна Антипова – доктор географических наук, профессор; профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.

Ольга Адамовна Розжаловец – преподаватель-стажер кафедры геодезии и космоаэротографии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Ekaterina A. Antipova, doctor of science (geography), full professor; professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics. antipovaekaterina@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-7862-5500>

Olga A. Rozzhalovets, trainee lecturer at the department of geodesy and aerospace cartography, faculty of geography and geoinformatics.

oljadamovna@gmail.com

GEOGRAPHIC SHIFTS IN THE RURAL SETTLEMENT OF BELARUS AND NEW APPROACHES TO THE MAPPING OF THIS PROCESS

E. A. ANTIPOVA^a, O. A. ROZZHALOVETS^a

^a*Belarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus*

Corresponding author: E. A. Antipova (antipovaekaterina@gmail.com)

The lack of studies of changes in the rural settlement of Belarus over the period between the last two population censuses (2009–2019), as well as detailed maps reflecting this topic, indicates the relevance of this issue, both from scientific and applied points of view. Temporal trends and spatial patterns of rural settlement (by analysing the internal structure of this process) and the distribution of the population of Belarus (by creating the most informative maps) are revealed. The analysis of the rural settlement of Belarus for 2009–2019 with the use of geoinformation technologies in mapping has made it possible to identify a number of key trends. The depopulation of the rural population (10 % in 2009–2019) led to the formation of a stable small-scale settlement system (the average village size is 91 people) while maintaining a significant number of rural settlements in its framework (more than 23 thsd). At the regional level, it has been determined that rural settlement is characterised by polarisation, which manifests itself in the allocation of two groups of regions according to the nature of the dynamics of the rural population – regions with negative dynamics of the rural population (Brest, Vitebsk, Gomel, Grodno, Mogilev regions) and region with positive dynamics of the rural population (Minsk region). Against the background of the established reduction in the average village size and density of the rural population in Belarus, there is an active urbanisation in the capital region (Minsk region) with reverse processes – an increase in the average population (by 4.0 %) and the density of the rural population (by 3.7 %). The internal structure of the rural settlement of Belarus is characterised by the concentration of the population in large settlements with their small share in the settlement structure. In general, the geographic pattern of rural settlement has transformed from a continuum to a focal one, with the identification of several areas of the highest concentration of the rural population. There is a contraction of the large settlement zone in the south of the country, its expansion in the central part of the country at the expense of the Minsk region, and the widespread expansion of the small settlement zone.

Keywords: Belarus; population mapping; rural settlement; polarisation; urbanisation; decrease in average population; decrease in population density.

Acknowledgements. The article was supported by the state programme of scientific research «Society and human security of the Belarusian state» for 2021–2025 (the subprogramme «Economics», task 3.04 «Scientific foundations for the development of human capital in the context of ensuring social, demographic, environmental and economic security in the Republic of Belarus») (state registration No. 20211948).

Введение

Современная система сельского расселения Беларуси сформировалась в результате сочетания природно-географических, исторических, политических, социально-экономических и демографических факторов. С конца XX в. в результате сокращения численности населения началась трансформация сельского расселения, которая, в свою очередь, привела к существенным пространственно-временным сдвигам. Первые два десятилетия XXI в. в развитии системы сельского расселения свидетельствуют о продолжении негативных трендов – истощении демографического потенциала, снижении людности сельских населенных пунктов (СНП), росте количества СНП без населения. Вместе с тем численность населения крупнейших СНП растет. Данные переписей населения Беларуси за 1999, 2009 и 2019 гг. обеспечили уникальную информационную поддержку научных исследований по данной проблематике. Однако если пространственно-временные сдвиги в сельском расселении с 1999 по 2009 г. были проанализированы достаточно полно [1; 2], то результаты переписи населения 2019 г. пока не получили научного осмысления. Кроме того, в последнем десятилетии появилась возможность применения геоинформационных технологий в картографировании сельского расселения Беларуси, что дает возможность провести исследование на качественно новом уровне. В связи с этим изучение динамики сельского расселения за 2009–2019 гг. позволит сформировать географический образ данного процесса, установить основные сдвиги, определить степень устойчивости системы и особенности ее периферизации.

Цель исследования состояла в выявлении временных трендов и пространственных закономерностей сельского расселения (с помощью анализа структуры этого процесса) и размещения населения Беларуси

(посредством создания наиболее информативных карт). Объектом исследования выступило сельское расселение в полимасштабном контексте (страна, области, административные районы, сельские советы и СНП), а предметом являлись пространственные тренды региональной и внутренней структуры сельского расселения и размещения сельского населения. Информационной базой исследования служили данные Национального статистического комитета Республики Беларусь за 2009 и 2019 гг.¹

Текущее состояние исследований сельского расселения

В условиях перехода к постиндустриальному обществу и второго демографического перехода происходят кардинальные изменения в системе сельского расселения. В связи с сокращением численности сельского населения и типично сельскохозяйственных видов экономической деятельности трансформируются функции сельской местности. В настоящее время данные тенденции наиболее ярко проявляются в европейских (с переходной экономикой) и постсоветских странах, в то время как постиндустриальным государствам свойственна активная рурбанизация. По этой причине в контексте предметной области настоящего исследования особый интерес представляют научные результаты, полученные специалистами из данных стран.

Так, в результате анализа структуры сельского расселения России с 1959 по 2010 г. Н. В. Зубаревич выявила такие тренды, как поляризация сети, быстрый рост доли мельчайших СНП и медленное увеличение количества самых крупных СНП при одновременном сокращении числа мелких и средних СНП [3]. На основе данных переписей населения за 1970, 1989 и 2010 гг. А. И. Алексеев и С. Г. Сафронов установили, что общая тенденция в эволюции сельского расселения (сокращение численности сельских жителей на фоне их концентрации во все более крупных СНП) в разных частях страны реализовывалась не одновременно и сочеталась с различными вариантами трансформации структуры сети по степени людности поселений [4].

На основе геоинформационных методов и инструментов анализа Р. Ш. Ахметов, Н. Ю. Святоха и И. Ю. Филимонова выявили отличительные черты динамики численности сельского населения и раскрыли специфику расселения степной зоны России на протяжении трех постсоветских десятилетий. Ученые выяснили, что в степной зоне показатели плотности сельского населения и густоты сети СНП являются более высокими, чем соответствующие показатели по всей стране [5]. В результате анализа данных последних переписей населения Д. О. Егоров и В. С. Шурупина представили типологию сельских территорий России и выделили 12 типов сельского расселения, в том числе 11 зональных и 1 азональный [6]. Это новое районирование показало сильную депопуляцию сельской местности России, трансформацию в структуре соотношений СНП различной людности, а также региональную дифференциацию этих процессов.

Статья Е. Ю. Сегида посвящена вопросам совершенствования методических основ анализа того, как расселяются жители региона [7]. В работе рассмотрены преимущества использования таких показателей пространственно-статистического анализа размещения населения, как арифметический, медианный и модальный центры и центр тяжести. В соавторстве с Н. Н. Ткаченко Е. Ю. Сегида исследовала территориальные особенности расселения жителей Харьковского района (Украина) и провела анализ ближайшего соседства с использованием показателей плотности населения в разрезе городских, поселковых и сельских советов [8].

Несмотря на научную значимость картографирования размещения населения Беларуси, методика этого процесса пока недостаточно разработана. К настоящему моменту в разрезе административных районов плотность населения страны картографирована в масштабе 1 : 500 000 [9]. В статье акцент делается на выявлении новых подходов к картографированию размещения населения. В основе исследования лежат классические социально-экономические труды П. П. Семёнова-Тян-Шанского, Н. Н. Баранского, А. А. Смолича, А. И. Преображенского, О. А. Евтеева, С. А. Ковалёва, К. А. Салищева и др. Инновации в данной области связаны в первую очередь с применением ГИС-технологий, а также с автоматизацией процесса картографирования на всех этапах.

Особенности использования способа псевдоизолиний раскрыты в публикациях С. А. Гурова [10] и А. С. Соколова [11]. Так, А. С. Соколов сравнил карты плотности населения, созданные по значениям плотности в центральной точке административных районов, с картами, составленными с помощью метода скользящего кружка. В результате было выявлено, что для карт первого типа характерны более резкое изменение градиента плотности и наличие замкнутых контуров со значительно более высокими пиками.

¹Численность и территориальное размещение населения [Электронный ресурс]. URL: <https://census.belstat.gov.by/sections/1> (дата обращения: 12.09.2022).

Интерес представляют работы П. М. Поляна [12] и А. Н. Воробьёва [13; 14], в которых изучались вопросы отображения плотности населения способом количественных ареалов. Так, П. М. Полян изложил перспективы применения дазиметрического метода с геоинформационными системами, а А. Н. Воробьёв раскрыл новые методики выделения количественных ареалов и отметил, что главная трудность в составлении карт плотности населения сопряжена с условностью в установлении границ (ареалов) и отсутствием жесткой привязки населения к территории.

Методика исследования

Современный уровень развития географической науки предъявляет новые требования к методологии исследования расселения с использованием преимуществ ГИС-технологий и более эффективных способов картографирования. По этой причине в данном исследовании применялся двуединый подход к реализации целей – определению пространственно-временных сдвигов в сельском расселении Беларуси и совершенствованию системы ее картографирования. Экономико-географический анализ динамики расселения Беларуси проводился с использованием сравнительно-географического метода, а также методов географической систематизации и динамических рядов. Для анализа временных сдвигов в сельском расселении использовалась общепринятая система показателей, предложенная А. И. Ковалёвым в 1960-х гг. Весь набор показателей был детально изучен ранее за 1959–1999 гг. [1]. В данном исследовании для анализа использовались два основных показателя – показатель плотности населения и показатель средней людности СНП. Как и в предыдущих работах авторов настоящей статьи, в этом исследовании проведен анализ внутренней структуры расселения (в разрезе классов СНП по численности населения). Картографирование процессов сельского расселения Беларуси проводилось с использованием программного продукта *ArcGIS*.

Исследование состояло из нескольких взаимосвязанных этапов.

Этап 1: создание базы данных по сельскому расселению Беларуси. Эта база данных легла в основу как анализа структурных сдвигов, так и картографирования размещения населения.

Этап 2: пространственно-временной анализ структуры сельского расселения и плотности населения с использованием математико-статистического и картографического методов (разработка карт плотности).

В свою очередь, процесс картографирования был разделен на несколько этапов.

Этап 1: изучение картографируемого явления и ранее опубликованных карт.

Этап 2: определение масштаба, назначения, сроков создания будущей карты, а также полноты статистических данных.

Этап 3: подготовка статистических данных.

Этап 4: построение или создание картографического изображения, его классификация и символизация.

Этап 5: окончательное оформление карт.

Для отображения значений показателя плотности населения на картах было выбрано два основных способа изображения для средне- и мелкомасштабного картографирования – способ картограммы и способ псевдоизолиний. Из-за своей простоты, неприхотливости к статистическим данным и географической основе картограмма является самым распространенным способом картографирования. Однако степень информативности этого способа не всегда позволяет произвести глубокий анализ явления. По этой причине авторы настоящей статьи остановились на создании трех карт разного уровня территориального деления: по административным районам, сельским советам и регулярной сети, а точнее по гексагональным полигонам площадью 30 км^2 . В пределах каждой территориальной единицы подсчитывалось значение общей численности населения, которое далее делилось на значение площади данной единицы. Полученные показатели разбивались на классы и закрашивались по принципу усиления насыщенности цвета с увеличением плотности населения.

Главные недостатки данного способа – затушевывание географических особенностей явления и тем самым создание представления о равномерном распределении значений в пределах территориальной единицы. Однако эта проблема решается с помощью перехода от уровня районов к уровню сельских советов, от уровня сельских советов к уровню регулярной сети или уточнения границ посредством ареалов расселения (уточненная картограмма). Сочетание дробного деления и применения подробных статистических данных позволяет создать карту, которая для средне- и мелкомасштабного картографирования плотности населения не будет уступать по географической достоверности способу псевдоизолиний или способу количественного фона. Также важным достоинством карт, составленных способом картограммы по геометрической сети, является независимость от административного деления, что позволяет проводить сравнительный анализ сельского расселения (плотности сельского населения) с высокой точностью и сопоставимостью по результатам на любую дату, начиная с переписи населения 1897 г.

Создание карты способом псевдоизолиний основывалось на предложенной А. А. Смоlichem методике разработки карты изодаз БССР. Ранее авторы настоящей статьи апробировали реконструкцию этой методики [15]. Методика сводится к следующему: плотность населения, рассчитанная по дробным территориальным единицам (СНП), относится к центральным точкам данных единиц. Далее созданная сеть точек, которая имеет различные показатели плотности, интерполируется, в результате чего получается своеобразный дазиметрический рельеф. К изодазам добавляется послойная окраска, которая облегчает восприятие информации на карте. Картографирование выполнялось в среднем масштабе – 1 : 500 000. В каждом СНП рассчитывался показатель плотности населения с помощью программного продукта *ArcGIS*. Далее площадные знаки СНП заменялись на точечные объекты (центральные точки данных СНП). Сначала получалась интерполируемая поверхность, а затем формировались сами псевдоизолинии. В результате на карту было нанесено 11 основных изодем, соответствующих значениям 25, 50, 75, 100, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 5000 жителей на 1 км².

При применении этого способа хорошо отображается неравномерное распределение населения, однако плотность населения показывается без резких переходов, т. е. слишком сглаженно. С точки зрения среднемасштабного картографирования данный способ имеет высокую информативность, охватывает большую территорию и показывает основные зоны расселения – редкозаселенную северо-восточную часть Беларуси (из-за роста количества СНП без населения) и более плотнозаселенную территорию на юго-западе страны. Данная тенденция ярко отображает неравномерность распределения населения по территории Беларуси. Но для карт крупных масштабов в целях передачи более детальной информации лучше подойдет способ, лишенный недостатка способа псевдоизолиний, – способ количественных ареалов или способ количественного фона.

Для разработки шкал всех составленных карт применялся метод классификации естественных границ, поскольку он делает карту наиболее информативной и позволяет работать с большим количеством значений в выборке. Так, переход от одной интенсивности окраски к другой оправдывается резкими изменениями в самом показателе. Это важно и с географической точки зрения, так как разница в окрасках заставляет обратить внимание на границу между ними, и встает вопрос о том, чем объясняется резкое изменение показателя при переходе через эту границу.

Карты, созданные по результатам переписи населения 2019 г., легли в основу дальнейшего географического анализа размещения населения Беларуси.

Результаты и их обсуждение

В современной структуре сельского расселения Беларуси насчитывается более 23 тыс. СНП, которые исторически характеризуются пространственной неравномерностью распределения населения в зависимости от природно-ландшафтного фактора.

Современные зональные особенности сельского расселения Беларуси с учетом природно-ландшафтной обусловленности выражаются в выделении четырех зон сельского расселения:

- северной зоны поозерского мелкоселенного характера расселения с невысокими показателями плотности сельских поселений при их относительно высокой густоте (наибольшее количество СНП Беларуси);
- центральной зоны преимущественно равнинного среднеселенного расселения с преобладанием холмисто-моренно-эрозионных и вторично-моренных ландшафтов Западно-Белорусской возвышенной провинции, вторичных водно-ледниковых и моренно-зандровых ландшафтов Восточно-Белорусской провинции;
- южной полесской зоны крупноселенного расселения с преобладанием аллювиально-террасированных, вторичных водно-ледниковых и болотных ландшафтов;
- чернобыльской зоны малоселенного разреженного расселения резко трансформированного характера [2].

Природно-ландшафтный фактор исторически определяет каркас сельского расселения страны. Так, 27 % СНП расположены в Витебской области, 22 % – в Минской области и 19 % – в Гродненской области. На территории Гомельской и Могилёвской областей сосредоточены 10 и 13 % СНП соответственно. Наименьший удельный вес в структуре расселения приходится на СНП Брестской области, но они имеют свою крупноселенную специфику. За 2009–2019 гг. в Беларуси количество СНП сократилось на 2 %.

В 2001–2020 гг. природно-ландшафтные факторы в динамике сельского расселения Беларуси уступили демографическому фактору. В настоящее время депопуляция сельской местности и региональная поляризация демографического развития оказывают все более сильное влияние на изменение рисунка сельского расселения. За 2009–2019 гг. численность сельского населения Беларуси сократилась в среднем на 10 % (табл. 1).

Во всех областях, за исключением Минской области, численность населения сокращается. В Витебской и Гродненской областях численность сельского населения уменьшилась на 19 %, и это самые большие демографические потери среди регионов страны. В Брестской и Могилёвской областях численность сельского населения сократилась на 15 и 17 % соответственно. Гомельская область характеризуется относительно меньшими потерями (13 %). Динамика численности сельского населения в Минской области свидетельствует о феномене рурбанизации, в результате которой за 2009–2019 гг. численность сельского населения увеличилась на 6 %.

В XXI в. под влиянием таких демографических факторов, как естественная и миграционная убыль населения, демографическое старение, в сельской местности Беларуси устойчиво сокращаются значения основных показателей расселения – показателя средней людности и показателя плотности сельского населения.

Таблица 1

**Динамика региональной структуры сельского расселения
и распределения сельского населения Беларуси в 2009 и 2019 гг.**

Table 1

**Dynamics of the regional structure of rural settlement
and distribution of the rural population of Belarus in 2009 and 2019**

Область	Год	СНП		Сельское население	
		Количество, ед.	Доля, %	Численность, тыс. чел.	Доля, %
Брестская	2009	2167	9	467,7	20
	2019	2153	9	399,8	19
Витебская	2009	6316	27	318,8	14
	2019	6208	27	259,0	12
Гомельская	2009	2403	10	376,1	16
	2019	2262	10	325,6	15
Гродненская	2009	4338	19	317,0	13
	2019	4295	19	255,7	12
Минская	2009	5208	22	623,7	26
	2019	5189	22	661,0	31
Могилёвская	2009	3035	13	255,5	11
	2019	2968	13	212,4	10
Беларусь	2009	23 467	100	2358,8	100
	2019	23 075	100	2113,5	100

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

За 2009–2019 гг. показатель средней людности СНП Беларуси уменьшился на 12 %. Если в 2009 г. значение показателя средней людности превышало 100 человек, то в настоящее время оно составляет немногим более 90 человек. Единственным регионом страны, где СНП выросли с точки зрения средней людности, является Минская область. Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что, по данным переписи населения 2019 г., значение показателя средней людности в этом регионе составляет 127 человек, и в этом отношении Минская область занимает 3-е место. Во всех остальных регионах показатели средней людности СНП сокращаются. На этом фоне самыми крупноселенными остаются СНП Гомельской и Брестской областей, где средние значения составляют 144 и 186 человек соответственно. Черта мелкоселенности сохраняется за Витебской областью, где средние значения немногим превышают 40 человек (табл. 2).

На фоне сокращения показателей средней людности происходит устойчивое уменьшение значений плотности сельского населения, а также повсеместное и пространственно равномерное разуплотнение сельских территорий при формировании пристоличного ареала с ростом концентрации населения.

Таблица 2

Динамика показателей сельского расселения Беларуси в 2009 и 2019 гг.

Table 2

Dynamics of indicators of rural settlement in Belarus in 2009 and 2019

Область	Год	Показатели			
		Средняя плотность, чел.	Плотность населения, чел./км ²	Количество СНП с численностью населения свыше 1000 чел., ед.	Количество СНП без населения, ед.
Брестская	2009	223	14,7	88	40
	2019	186	12,2	67	75
Витебская	2009	53	8,3	24	589
	2019	42	6,5	21	1079
Гомельская	2009	158	9,7	51	235
	2019	144	8,1	43	157
Гродненская	2009	77	13,0	28	214
	2019	60	10,3	27	395
Минская	2009	122	16,0	89	156
	2019	127	16,6	89	292
Могилёвская	2009	87	9,2	22	161
	2019	72	7,4	19	325
Беларусь	2009	103	12,0	302	1395
	2019	91	10,2	266	2323

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

В 2009 г. показатель плотности сельского населения составлял 12,0 человека на 1 км². За десятилетний период значительные пространства сельских территорий стали еще более малолюдными. В результате, по данным переписи населения 2019 г., показатель плотности сельского населения в стране равняется 10,2 человека на 1 км². Наименее заселенными являются север (Витебская область) и восток (Могилёвская область) страны с показателями плотности сельского населения 6,5 и 7,4 человека на 1 км² соответственно. Наиболее высокие показатели плотности сельского населения характерны для столичного региона – Минской области (см. табл. 2). При общем сокращении плотности сельского населения в стране на 15 % в этих регионах она уменьшилась на 20 % и более. В системе сельского расселения Минская область является единственным регионом, где показатель плотности населения увеличился на 6 %.

К 2019 г. в Витебской, Гомельской и Могилёвской областях преобладающими по плотности населения стали редкозаселенные районы с плотностью населения менее 10 человек на 1 км². В северном регионе Беларуси сохранились районы, например Городокский и Россонский, в которых показатель плотности населения составляет менее 5 человек на 1 км². На юге страны (территории, пострадавшие от аварии на Чернобыльской АЭС) также сформировались чрезвычайно редкозаселенные районы, например Брагинский, Наровлянский и Хойникский (см. рис. 1, вклейка).

Карты, составленные с помощью способа картограммы по сельским советам и геометрической сети, доказывают утрату континуальности и формирование очаговости сельского расселения Беларуси (см. рис. 2 и 3, вклейка). Карты, выполненные с помощью способа псевдоизолиний, позволяют более четко выявить географические ареалы густой и редкой заселенности Беларуси (см. рис. 4, вклейка).

Анализ структуры сельского расселения Беларуси в разрезе классов плотности СНП показал, что за 2009–2019 гг. уменьшилась только средняя величина мелких СНП. В малых, средних и крупных СНП средняя величина сохранилась в прежних значениях. Значительно возросла средняя величина крупнейших СНП. Если в 2009 г. она составляла 1862 человека, то в 2019 г. – 2243 человека. Немного возросла средняя величина полусредних СНП (табл. 3). За 2009–2019 гг. в мелких СНП индекс динамики средней величины составил 0,85, в малых, средних и крупных СНП – 1,0, в полусредних СНП – 1,01 и в крупнейших СНП – 1,2.

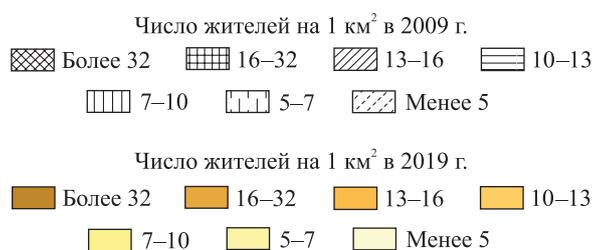
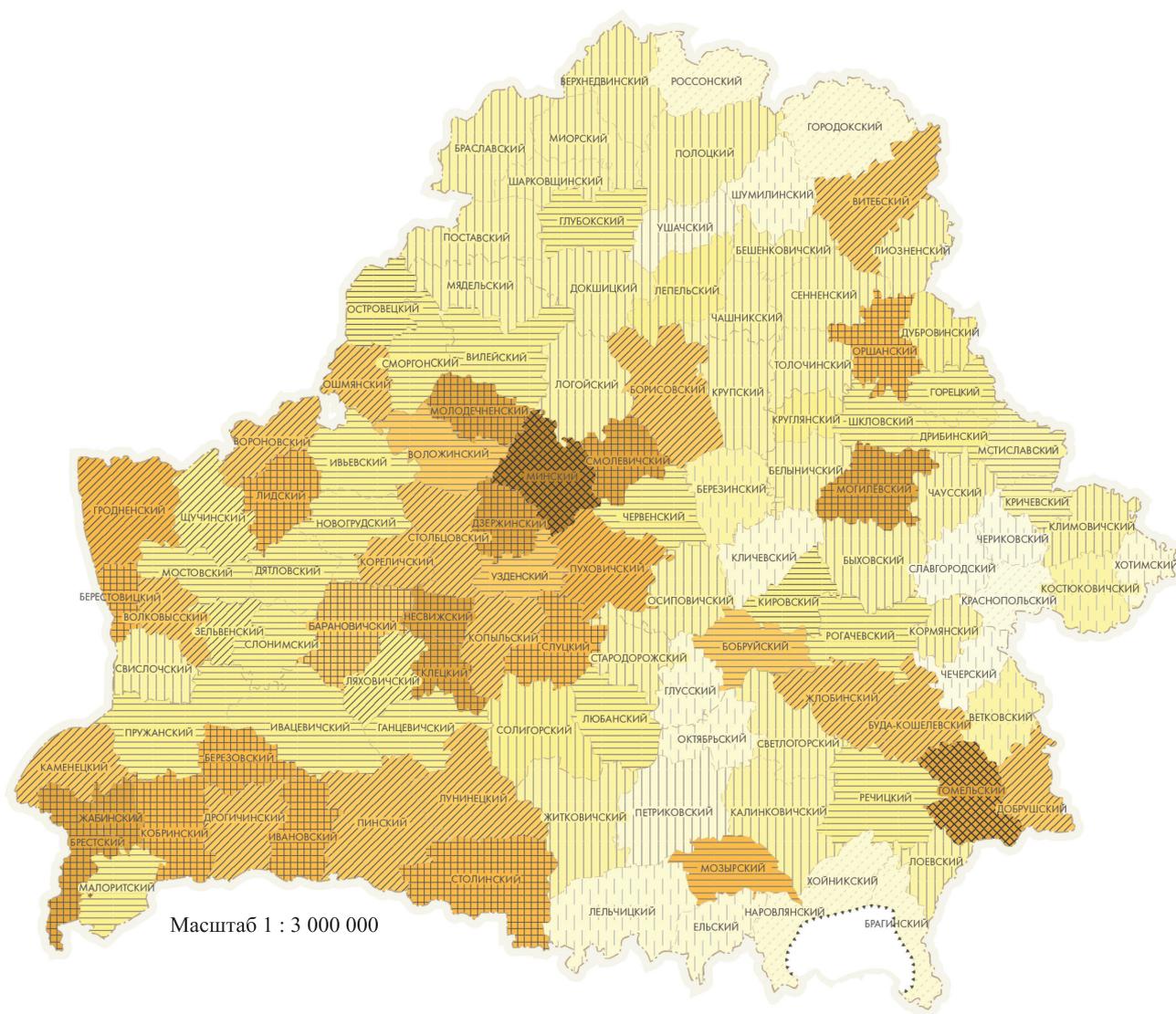


Рис. 1. Плотность сельского населения по административным районам в 2009 и 2019 гг. (разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 1. Rural population density by administrative districts in 2009 and 2019 (developed on the basis of data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

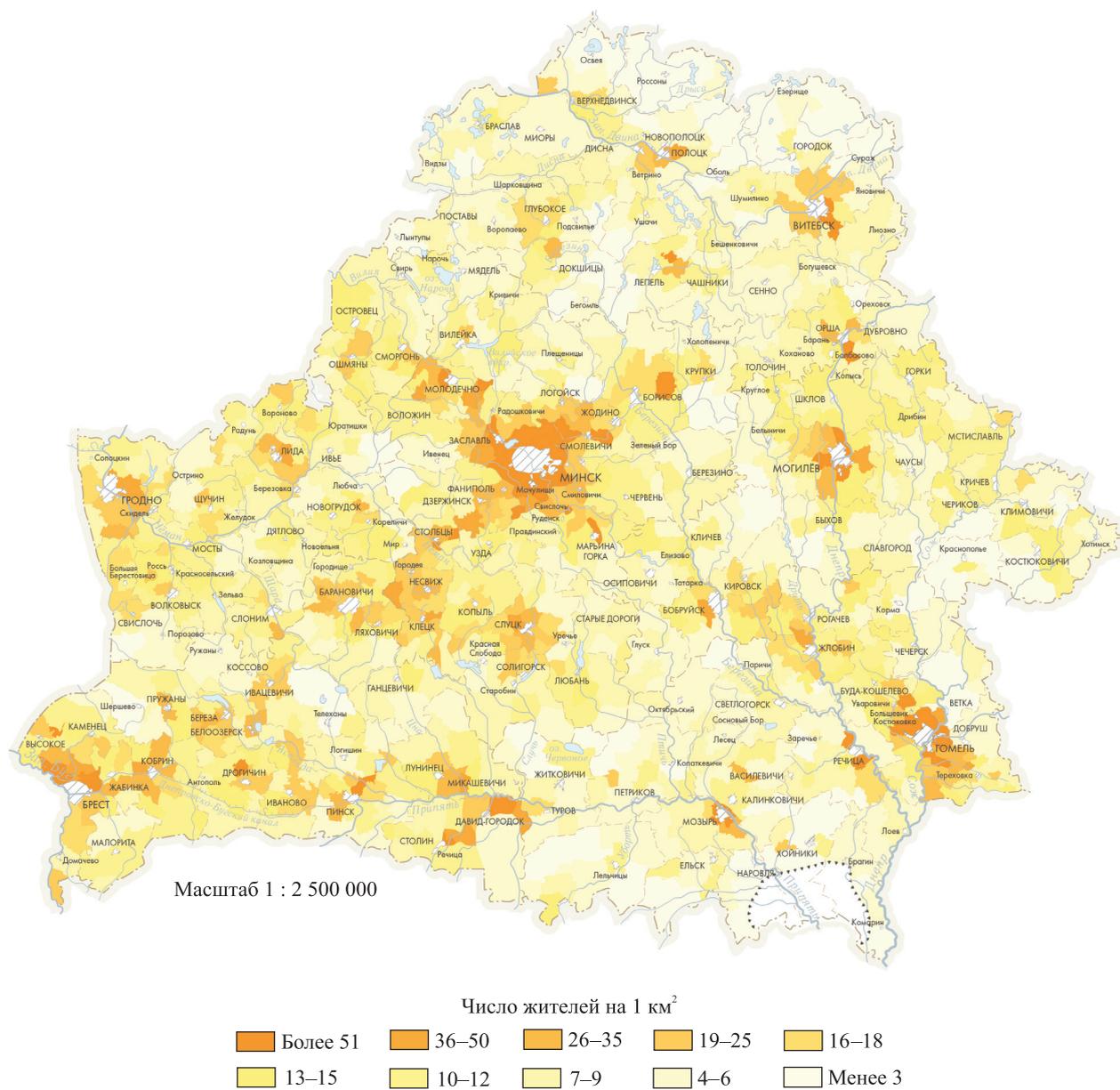


Рис. 2. Плотность сельского населения по сельским советам в 2019 г. (разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 2. Rural population density by rural councils in 2019 (developed on the basis of data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

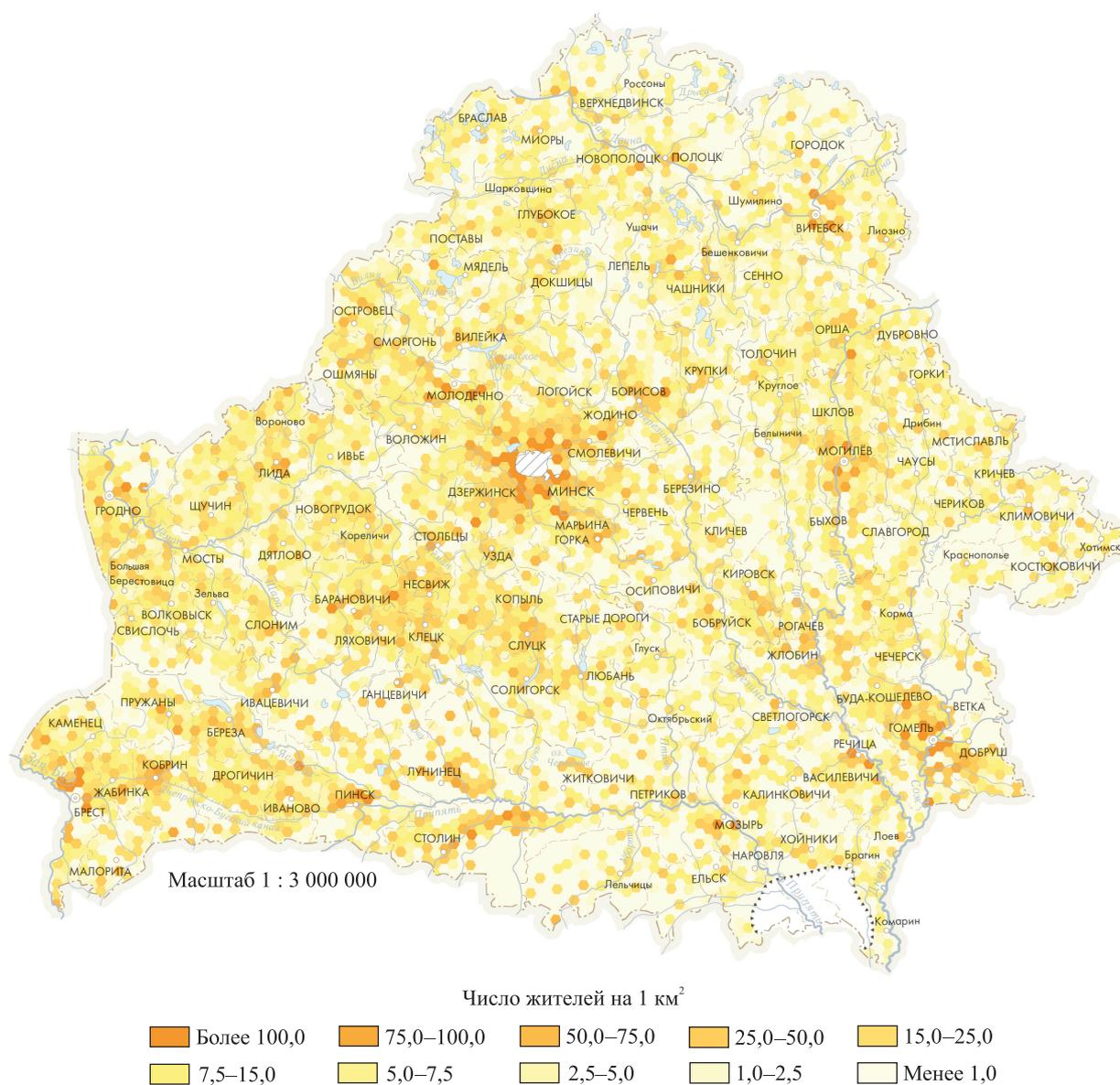


Рис. 3. Плотность сельского населения по геометрической сети в 2019 г. (разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 3. Rural population density by geometric network in 2019 (developed on the basis of data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

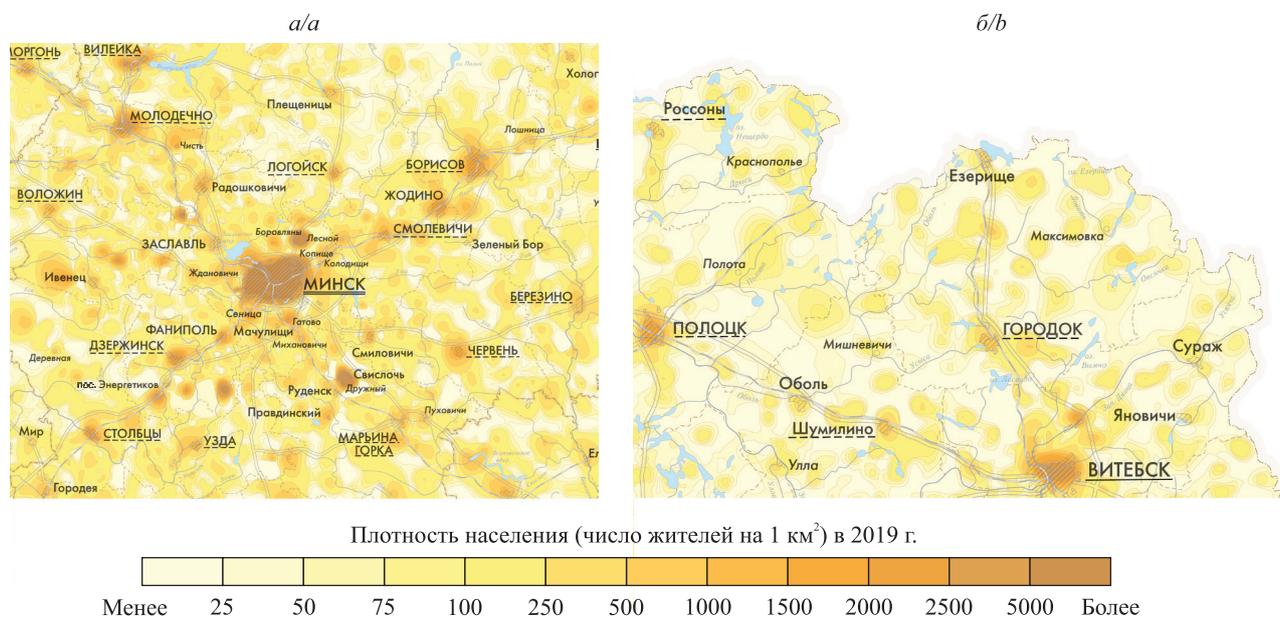


Рис. 4. Фрагменты карты плотности населения, составленной способом псевдоизолиний, по состоянию на 2019 г.:
а – густозаселенные ареалы Минской области;
б – редкозаселенные ареалы Витебской области (разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 4. Fragments of the population density map compiled by the pseudo-isolines method in 2019:
а – densely populated areas of the Minsk region;
б – sparsely populated areas of the Vitebsk region (developed on the basis of data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

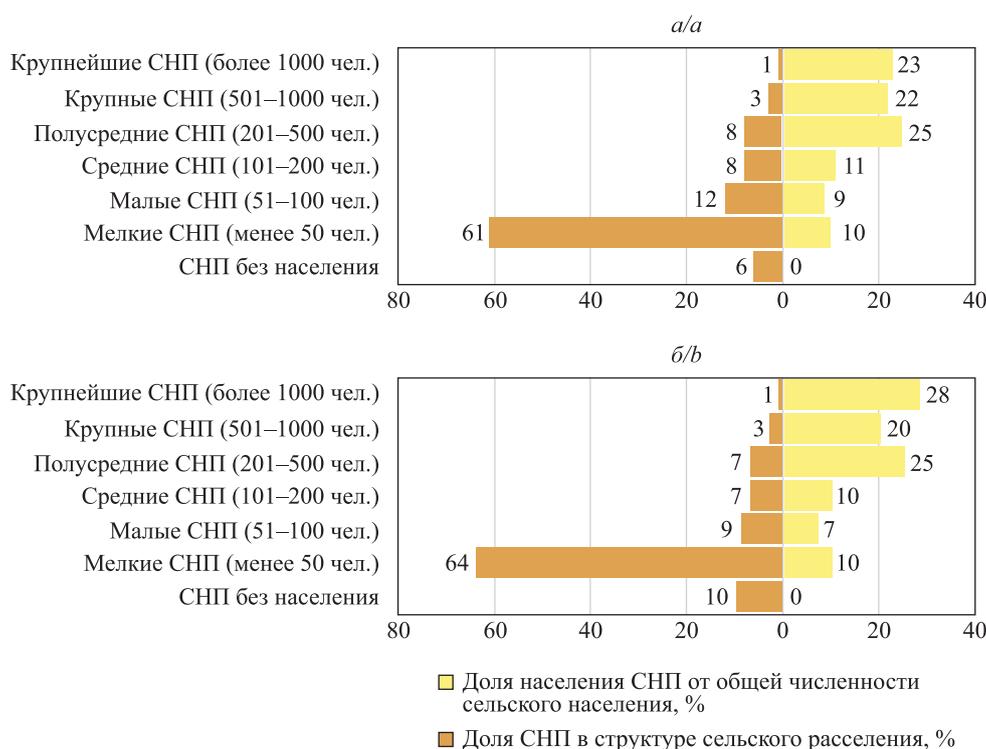


Рис. 5. Динамика внутренней структуры сельского расселения Беларуси:
а – в 2009 г.; б – в 2019 г. (руралистические пирамиды)

Fig. 5. Dynamics of the internal structure of rural settlement in Belarus:
а – in 2009; б – in 2019 (ruralistic pyramids)

Таблица 3

**Динамика средней величины СНП Беларуси
по степени их людности в 2009 и 2019 гг.**

Table 3

**Dynamics of the average value of the SNP of Belarus
by the degree of its population in 2009 and 2019**

СНП по людности	Средняя величина СНП, чел.	
	2009 г.	2019 г.
Мелкие СНП (менее 50 чел.)	17	14,5
Малые СНП (51–100 чел.)	71	71
Средние СНП (101–200 чел.)	142	142
Полусредние СНП (201–500 чел.)	321	323
Крупные СНП (501–1000 чел.)	674	677
Крупнейшие СНП (более 1000 чел.)	1862	2243

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

По сравнению с 1999 г. за 2009–2019 гг. в Беларуси в результате сокращения численности сельского населения и уменьшения показателей средней людности СНП внутренняя структура сельского расселения изменилась в сторону мелкоселенности. В 2009 г. в структуре расселения равные доли имели средние и полусредние СНП (8 %), преобладали мелкие СНП (61 %). Доля крупнейших СНП составляла 1 %, удельный вес СНП без населения – 6 % (табл. 4). В 2019 г. принципиально структура не изменилась, однако заметно возросла доля мелких СНП (64 %) и СНП без населения (10 %). По данным переписи населения 2009 г., в Беларуси насчитывалось 1395 СНП без населения. В ходе переписи населения 2019 г. было установлено наличие 2323 таких СНП. Доля крупнейших СНП осталась неизменной (1 %), но их количество сократилось с 302 до 266. Географический рисунок расселения приобрел очаговый характер с выделением нескольких зон концентрации сельского населения и сельских территорий без населения, занимающих большую площадь.

Таблица 4

Сдвиги во внутренней структуре сельского расселения Беларуси

Table 4

Shifts in the internal structure of rural settlement in Belarus

СНП по людности	Показатели			
	Доля СНП в структуре сельского расселения, %		Доля населения СНП от общей численности сельского населения, %	
	2009 г.	2019 г.	2009 г.	2019 г.
Мелкие СНП (менее 50 чел.)	62	63	10	10
Малые СНП (51–100 чел.)	12	9	9	7
Средние СНП (101–200 чел.)	8	7	11	10
Полусредние СНП (201–500 чел.)	8	7	25	25
Крупные СНП (501–1000 чел.)	3	3	22	20
Крупнейшие СНП (более 1000 чел.)	1	1	23	28
СНП без населения	6	10	0	0
<i>Всего</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Примечание. Разработано на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Наряду с этим произошло перераспределение сельского населения между классами СНП. По данным переписи населения 2009 г., большая часть сельского населения проживала в полусредних и крупнейших СНП. В 2019 г. произошло перераспределение демографического потенциала в крупнейшие СНП, в которых проживает 28 % всего сельского населения. Крупнейшими СНП Беларуси, по данным переписи населения 2019 г., являются Лесной (21,0 тыс. человек), Колодищи (20,4 тыс. человек), Боровляны (19,2 тыс. человек), Копище (11,4 тыс. человек), Дружный (10,2 тыс. человек), Ждановичи (9,65 тыс. человек), Гатово (9,0 тыс. человек), Сеница (7,8 тыс. человек), Ольшаны (7,4 тыс. человек) и Михановичи (6,6 тыс. человек). Как видно, численность населения большинства этих СНП намного превышает численность населения некоторых городов Беларуси, например Пружан, Столина, Глубокого и др. По численности населения и интенсивным темпам урбанизации, происходящей в них, подобные СНП могут быть отнесены к классу малых городов. Вместе с тем насчитывается 15 СНП с численностью населения свыше 5 тыс. человек, из них 80 % расположены в Минской области. По населенности 2-е место во внутренней структуре занимают полусредние СНП (25 %) (см. табл. 4).

Таким образом, главной тенденцией внутренней структуры сельского расселения Беларуси за 2009–2019 гг. является сохранение устойчивого тренда в сторону мелкоселенности, а основной тенденцией распределения сельского населения – сохранение устойчивого тренда в сторону крупных поселений (см. рис. 5, вклейка).

Данная особенность динамики позволяет отнести структуру сельского расселения Беларуси к типу, характеризующемуся концентрацией населения в крупных поселениях при их незначительной доле в структуре расселения.

Заключение

Проведенный географический анализ сельского расселения Беларуси за 2009–2019 гг. с использованием ГИС-технологий картографирования с помощью способа псевдоизолиний позволил выделить ряд ключевых тенденций. Во-первых, на макрогеографическом уровне для Беларуси характерна депопуляция сельского населения, которая приводит к формированию устойчивой мелкоселенной системы сельского расселения при сохранении значительного количества СНП в ее каркасе. Во-вторых, на региональном уровне сельскому расселению свойственна поляризация, проявляющаяся в выделении двух групп регионов по характеру динамики численности сельского населения – регионов с отрицательной динамикой численности сельского населения и региона с положительной динамикой численности сельского населения. На фоне Минской области доминируют регионы первого типа. В-третьих, в контексте уменьшения значений основных показателей сельского расселения (показатель средней людности и показатель плотности сельского населения) в Беларуси происходит активная урбанизация в пристоличном регионе (Минская область), где наблюдаются обратные процессы – увеличение показателей средней людности и плотности сельского населения. В-четвертых, внутренняя структура сельского расселения Беларуси характеризуется концентрацией жителей в крупных СНП при их незначительной доле в структуре расселения. В-пятых, благодаря составлению карт с помощью способа картограммы по сельским советам и геометрической сети была доказана утрата континуальности сельского расселения Беларуси и установлено, что его географический рисунок трансформировался в очаговый с выделением нескольких ареалов наибольшей концентрации сельского населения, формирующихся в административных районах, которые прилегают к столице, региональным и крупным районным центрам. В-шестых, карты, выполненные с помощью способа псевдоизолиний, позволили выявить географические ареалы густой и редкой заселенности Беларуси и определить фрагментарный характер сельского расселения. В целом выделенные в 2008 г. три типа сельского расселения Беларуси (крупноселенный, среднеселенный и мелкоселенный) [1] сохраняются в системе сельского расселения и в 2019 г., при этом крупноселенная зона сжимается на юге страны и расширяется в ее центральной части за счет Минской области, а мелкоселенная зона повсеместно расширяется.

Библиографические ссылки

1. Антипова ЕА. *Геодемографические проблемы и территориальная структура сельского расселения Беларуси*. Минск: БГУ; 2008. 327 с.
2. Antipova EA, Fakeyeva LV. Settlement system of Belarus. Spatial and temporal trends at the end of 20th and the beginning of the 21st centuries. *Journal of Settlements and Spatial Planning*. 2012;3(2):129–139.
3. Зубаревич НВ. Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2013;3:26–38. DOI: 10.15356/0373-2444-2013-3-26-38.
4. Алексеев АИ, Сафронов СГ. Изменение сельского расселения в России в конце XX – начале XXI века. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2015;2:66–76.

5. Ахметов РШ, Святоха НЮ, Филимонова ИЮ. Сельское расселение в степной зоне России в постсоветское время. *Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология*. 2022;2:15–24. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9304.
6. Егоров ДО, Шурупина ВС. Сельское расселение России: типология территорий по людности сельских населенных пунктов. *Региональные исследования*. 2018;4:4–16.
7. Сегіда КЮ. Методичні основи аналізу розселення населення регіону. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2013;18:150–155.
8. Сегіда КЮ, Ткаченко НН. Територіальні особливості розселення населення Харківського району Харківської області. *Часопис соціально-економічної географії*. 2016;19(2):60–66. DOI: 10.26565/2076-1333-2015-19-10.
9. Антипова ЕА, Храмов ВМ, картографы. *Население Беларуси* [карта]. Мальчикова ТВ, Нестеровская ЮМ, Шибяева АВ, редакторы. Минск: Белкартография; 2021. 3,73 листа: 1 : 500 000; 117 × 72 см; цветная.
10. Гуров СА. Использование способа псевдоизолиний в современном картировании. *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2019;5(3):79–89.
11. Соколов АС. Анализ и картографирование пространственной неоднородности размещения населения Беларуси. *Научные записки Сумского державного педагогического университета имени А. С. Макаренка. Географические науки*. 2014;5:135–147.
12. Полян ПМ. Дазиметрические карты В. П. Семёнова-Тянь-Шанского и перспективы их построения и использования в информационном поле XXI века. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2012;6:98–106. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-6-98-106.
13. Воробьев АН. Картографирование плотности населения по ареалам расселения (на примере Иркутского района). *Геодезия и картография*. 2014;9:29–33. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-891-9-29-33.
14. Воробьев АН. Картографирование плотности населения редкозаселенного региона (на примере Иркутской области). *Геодезия и картография*. 2019;4:32–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-946-4-32-38.
15. Антипова ЕА, Розжаловец ОА. Реконструкция методики картографирования плотности населения Беларуси А. А. Смолыча. В: Рогозина РЕ, редактор. *Муниципальные образования регионов России: проблемы исследования, развития и управления. Материалы V Всероссийской межведомственной научно-практической конференции с международным участием; 10–12 ноября 2022 г.; Воронеж, Россия*. Воронеж: Цифровая полиграфия; 2022. с. 754–759.

References

1. Antipova EA. *Geodemograficheskie problemy i territorial'naya struktura sel'skogo rasseleniya Belarusi* [Geodemographic problems and territorial structure of rural settlement in Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2008. 327 p. Russian.
2. Antipova EA, Fakeyeva LV. Settlement system of Belarus. Spatial and temporal trends at the end of 20th and the beginning of the 21st centuries. *Journal of Settlements and Spatial Planning*. 2012;3(2):129–139.
3. Zubarevich NV. Transformation of rural settlement and service network in rural areas. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2013;3:26–38. Russian. DOI: 10.15356/0373-2444-2013-3-26-38.
4. Alexeev AI, Safronov SG. Changes in rural settlement in Russia during the late 20th – early 21st centuries. *Lomonosov Geography Journal*. 2015;2:66–76. Russian.
5. Akhmetov RSh, Sviatoha NYu, Filimonova IYu. Rural settlement in the Russian steppe zone in the post-Soviet period. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2022;2:15–24. Russian. DOI: 10.17308/geo.2022.2/9304.
6. Egorov DO, Shurupina VS. Rural settlement system of Russia: typology of territories by rural settlements population. *Regional'nye issledovaniya*. 2018;4:4–16. Russian.
7. Segida KYu. Methodological fundamentals of analysis of settling apart of the region's population. *Problemy bezpererвної heohrafichnoyi osvity ta kartohrafiyi*. 2013;18:150–155. Ukrainian.
8. Segida KYu, Tkachenko NN. Territorial features resettlement of the population of the Kharkiv district of Kharkiv region. *Human Geography Journal*. 2016;19(2):60–66. Ukrainian. DOI: 10.26565/2076-1333-2015-19-10.
9. Antipova EA, Khramov VM, cartographers. *Naselenie Belarusi* [Population of Belarus] [map]. Mal'chikova TV, Nesterovskaya YuM, Shibaeva AV, editors. Minsk: Belkartografiya; 2021. 3.73 sheets: 1 : 500 000; 117 × 72 cm; color. Russian.
10. Gurov SA. The use of the method of pseudoisolines in modern mapping. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2019;5(3):79–89. Russian.
11. Sokolov AS. The analysis and mapping of spatially inhomogeneous distribution of population of the Belarus. *Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. Geographical Sciences*. 2014;5:135–147. Russian.
12. Polyan PM. Dazimetric maps of V. P. Semenov-Tyan-Shansky and their prospects in the information field of the 21st century. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2012;6:98–106. Russian. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-6-98-106.
13. Vorobiev AN. The mapping of density of population using people habitat (on the sample of Irkutsk district). *Geodesy and cartography*. 2014;9:29–33. Russian. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-891-9-29-33.
14. Vorobiev AN. Mapping the population density of a rarely populated region (the example of the Irkutsk region). *Geodesy and cartography*. 2019;4:32–38. Russian. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-946-4-32-38.
15. Antipova EA, Rozzhalovets OA. [Reconstruction of the methodology for mapping the population density of Belarus A. A. Smolich]. In: Rogozina RE, editor. *Munitsipal'nye obrazovaniya regionov Rossii: problemy issledovaniya, razvitiya i upravleniya. Materialy V Vserossiiskoi mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem; 10–12 noyabrya 2022 g.; Voronezh, Rossiya* [Municipal formations of regions of Russia: problems of research, development and management. Proceedings of the 5th All-Russian interdepartmental scientific and practical conference with international participation; 2022 November 10–12; Voronezh, Russia]. Voronezh: Tsifrovaya poligrafya; 2022. p. 754–759. Russian.

Получена 14.12.2022 / исправлена 06.03.2023 / принята 06.03.2023.
Received 14.12.2022 / revised 06.03.2023 / accepted 06.03.2023.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭВОЛЮЦИИ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ПЕРИОДИЧНОСТИ
ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ СЕБЕЖСКОГО ПООЗЕРЬЯД. А. КУПРИЯНОВ^{1), 2)}, Н. М. ПИСАРЧУК³⁾, А. Е. ШАТУНОВ¹⁾, К. А. БОРОДИНА¹⁾¹⁾Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия²⁾Институт археологии РАН, ул. Дмитрия Ульянова, 19, 117292, г. Москва, Россия³⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Представлены результаты изучения отложений нового разреза болота Шкреды на ключевом участке в пределах Национального парка «Себежский». Ключевой участок представляет собой типичные для Себежского Поозерья геосистемы. Реконструированы эволюция растительного покрова и периодичность лесных пожаров Себежского Поозерья, а также факторы, обуславливавшие смены растительного покрова и пожарных режимов в пределах ключевого участка. Аналогичные исследования для изучаемой территории ранее не проводились. В основе реконструкции лежат данные анализа физико-химических свойств болотных отложений (анализ потерь при прокаливании и гумификации, спорово-пыльцевой и антракологический анализ, ботанический анализ торфа). Относительно небольшой размер выбранного для исследования болота обусловлен индикаторной способностью малых болот отражать локальные смены растительного покрова из-за аккумуляции пыльцы и макрокопических частиц с территории радиусом 1,5–2,5 км от края болота. На основании изменений в составе спектров выделено восемь пыльцевых зон, объединенных в три фазы развития растительности. Данные фазы коррелируют с результатами анализа концентрации макрокопических частиц угля, потерь при прокаливании, оптической плотности, а также с результатами кластерного анализа. Выделенные фазы эволюции растительного покрова соотносятся с изменениями активности лесных пожаров. Фаза I отличается преобладанием хвойно-широколиственных лесов с участием березы и частыми лесными пожарами, обусловленными в первую очередь теплыми и сухими климатическими условиями. Фаза II характеризуется распространением хвойно-широколиственных лесов с участием термофильных

Образец цитирования:

Куприянов ДА, Писарчук НМ, Шатунов АЕ, Бородина КА. Реконструкция эволюции растительного покрова и периодичности лесных пожаров Себежского Поозерья. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:71–82.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-71-82>

For citation:

Kupriyanov DA, Pisarchuk NM, Shatunov AE, Borodina KA. Reconstruction of the evolution of the vegetation cover and the frequency of forest fires of the Sebez Poozerie. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023; 1:71–82. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-71-82>

Авторы:

Дмитрий Александрович Куприянов – инженер кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета¹⁾, младший научный сотрудник лаборатории контекстуальной антропологии²⁾.

Наталья Михайловна Писарчук – старший преподаватель кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики.

Антон Евгеньевич Шатунов – магистрант кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета. Научный руководитель – Д. А. Куприянов.

Ксения Андреевна Бородина – магистрант кафедры физической географии и ландшафтоведения географического факультета. Научный руководитель – Д. А. Куприянов.

Authors:

Dmitry A. Kupriyanov, engineer at the department of physical geography and landscape studies, faculty of geography^a, and junior researcher at the laboratory of contextual anthropology^b.

dmitriykupriyanov1994@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1441-4039>

Natalia M. Pisarchuk, senior lecturer at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics.

pisarchuk@bsu.by

<https://orcid.org/0000-0003-3747-9628>

Anton E. Shatunov, master's degree student at the department of physical geography and landscape studies, faculty of geography.

toxavilli@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7660-6944>

Ksenia A. Borodina, master's degree student at the department of physical geography and landscape studies, faculty of geography.

karina2180@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6962-5701>

элементов при минимальном воздействии пирогенного фактора в условиях более влажного климата. Фаза III выделяется господством березово-сосновых лесов и активным развитием процессов заболачивания с участием лесных пожаров. Трансформация растительного покрова в фазе III была вызвана как климатическими причинами, так и антропогенным воздействием, а лесные пожары имели смешанный генезис в условиях начала активного преобразования природной среды человеком.

Ключевые слова: спорово-пыльцевой анализ; антракологический анализ; гумификация торфа; потери при прокаливании; болотные отложения; изменения климата; трансформация растительного покрова; лесные пожары.

Благодарность. Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта 20-55-04003 и Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта X21PM-043.

RECONSTRUCTION OF THE EVOLUTION OF THE VEGETATION COVER AND THE FREQUENCY OF FOREST FIRES OF THE SEBEZH POOZERIE

D. A. KUPRIYANOV^{a,b}, N. M. PISARCHUK^c, A. E. SHATUNOV^a, K. A. BORODINA^a

^aLomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

^bInstitute of Archeology, Russian Academy of Sciences,
19 Dmitriia Ulianova Street, Moscow 117292, Russia

^cBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: N. M. Pisarchuk (pisarchuk@bsu.by)

The results of the study of sediments of the new section of the Shkredy Bog in the key area within the National Park «Sebezhsky» are presented. This key area represents typical geosystems for the Sebezhs Poozerie. The evolution of the vegetation cover and the frequency of forest fires in the Sebezhs Poozerie, as well as the factors that caused changes in the vegetation cover and fire regimes within the key area, were reconstructed. Similar studies have not been conducted for the studied area before. The reconstruction is based on the data of analysing the physico-chemical properties of bog sediments (loss on ignition and humification analysis, spore-pollen and anthracological analysis, botanical analysis of peat). The relatively small size of the bog chosen for the study is due to the indicator ability of small bogs to reflect local changes in vegetation cover due to the accumulation of pollen and macroscopic charcoal particles from the territory with a radius of 1.5–2.5 km from the edge of the bog. Based on the changes in the composition of the pollen spectra, eight pollen zones were identified, united into three phases of vegetation development. These phases are correlated with the results of the analysis of macrocharcoal particles, loss on ignition, optical density, and are also supported by cluster analysis. The identified phases of vegetation cover evolution are correlated with changes in forest fire activity. Phase I is characterised by the predominance of coniferous-broadleaf forests with significant birch participation and frequent forest fires caused primarily by warm and dry climatic conditions. Phase II is characterised by the spread of coniferous-broadleaf forests with significant participation of thermophilic species with minimal the impact of the pyrogenic factor in a wetter climate. Phase III is characterised by the dominance of birch-pine forests and the active development of waterlogging processes with the significant participation of forest fires. The transformation of vegetation cover in phase III is caused by both climatic causes and anthropogenic impact, and forest fires had a mixed genesis in the conditions of the beginning of the active transformation of the natural environment by human impact.

Keywords: spore-pollen analysis; anthropological analysis; peat humification; loss of ignition; peat bogs; climate change; vegetation history; forest fires.

Acknowledgements. The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research within the framework of the project 20-55-04003 and Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research within the framework of the project X21PM-043.

Введение

Болотные комплексы, наряду с озерными отложениями, выступают в качестве одного из важнейших палеоархивов природной среды. За счет специфических анаэробных условий в торфяной залежи не только накапливаются остатки растений-торфообразователей, но и сохраняется материал, поступающий с окружающей болото территории (споры и пыльца растений, древесный уголь и различные неорганические вещества). Исследования стратиграфии болотных комплексов способствуют реконструкции процессов, происходивших на прилегающей к болоту территории, а сопоставление разнонаправленных видов ана-

лиза болотных отложений позволяет с высокой долей вероятности идентифицировать эти процессы. В условиях современных глобальных климатических изменений и возрастающего антропогенного пресса на экосистемы особую актуальность приобретает изучение процессов трансформации окружающей среды в прошлом. Интерес представляет установление роли климатического и антропогенного факторов, а также фактора лесных пожаров в трансформации экосистем. Анализ факторов изменчивости этих процессов в прошлом и механизмов их воздействия на болотные комплексы приобретает все большее значение в контексте охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Одним из важнейших методов реконструкции истории окружающей среды по данным изучения болотных отложений является спорово-пыльцевой анализ, который способствует восстановлению хронологии процесса смены растительного покрова в пределах прилегающей к исследуемому палеоархиву территории. Антракологический анализ (анализ концентрации макроскопических частиц угля в торфяной залежи) позволяет выявить периоды воздействия лесных пожаров на изучаемый ландшафт [1], а визуальный анализ прослоев угля в торфе дает возможность установить периоды, когда лесной пожар затронул не только прилегающее к болоту пространство, но и само болото [2; 3]. Показатель гумификации торфа, в свою очередь, выступает в качестве надежного индикатора климатических условий на момент формирования торфяной залежи [4].

Основная цель данного исследования – выявление взаимосвязи между эволюцией растительного покрова и периодичностью лесных пожаров в Себежском Поозерье. В качестве модельного объекта выбрано болото Шкреды, расположенное в пределах Себежского Поозерья на территории Национального парка «Себежский» (Псковская область, Россия). Территория, окружающая болотный комплекс, характеризуется песчаной литогенной основой, что способствует высокой чувствительности растительного покрова к различным нарушениям (в первую очередь к лесным пожарам) за счет влияния на него эдафического фактора [5], а расположение на границе озерной террасы и озовой гряды содействует аккумуляции разнокачественного материала в торфяной залежи.

Материалы и методы исследования

Территория исследования. Изучаемая территория расположена в пределах Национального парка «Себежский». С физико-географической точки зрения она относится к Белорусско-Валдайскому Поозерью и в соответствии со схемой физико-географического районирования [6] располагается на стыке Прибалтийской и Северо-Белорусской ландшафтных провинций лесной области Восточно-Европейской равнины. Согласно схеме ландшафтного районирования А. Г. Исаченко [7] представленная территория находится в зоне бореальных ландшафтов, переходных к суббореальным ландшафтам, на стыке низменных озерно-ледниковых песчаных и супесчаных равнин с холмисто-моренными возвышенностями в области валдайского оледенения. По данным автоматической метеостанции Национального парка «Себежский», территория характеризуется умеренным, умеренно континентальным климатом. Среднегодовая температура воздуха равняется +4,5 °С. В июле средняя температура составляет +17 °С, а в январе она достигает –8 °С. Осадков выпадает 600–700 мм в год. Рельеф территории сформировался во время отхода валдайского ледника от краевых образований вепсовской стадии к крестецкой. Он характеризуется как волнисто-котловинный, осложненный отдельными моренными холмами, камами и озами [8]. В качестве литогенной основы преобладают водно-ледниковые пески с гравием и галькой, моренные суглинки с прослоями песка и щебня [9]. Заболоченность является относительно небольшой и для территории национального парка составляет около 8 %.

Болото Шкреды (рис. 1) расположено на террасе оз. Нечерица, относящегося к бассейну р. Западной Двины, на стыке флювиогляциальной и озерно-ледниковой равнин с преобладанием песков в качестве литогенной основы. В растительном покрове доминируют сосняки-зеленомошники, характерные для подобных ландшафтов [10]. Однако в целом степень разнообразия растительного покрова является относительно высокой: для территории Национального парка «Себежский» описано 860 видов высших сосудистых растений [11].

Изученный комплекс представляет собой типичное мезотрофное болото овальной формы площадью 2,4 га. Относительно небольшой размер выбранного для исследования болота обусловлен индикаторной способностью малых болот отражать локальные смены растительного покрова из-за аккумуляции пыльцы и макроскопических частиц с территории радиусом 1,5–2,5 км от края болота [12; 13]. Аналогичная ситуация характерна и для области поступления макроскопических частиц угля [1].

Древесный ярус растительного покрова изучаемого болота представлен видом *Pinus sylvestris* L. с незначительным участием вида *Betula pubescens* Ehrh. Кустарничковый ярус образован видами *Ledum palustre* L. и *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. В травяном ярусе преобладает вид *Eriophorum vaginatum* L. Большая часть болота покрыта мхами рода *Sphagnum*.

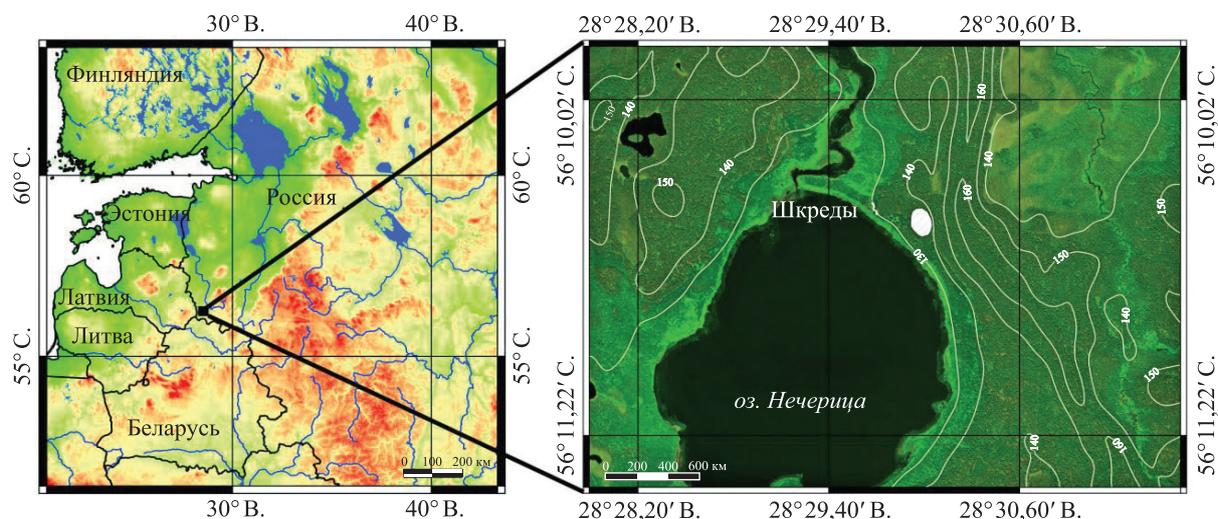


Рис. 1. Расположение болота Шкреды.

Использован космический снимок съемочной системы *GeoEye-1* с пространственным разрешением 1,65 м. Горизонтالي сформированы на основе цифровой модели рельефа SRTM и проведены через каждые 10 м

Fig. 1. Location of Shkredy Bog.

A satellite image of the *GeoEye-1* survey system with a spatial resolution of 1.65 m was used. The contour lines were formed on the basis of the SRTM digital elevation model and were drawn every 10 m

Отбор образцов был произведен в ходе полевых работ, которые проводились в августе 2020 г. Образцы отбирались в точке с максимальной мощностью торфяных отложений (56° 10' 46,17" с. ш., 28° 29' 50,80" в. д.). Бурение осуществлялось торфяным буром Сукачёва Peat Sampler (*Eijkelkamp*, Нидерланды) с диаметром пробоотборника 5 см и длиной 50 см, позволяющим отбирать керны ненарушенного торфа и других отложений до глубины более 10 м.

В результате бурения были вскрыты в общей сложности 520 см отложений, из которых верхние 335 см представлены торфом, подстилаемым 180 см озерных отложений (гиттия). Нижние 5 см отобранной колонки представляют собой органоминеральную смесь со значительным содержанием средне- и крупнозернистого песка флювиогляциального или озерного происхождения. Непосредственно в ходе полевых работ определен предварительный ботанический состав торфяной залежи и проведена фотофиксация угольных прослоев в торфе.

Полученные керны болотных отложений и гиттии были разрезаны через каждые 5 см для анализа потерь при прокаливании и гумификации торфа и через каждый 1 см для анализа концентрации макроскопических частиц угля. Также равномерно из полученной колонки для спорово-пыльцевого анализа были отобраны образцы торфа и гиттии. Для анализа ботанического состава торфа образцы отбирались через каждые 15 см.

Спорово-пыльцевой анализ. Основным методом при изучении болотных отложений являлся спорово-пыльцевой анализ. Спорово-пыльцевые препараты были получены из 26 образцов объемом 2 см³, отобранных через каждые 5–6 см. Лабораторная обработка образцов проводилась по стандартной методике [14] на кафедре физической географии и ландшафтоведения географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Определение пыльцы и спор по разрезу происходило на кафедре физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и выполнялось под микроскопом «Микмед-1» (АО «ЛОМО», Россия) с применением цифровой видеокамеры M35 Base (*Levenhuk*, США). Для определения пыльцевых зерен использовались атласы и пособия Л. А. Куприяновой и других исследователей [15–17] и монография Я. К. Еловичевой [18]. Количество спорово-пыльцевого материала в препарате составляло не менее 500 зерен. Процентное содержание пыльцы рассчитывалось от общей суммы пыльцы древесных, кустарниковых, кустарничковых растений (AP), травянистых, водно-болотных растений (NAP) и спорных растений (Spores):

$$AP + NAP + Spores = 100.$$

Обработка данных и построение спорово-пыльцевой диаграммы выполнялись с помощью пакета *rioja* в программной среде *R* [19].

Анализ концентрации макроскопических частиц угля. Реконструкции истории лесных пожаров на локальном уровне основаны на анализе концентрации частиц древесного угля и карбонизированных остатков трав, листьев и иголок хвойных деревьев, имеющих линейные размеры более 100–200 мкм,

в озерных и болотных отложениях [1; 20]. Концентрация частиц угля именно такой размерности становится индикатором лесных пожаров, происшедших на расстоянии до 20 км (с максимальной релевантностью до 2–3 км) от изучаемого палеоархива [1]. Механизм поступления макроскопических частиц угля в природный палеоархив схож с механизмом аккумуляции пылицы и спор. Он основан на переносе и выпадении частиц из атмосферы в результате конвективных атмосферных процессов, происходящих в момент теплового воздействия лесных пожаров [21].

Следует сказать, что анализ концентрации макроскопических частиц угля в торфах и озерных отложениях базировался на стандартной методике [22]. Свежий образец объемом 1 см³ отбеливался в 100–120 мл водного раствора NaOCl 10 % концентрации в течение 1 сут и более. Материал органического происхождения отбеливался, но растительные остатки, подвергшиеся воздействию огня и высоких температур, сохраняли свой цвет. Также отбеливанию подвергалась большая часть неорганического материала. В дальнейшем образец промывался дистиллированной водой через сито с размером ячеек 125 мкм и изучался в чашке Петри под бинокляром SMZ-171 (*Motic*, Китай) при увеличении в 25–40 раз.

Анализ потерь при прокаливании. Анализ потерь при прокаливании показывает долю сгоревшей органической массы от общей изначальной массы образца. Данный метод выступает в качестве индикатора нарушения напочвенного покрова территории, окружающей озерную или болотную котловину, последующего смыва или ветрового переноса неорганического вещества в торфяник [23]. Нарушения напочвенного покрова могут быть вызваны сильными лесными пожарами или распашкой, что вынуждает интерпретировать результаты применения данного метода только при условии использования других палеоэкологических методов. Данный вид анализа выполнялся по стандартной методике [24] со сжиганием образцов в керамических тиглях в муфельной печи при температуре 550 °С в течение 5 ч.

Ботанический анализ и анализ гумификации торфа. Ботанический анализ макроостатков в торфе проводился с помощью микроскопа Leica M80 (*Leica Microsystems*, Швейцария) с увеличением в 40–50 раз. Определение таксономической принадлежности растительных остатков осуществлялось по атласам [25; 26]. Виды торфа указывались по классификации Тюремнова [27]. В полевых условиях в процессе бурения была определена степень разложения торфа по шкале фон Поста [28].

Анализ гумификации торфа служит дополнительным показателем степени разложения торфяной массы. В свою очередь, степень разложения торфа отражает климатический сигнал в виде изменения гидрологического режима в верхнем слое торфяной залежи [4]. Данный показатель зависит от гидрологических условий болота в период торфонакопления и напрямую коррелирует с климатическими условиями: чем суше и теплее климат, тем меньше влаги содержится в торфяной толще и тем слабее проявляются анаэробные свойства торфа. Это способствует увеличению степени разложения торфа и, соответственно, его гумификации [29]. Определение значений данного показателя производилось по стандартной методике [23] и было основано на количественном подсчете способности экстрагированных раствором NaOH гуминовых кислот пропускать световой поток. Образец торфа высушивался при температуре 50 °С, из него отбиралась навеска 0,2 г и размельчалась в агатовой ступке. Затем образец помещался в 8 % раствор NaOH объемом 100 мл и нагревался при температуре 50 °С в течение 1 ч. В дальнейшем раствор разбавлялся дистиллированной водой до объема 200 мл и фильтровался через бумажный фильтр Whatman No. 1 (*Whatman*, Великобритания). Получившийся фильтрат измерялся с помощью спектрофотометра КФК-3-01 (ОАО «ЗОМЗ», Россия) с длиной волны 540 нм. При измерении использовался средний показатель оптической плотности потока при трехкратной повторности измерения. Для достоверного сопоставления образцов с низким содержанием органического вещества полученные значения были скорректированы в соответствии с результатами анализа потерь при прокаливании с помощью следующего соотношения:

$$D' = \frac{D}{LOI},$$

где D' – значения оптической плотности потока с учетом поправки на потери при прокаливании; D – значения оптической плотности потока; LOI – значения потерь при прокаливании. Для выделения трендов и минимизации ошибок измерения и пробоподготовки при выполнении анализа проводилось сглаживание графика с использованием статистической функции простой скользящей средней.

Результаты и их обсуждение

Сопоставление полученных результатов анализа свойств торфяной залежи с данными спорово-пыльцевого анализа позволяет выделить несколько этапов развития растительного покрова на территории, непосредственно прилегающей к изучаемому палеоархиву (рис. 2). На основании изменений в составе спектров выделено восемь пыльцевых зон.

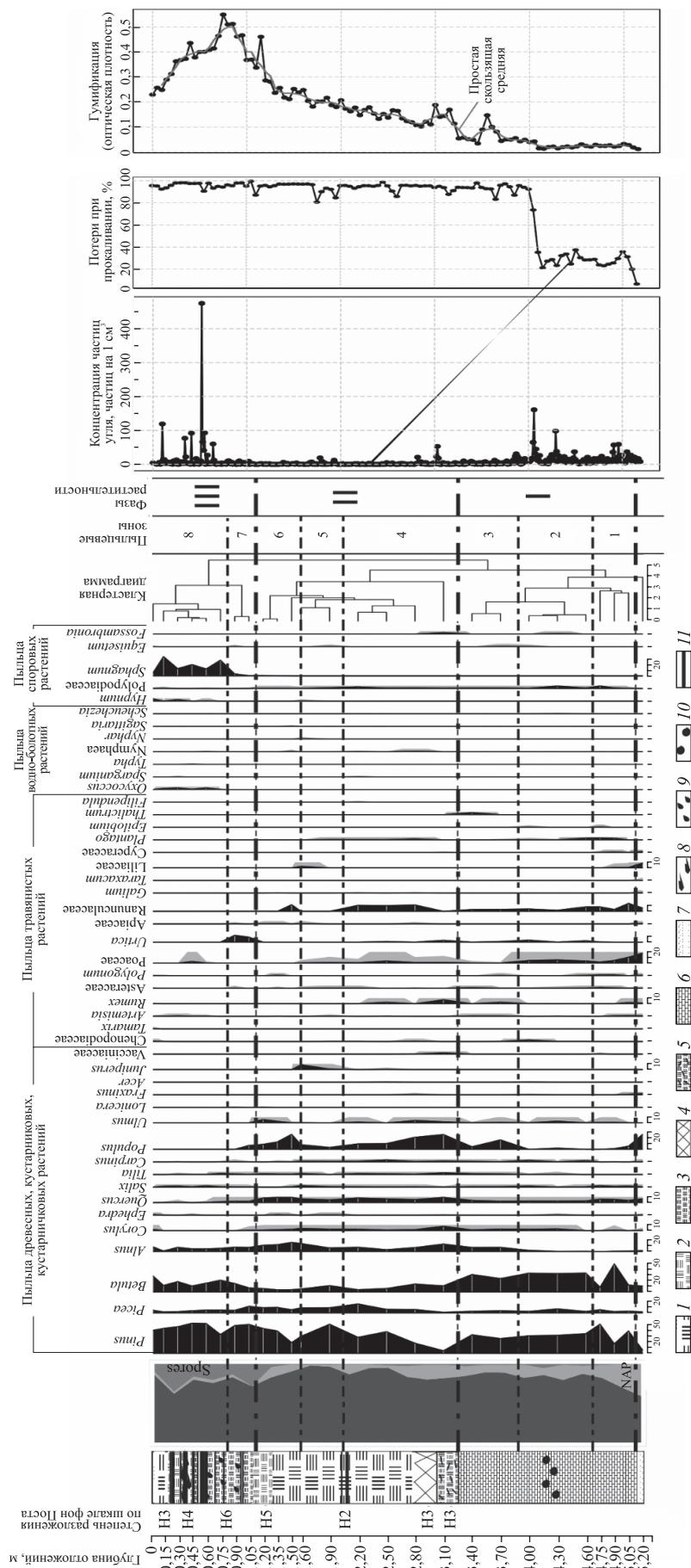


Рис. 2. Отложения болота Шкреды:

- 1 – сфагновый переходный торф; 2 – древесно-сфагновый переходный торф;
- 3 – травяно-сфагновый переходный торф; 4 – травяной (вейниково-осоковый) низинный торф;
- 5 – гипновый низинный торф; 6 – гиттия; 7 – песок; 8 – прослой древесины;
- 9 – включения остатков трав; 10 – включения раковин брюхоногих моллюсков;
- 11 – угольные прослой

Fig. 2. Sediments of the Shkredy Bog:

- 1 – sphagnum transitional peat; 2 – woody-sphagnum transitional peat;
- 3 – grass-sphagnum transitional peat; 4 – herbal (reed grass-sedge) lowland peat;
- 5 – hypnum lowland peat; 6 – gyttia; 7 – sand; 8 – interlayers of wood;
- 9 – inclusions of herb residues; 10 – inclusions of gastropod shells; 11 – coal layers

Пыльцевая зона 1 (5,20–4,65 м) характеризуется высоким содержанием пыльцы травянистых растений (до 40 %). Среди NAP господствует пыльца представителей семейств Ranunculaceae (20 %) и Poaceae (18 %), присутствует пыльца растений родов *Polygonum*, *Rumex* и *Artemisia*, а также семейства Сурегасеae. Доля пыльцы древесных пород составляет 60 %, причем преобладает пыльца представителей рода *Betula* (50 %). Из деревьев встречается пыльца растений родов *Quercus* и *Populus*, из кустарников – пыльца представителей родов *Corylus* и *Salix*, из спор – пыльца растений семейства Polypodiaceae. Отложения образованы гиттией, характеризующейся потерями при прокаливании в диапазоне от 5 % на глубинах 5,15–5,20 м до 22–38 % в вышележащих горизонтах, что говорит о преобладании неорганического вещества в составе отложений. Значения гумификации (оптической плотности потока) также очень малы, они колеблются от 0,01 до 0,03 ед. Концентрация макроскопических частиц угля находится в диапазоне от 8 до 57 частиц на 1 см³ (при средних значениях 15 частиц на 1 см³) с ярко выраженными пиками на глубинах 4,96 и 4,91 м. Однако при визуальном анализе прослой угля не были выделены.

В пылевой зоне 2 (4,65–3,90 м) доля древесных пород увеличивается до 85 %. Значительно чаще встречается пыльца растений родов *Pinus* (40 %) и *Betula* (30 %). Относительно предыдущей зоны немного снижается содержание пыльцы представителей рода *Quercus* при увеличении доли пыльцы растений рода *Corylus* и появлении пыльцы представителей родов *Carpinus* и *Ulmus*. Содержание пыльцы перечисленных широколиственных древесных растений не превышает 15 %. Среди трав снижается доля пыльцы представителей семейств Poaceae (до 10 %) и Ranunculaceae (до 7 %), появляется пыльца растений семейства Chenopodiaceae. Из спор встречается пыльца представителей семейства Polypodiaceae (прежний уровень концентрации относительно предыдущей зоны) и рода *Fossambroia*. Отложения образованы гиттией, при этом анализ потерь при прокаливании показал стремительный рост значений (с 21 до 92–96 %) в верхней части зоны. Это свидетельствует о резкой смене седиментационных условий (вероятно, о переходе от открытого озерного водоема к закрытому небольшому озеру болотного типа), сопровождавшейся сокращением числа поступающего неорганического материала и резким увеличением количества привносимых органических веществ. Значения гумификации остаются аналогичными показателям оптической плотности потока в предыдущей зоне. Значения средней концентрации макроскопических частиц угля также являются схожими с соответствующими показателями в предыдущей зоне (16 частиц на 1 см³), при этом наблюдаются ярко выраженные пики концентрации макроскопических частиц угля на глубинах 4,29 и 4,05–4,07 м со значениями до 98 и 161 частицы на 1 см³ соответственно. Второй пик концентрации совпадает во времени со сменой седиментационных условий.

Пыльцевая зона 3 (3,90–3,25 м) отличается возрастанием доли древесных растений (до 90 %) за счет появления пыльцы представителей родов *Alnus* и *Populus* (по 20 %). Содержание пыльцы растений рода *Pinus* составляет 35 %, рода *Picea* – 5 %, что меньше, чем в предыдущих зонах. Доля пыльцы представителей родов *Quercus* и *Corylus* находится на уровне пылевой зоны 2. В составе трав появляется пыльца растений рода *Thalictrum*, которая не была зафиксирована в других зонах. Среди выделенных пылевых зон здесь содержание спор является минимальным и не превышает 5 %. Отложения также представлены органической гиттией. Средние значения концентрации макроскопических частиц угля снижаются до 4 частиц на 1 см³. Значения гумификации несколько возрастают и колеблются в диапазоне от 0,02 до 0,15 ед. с минимальными значениями на глубине 3,45 м и максимальными значениями на глубине 3,55 м. Значения потерь при прокаливании остаются стабильно высокими и варьируются в диапазоне от 83 % на глубине 3,85 м до 97 % на глубине 3,75 м. В целом отдельные понижения потерь при прокаливании (ниже 90 %) соответствуют резкому увеличению концентрации макроскопических частиц угля (в 2–3 раза) относительно средних значений.

В пылевой зоне 4 (3,25–2,0 м) снижается содержание пыльцы растений рода *Betula* (до 10 %), возрастает концентрация пыльцы представителей родов *Picea* (до 20 % в верхней части зоны), *Quercus* (10 %), *Populus* (30 %, первый пик концентрации), *Ulmus* (9 %, первый пик концентрации) и *Carpinus*, а также появляется пыльца растений рода *Tilia* и семейства Vacciniaceae. Для зоны характерно устойчивое высокое содержание пыльцы представителей семейства Ranunculaceae (10 %). Из сопутствующей пыльцы трав встречается пыльца растений семейства Poaceae, родов *Rumex*, *Urtica* и *Plantago*. Появляется пыльца водно-болотных растений родов *Nymphaea* и *Sparganium*. Среди спор в начале зоны отмечается незначительное содержание пыльцы представителей рода *Fossambroia*, которая к концу зоны выпадает из спектра и уступает место пыльце представителей семейства Polypodiaceae. В нижней части зоны отложения образованы гипновыми и травяными низинными торфами, сменяющимися переходными сфагновыми торфами. Средняя концентрация макроскопических частиц угля снижается до 2 частиц на 1 см³ с резким увеличением до 53 частиц на 1 см³ на глубинах 3,02–3,05 м и до 21 частицы на 1 см³ на глубине 2,82 м. Угольные прослойки визуально не выделены. Значения потерь при прокаливании остаются стабильно высокими (от 94 до 98 %) с незначительным спадом (до 84 %) на глубинах 2,60–2,65 м. Значения гумификации по-прежнему являются низкими и колеблются в пределах 0,1–0,2 ед. с четким плавным трендом на повышение. Отмечается связь между отдельными значениями

гумификации и показателями концентрации макроскопических частиц угля, но при этом аналогичной связи с результатами анализа потерь при прокаливании не наблюдается.

В пылевой зоне 5 (2,0–1,55 м) содержится максимальное количество пыльцы растений рода *Pinus* (55 %), а также встречается пыльца представителей рода *Juniperus*, уникальная для выделенной зоны, при прежних уровнях содержания пыльцы широколиственных и мелколиственных древесных растений. Относительно выше- и нижележащих зон данная зона характеризуется наличием пыльцы растений рода *Salix*. Среди NAP (минимальная концентрация по всему разрезу (3 %) из спектра выпадает пыльца отмеченных выше травянистых растений и появляется пыльца представителей семейства Liliaceae. Из спор присутствует пыльца растений семейства Polypodiaceae (прежние значения концентрации относительно предыдущей зоны), появляется пыльца представителей рода *Equisetum* (до 2 %). Как и в предыдущей зоне, отложения образованы сфагновыми переходными торфами. В данной палеозоне значения средней концентрации макроскопических частиц угля и потерь при прокаливании остаются на том же уровне с резкими увеличениями концентрации на глубинах 1,93 и 1,79 м, которым соответствуют видимые угольные прослои в торфе. Значения гумификации сохраняют плавный тренд на повышение (от 0,18 до 0,25 ед.). Также наблюдается корреляция между отдельными резкими увеличениями содержания макроскопических частиц угля и снижениями значений потерь при прокаливании и гумификации.

В пылевой зоне 6 (1,55–1,10 м) снижается содержание пыльцы растений рода *Pinus* (до 45 %), сохраняются прежние значения концентрации пыльцы представителей родов *Picea* и *Betula*, возрастает доля пыльцы растений родов *Alnus* и *Quercus*, наблюдаются вторые пики содержания пыльцы представителей родов *Populus* и *Ulmus*, появляется пыльца растений рода *Ephedra*, а также сокращается концентрация пыльцы представителей рода *Corylus*. Пыльцы травянистых растений, в основном растений семейства Ranunculaceae с участием представителей семейства Asteraceae и рода *Polygonum*, содержится до 25 %. Встречается пыльца водно-болотных растений родов *Nymphaea*, *Nyphar* и *Sagittaria*. Концентрация пыльцы спор является незначительной и увеличивается к концу зоны за счет присутствия пыльцы представителей семейства Polypodiaceae и появления в спектрах пыльцы растений рода *Sphagnum*. Отложения образованы сфагновыми и древесно-сфагновыми переходными торфами. Средняя концентрация макроскопических частиц угля падает до значения менее 1 частицы на 1 см³, отдельные пики концентрации не наблюдаются. Также не встречаются угольные прослои. Значения потерь при прокаливании находятся в диапазоне от 95 до 97 %, за исключением образца, извлеченного с глубин 1,10–1,15 м (значения потерь при прокаливании снижаются до 87 %). Значения гумификации увеличиваются от 0,21 до 0,46 ед. Глубина максимального значения совпадает с глубиной минимальных значений потерь при прокаливании.

Пыльцевая зона 7 (1,10–0,80 м) отличается резкой сменой общего состава: концентрация AP составляет 70 %, NAP – 2 %, Spores – 28 %. Из древесных растений высокие значения имеет пыльца представителей рода *Pinus* (до 50 %), тогда как содержание пыльцы растений рода *Alnus* снижается до 7 %, представителей родов *Picea* и *Populus* – до 5 % и растений рода *Quercus* – до 2 %, выпадает из спектра пыльца представителей рода *Ulmus*. Среди NAP пика достигает доля пыльцы растений рода *Urtica*. Среди спор плавно возрастает содержание пыльцы представителей рода *Sphagnum* (до 15 %). Отложения образованы древесно-сфагновыми и травяно-сфагновыми переходными торфами. Средняя концентрация макроскопических частиц угля возрастает до 3 частиц на 1 см³, но значения потерь при прокаливании остаются высокими (96–99 %), что соответствует торфам верхового типа. Отдельные резкие увеличения концентрации макроскопических частиц угля до 10 частиц на 1 см³ коррелируют с визуально различимыми угольными прослоями. Показатели гумификации достигают максимальных значений для всей литологической колонки (0,36–0,51 ед.), что говорит о высокой степени разложения торфяной массы.

Пыльцевая зона 8 (0,80–0 м) соответствует верхней части разреза. Для нее характерно возрастание концентрации пыльцы спор (до 35 %), преимущественно рода *Sphagnum*. В верхней части зоны появляется пыльца представителей рода *Hypnum*. Концентрация пыльцы растений рода *Betula* возрастает до 20 %, тогда как содержание пыльцы представителей рода *Picea* снижается до 3 %. Вновь появляется пыльца растений рода *Salix*. Из травянистых растений встречается пыльца представителей семейства Poaceae и рода *Artemisia*, а в верхней части зоны – пыльца растений семейства Chenopodiaceae и рода *Polygonum*. На протяжении всей зоны присутствует пыльца представителей рода *Oxycoccus* (до 4 %). Отложения также образованы сфагновыми торфами. Средние значения концентрации макроскопических частиц угля в торфе резко возрастают до 18 частиц на 1 см³, при этом отмечаются значительные пики концентрации на глубинах 0,65; 0,52–0,56; 0,42; 0,35 и 0,10–0,12 м, которым соответствуют визуально видимые прослои угля в торфе. Значения потерь при прокаливании колеблются в диапазоне от 90 до 98 %, но отдельные понижения значений в целом коррелируют с самыми значительными пиками концентрации макроскопических частиц угля. Это говорит о том, что зафиксированный поток выпавшего на поверхность торфяника угля сопровождался синхронным привнесением в болотную котловину неорганического вещества в результате пожаров в непосредственной близости от болота.

Согласно полученным результатам в спорово-пыльцевых спектрах изученного разреза преобладает пыльца деревьев и кустарников (60–98 %), в основном родов *Pinus*, *Picea*, *Betula*, *Alnus* и *Populus*. Пыльца широколиственных древесных растений родов *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus* и *Carpinus* присутствует в небольшом количестве (3–10 %), преимущественно в центральной части разреза. Концентрация травянистых растений достигает наибольших значений в нижней части разреза (до 30 %). Основными из них являются представители семейств *Roaceae*, *Ranunculaceae* и *Chenopodiaceae*, а также родов *Urtica*, *Rumex*, *Polygonum* и др. Среди спор главным образом в верхней части разреза (до 35 %) широко распространена пыльца растений семейства *Polypodiaceae* и родов *Sphagnum*, *Hypnum*.

Выделенные пыльцевые зоны соответствуют трем фазам развития растительности (см. рис. 2). Фаза I характеризуется преобладанием хвойно-широколиственных лесов с участием березы в древостое. Высокая концентрация макроскопических частиц угля (и сопутствующие им колебания значений потерь при прокаливании) в отложениях фазы свидетельствует о большой роли лесных пожаров в формировании растительных сообществ. Вероятно, именно обилие лесных пожаров могло способствовать участию березы в древостоях. При стратиграфии отложений аналогичные фазы развития растительности были зафиксированы в разрезах «Освея», «Лозовики» [30] и «Межужол» [31] на севере Беларуси, «Старосельский мох» на юге Валдайской возвышенности [32], «Кокоревское» в пределах Полистово-Ловатской болотной системы [33], а также (но с несколько меньшим участием широколиственных пород) на юго-востоке Латвии [34]. Аналогичная корреляция между содержанием пыльцевых спектров и концентрацией макроскопических частиц угля в отложениях выявлена в разрезе «Кривецкий мох» на северо-западе Валдайской возвышенности [35].

В фазе II по-прежнему сохранялись хвойно-широколиственные леса с более значительным участием термофильных элементов в составе древесного яруса. Показатели концентрации макроскопических частиц угля и потерь при прокаливании свидетельствуют о том, что пирогенное воздействие на экосистемы было эпизодическим и не приводило к коренным сменам растительных сообществ. Вместе с тем показатель гумификации указывает на низкую степень разложения торфа. Это является косвенным индикатором относительно влажных климатических условий, которые благоприятствуют участию термофильных элементов в составе растительных сообществ и не способствуют возникновению лесных пожаров. Также о влажных условиях свидетельствует появление в спектрах пыльцы водно-болотных растений, что может говорить об увеличении обводненности территории. Усиление роли широколиственных пород в составе древостоя характерно практически для всех разрезов изучаемого региона в пределах временного интервала 9000–7500 календарных лет назад и примыкающих к нему районов [30–34]. Почти идентичная корреляция палинологических данных с низкими показателями концентрации макроскопических частиц в торфе и гумификации зафиксирована в разрезе «Кривецкий мох» на северо-западе Валдайской возвышенности [35].

Фаза III характеризуется преобладанием березово-сосновых лесов с повсеместным развитием процессов заболачивания лесных геосистем, о чем свидетельствует появление в спектрах пыльцы растений рода *Sphagnum* в больших количествах. На протяжении всей фазы характерными были частые лесные пожары, сопровождающиеся незначительным притоком неорганического вещества в болотную котловину. Анализ гумификации торфа свидетельствует о том, что относительно сухие климатические условия были свойственны в первую очередь первым двум третьим фазы, а для последней трети фазы климатические условия отличались меньшей тепло- и влагообеспеченностью (вероятно, данный этап соответствует малому ледниковому периоду [32; 36]). Вместе с тем активность лесных пожаров сохранялась на том же уровне, что косвенно говорит о высокой пирогенной активности в экосистемах. Это объясняется как естественным климатическим фактором, так и антропогенным прессом. В целом такая ситуация характерна для большинства ландшафтов с песчаной литогенной основой (как более чувствительных к пожарам) центральной части Восточно-Европейской равнины [37; 38]. Аналогичная картина синхронного снижения доли пыльцы растений рода *Picea* и увеличения содержания пыльцы представителей рода *Betula* в пыльцевых спектрах отмечена и для болота Освея [30]. Эта смена интерпретируется как иссушение климата. В случае разреза «Шкреды» данный факт подтверждается результатами анализа гумификации торфа, где показан резкий рост степени разложения торфа, вызванного, вероятно, снижением уровня болотных вод.

Косвенно об этом свидетельствует усиление роли пыльцы антропогенных индикаторов [39] (роды *Artemisia*, *Urtica*, *Rumex*, семейство *Roaceae*). В целом схожие процессы трансформации растительного покрова и появления пыльцы антропогенных индикаторов выявлены практически во всех разрезах изучаемого региона и прилегающих к нему районов [30–34], в том числе не только по палинологическим данным, но и по данным гумификации и антракологического анализа [35].

Отдельно стоит обратить внимание на корреляцию визуально отмеченных угольных прослоев с результатами анализа макроскопических частиц угля. Отмеченные в торфяной залежи угольные прослои в целом совпадают с пиками концентрации макроскопических частиц угля, однако мощность угольного

прослоя в большинстве случаев не коррелирует с абсолютными значениями концентрации макроскопических частиц угля. В нижней части литологической колонки, представленной озерными отложениями (гиттией), угольные прослои визуально не выделены, но антракологический анализ показывает значительные концентрации макроскопических частиц угля, что еще раз подтверждает ненадежность метода визуальной фиксации угольных прослоев [40].

Заключение

Проведенные исследования показали, что периодичность лесных пожаров и эволюция растительного покрова на территории Себежского Поозерья взаимосвязаны. Выделены три фазы развития растительности. Фаза I отличается преобладанием хвойно-широколиственных лесов с участием березы и частыми лесными пожарами, обусловленными естественными причинами. Фаза II характеризуется распространением хвойно-широколиственных лесов с присутствием термофильных элементов при минимальном воздействии пирогенного фактора. Фаза III выделяется господством березово-сосновых лесов и развитием процессов заболачивания с участием лесных пожаров. Трансформация растительного покрова в фазе III была вызвана как климатическими причинами, так и антропогенным воздействием, а лесные пожары имели смешанный генезис.

Библиографические ссылки

1. Conedera M, Tinner W, Neff C, Meurer M, Dickens AF, Krebs P. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*. 2009;28(5):555–576. DOI: 10.1016/j.quascirev.2008.11.005.
2. Pitänen A, Tolonen K, Jungner H. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from peat strata. *The Holocene*. 2001;11(5):599–605. DOI: 10.1191/095968301680223558.
3. Громцев АН. *Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России*. Петрозаводск: Карельский научный центр Российской академии наук; 2008. 226 с.
4. Chambers FM, Booth RK, de Vleeschouwer F, Lamentowicz M, le Roux G, Mauquoy D, et al. Development and refinement proxy-climate indicators from peats. *Quaternary International*. 2012;268:21–33. DOI: 10.1016/j.quaint.2011.04.039.
5. Фуряев ВВ. *Роль пожаров в процессе лесообразования*. Курбатский НП, Бузыккин АИ, редакторы. Новосибирск: Наука; 1996. 251 с.
6. Гвоздецкий НА, редактор. *Физико-географическое районирование СССР*. Москва: Издательство Московского университета; 1968. 576 с.
7. Исаченко АГ. *Ландшафты СССР*. Ленинград: Издательство Ленинградского университета; 1985. 320 с.
8. Матвеев АВ, редактор. *Палеогеография кайнозоя Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2002. 228 с.
9. Гембель АВ, Машкова ГВ, Никитин НД. *Природа районов Псковской области*. Маляревский ВК, редактор. Ленинград: [б. и.]; 1971. 406 с.
10. Иванов ИА, Спасов ВП, Иванов АИ. *Почвы Псковской области и их сельскохозяйственное использование*. Великие Луки: [б. и.]; 1998. 272 с.
11. Конечная ГЮ. Видовой список сосудистых растений. Национальный парк «Себежский». В: Мусатов ВЮ, Фетисов СА, редакторы. *Псковские особо охраняемые природные территории федерального значения. Выпуск 1*. Псков: Издательство Псковского областного центра народного творчества; 2005. с. 244–264.
12. Prentice IC. Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*. 1985;23(1):76–86. DOI: 10.1016/0033-5894(85)90073-0.
13. Sugita S. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation. *Holocene*. 2007;17(2):229–241. DOI: 10.1177/0959683607075837.
14. Гричук ВП. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа. В: Рихтер ГД, редактор. *Проблемы физической географии. Выпуск 8*. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1940. с. 53–58.
15. Куприянова ЛА, Алешина ЛА. *Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Том 1*. Ленинград: Наука; 1972. 170 с.
16. Куприянова ЛА, Алешина ЛА. *Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Том 2*. Ленинград: Наука; 1972. 183 с.
17. Бобров АЕ, Куприянова ЛА, Литвинцева МВ, Тарасевич ВФ. *Споры папоротникообразных и пыльца голоосеменных и однодольных растений флоры европейской части СССР*. Куприянова ЛА, редактор. Ленинград: Наука; 1983. 208 с.
18. Еловичева ЯК. *Растительные микрофоссилии плейстоцена и голоцена Беларуси*. Минск: БГУ; 2005. 282 с.
19. Juggins S. *Rioja: analysis of quaternary science data, R package version (0.9-15.1)* [Internet]. 2017 [2018 January 4]. 58 p. Available from: <https://cran.r-hub.io/web/packages/rioja/rioja.pdf>.
20. Whitlock C, Bartlein PJ. Holocene fire activity as a record of past environmental change. *Developments in Quaternary Science*. 2003;1:479–490. DOI: 10.1016/S1571-0866(03)01022-4.
21. Clear JL, Molinari C, Bradshaw RH. Holocene fire in Fennoscandia and Denmark. *International Journal of Wildland Fire*. 2014;23(6):781–789. DOI: 10.1071/WF13188.
22. Mooney S, Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*. 2011;7:1–18.
23. Chambers FM, Beilman DW, Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*. 2010;7:1–10.

24. Dean W. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sediment Research*. 1974;44:242–248. DOI: 10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D.
25. Кац НЯ, Кац СВ, Скобева ЕИ. *Атлас растительных остатков в торфах*. Москва: Недра; 1977. 371 с.
26. Домбровская ФВ, Коренева ММ, Тюремнов СН. *Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе*. Тюремнов СН, редактор. Москва: Госэнергиздат; 1959. 90 с.
27. Тюремнов СН. *Торфяные месторождения*. Оленин АС, редактор. Москва: Недра; 1976. 487 с.
28. von Post L. Sveriges Geologiska Unders öknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. *Svenska mosskulturföreningens tidskrift*. 1922;1:1–27.
29. Payne RJ, Blackford JJ. Peat humification and climate change: a multi-site comparison from mires in south-east Alaska. *Mires and Peat*. 2008;3:1–11.
30. Зерницкая ВП, Матвеев АВ, Ракович ВА, Колосов ИЛ. Позднеледниковая и голоценовая история развития Освейского водно-болотного комплекса на севере Беларуси. *Литасфера*. 2019;50:26–41.
31. Зерницкая ВП, Новенко ЕЮ. Реконструкция климата Беларуси в позднеледниковье и голоцене. *Наука и инновации*. 2016;9:21–24.
32. Новенко ЕЮ. *Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов*. Москва: Геос; 2016. 227 с.
33. Nosova MB, Novenko EY, Severova EE, Volkova OA. Vegetation and climate changes within and around the Polistovo-Lovatetskaya mire system (Pskov Oblast, north-western Russia) during the past 10,500 years. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2019;28(2):123–140. DOI: 10.1007/s00334-018-0693-8.
34. Heikkilä M, Seppä H. Holocene climate dynamics in Latvia, eastern Baltic region: a pollen-based summer temperature reconstruction and regional comparison. *Boreas*. 2010;39(4):705–719. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2010.00164.x.
35. Mazei Y, Tsyganov A, Bobrovsky M, Mazei N, Kupriyanov D, Gaika M, et al. Peatland development, vegetation history, climate change and human activity in Valdai Uplands (central European Russia) during the Holocene: a multi-proxy palaeoecological study. *Diversity*. 2020;12(12):462. DOI: 10.3390/d12120462.
36. Хотинский НА. *Голоцен Северной Евразии: опыт трансконтинентальной корреляции этапов развития растительности и климата*. Москва: Наука; 1977. 199 с.
37. Novenko E, Tsyganov A, Volkova E, Kupriyanov DA, Mironenko IV, Babeshko KV, et al. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: a case study from Meshchera Lowlands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016;459:570–584. DOI: 10.1016/J.PALAEO.2016.08.004.
38. Куприянов ДА, Новенко ЕЮ. Реконструкция истории лесных пожаров в южной части Мордовского заповедника в голоцене по данным анализа макроскопических частиц угля в торфе. В: Ручин АБ, редактор. *Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. Выпуск 26*. Саранск: Мордовский государственный природный заповедник им. П. Г. Смидовича; 2021. с. 176–192.
39. Носова МБ, Новенко ЕЮ, Зерницкая ВП, Дюжова КВ. Палинологическая индикация антропогенных изменений растительности восточно-европейских хвойно-широколиственных лесов в голоцене. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2014;4:72–84.
40. Ohlson M, Korbøl A, Økland RH. The macroscopic charcoal record in forested boreal peatlands in southeast Norway. *The Holocene*. 2006;16(5):731–741. DOI: 10.1191/0959683606hl955rp.

References

1. Conedera M, Tinner W, Neff C, Meurer M, Dickens AF, Krebs P. Reconstructing past fire regimes: methods, applications, and relevance to fire management and conservation. *Quaternary Science Reviews*. 2009;28(5):555–576. DOI: 10.1016/j.quascirev.2008.11.005.
2. Pitänen A, Tolonen K, Jungner H. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from peat strata. *The Holocene*. 2001;11(5):599–605. DOI: 10.1191/095968301680223558.
3. Gromtsev AN. *Osnovy landshaftnoi ekologii evropeiskikh taezhnykh lesov Rossii* [Fundamentals of landscape ecology of European taiga forests in Russia]. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences; 2008. 226 p. Russian.
4. Chambers FM, Booth RK, de Vleeschouwer F, Lamentowicz M, le Roux G, Mauquoy D, et al. Development and refinement proxy-climate indicators from peats. *Quaternary International*. 2012;268:21–33. DOI: 10.1016/j.quaint.2011.04.039.
5. Furyaev VV. *Rol' pozharov v protsesse lesoobrazovaniya* [The role of fires in the process of forest formation]. Kurbatskii NP, Buzykin AI, editors. Novosibirsk: Nauka; 1996. 251 p. Russian.
6. Gvozdetzkii NA, editor. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie SSSR* [Physico-geographical zoning of the USSR]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta; 1968. 576 p. Russian.
7. Isachenko AG. *Landshafty SSSR* [USSR landscapes]. Leningrad: Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta; 1985. 320 p. Russian.
8. Matveev AV, editor. *Paleogeografiya kainozoya Belarusi* [Paleogeography of the Cenozoic of Belarus]. Minsk: Institute of Geological Sciences National Academy of Sciences of Belarus; 2002. 228 p. Russian.
9. Gembel' AV, Mashkova GV, Nikitin ND. *Priroda raionov Pskovskoi oblasti* [The nature of the districts of the Pskov region]. Malyarevskii VK, editor. Leningrad: [s. n.]; 1971. 406 p. Russian.
10. Ivanov IA, Spasov VP, Ivanov AI. *Pochvy Pskovskoi oblasti i ikh sel'skokhozyaistvennoe ispol'zovanie* [Soils of the Pskov region and their agricultural use]. Velikiye Luki: [s. n.]; 1998. 272 p. Russian.
11. Konechnaya GYu. [Species list of vascular plants. Sebezhsky National Park]. In: Musatov VYu, Fetisov SA, editors. *Pskovskie osobo okhranyaemye prirodnye territorii federal'nogo znacheniya. Vypusk 1* [Pskov specially protected natural territories of federal significance. Volume 1]. Pskov: Izdatel'stvo Pskovskogo oblastnogo tsentra narodnogo tvorchestva; 2005. p. 244–264. Russian.
12. Prentice IC. Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research*. 1985;23(1):76–86. DOI: 10.1016/0033-5894(85)90073-0.
13. Sugita S. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation. *Holocene*. 2007;17(2):229–241. DOI: 10.1177/0959683607075837.

14. Grichuk VP. [Methodology for processing sedimentary rocks poor in organic residues for the purposes of pollen analysis]. In: Rikhter GD, editor. *Problemy fizicheskoi geografii. Vypusk 8* [Problems of physical geography. Volume 8]. Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR; 1940. p. 53–58. Russian.
15. Kupriyanova LA, Aleshina LA. *Pyl'tsa i spory rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR. Tom 1* [Pollen and spores of plants of the flora of the European part of the USSR. Volume 1]. Leningrad: Nauka; 1972. 170 p. Russian.
16. Kupriyanova LA, Aleshina LA. *Pyl'tsa dvudol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR. Tom 2* [Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the European part of the USSR. Volume 2]. Leningrad: Nauka; 1972. 183 p. Russian.
17. Bobrov AE, Kupriyanova LA, Litvintseva MV, Tarasevich VF. *Spory paprotnikoobraznykh i pyl'tsa golosemennykh i odnodol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR* [Spores of ferns and pollen of gymnosperms and monocots of the flora of the European part of the USSR]. Kupriyanova LA, editor. Leningrad: Nauka; 1983. 208 p. Russian.
18. Elovicheva YaK. *Rastitel'nye mikrofosfilii pleistotsena i golotsena Belarusi* [Plant microfossils of the Pleistocene and Holocene of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2005. 282 p. Russian.
19. Juggins S. *Rioja: analysis of quaternary science data, R package version (0.9-15.1)* [Internet]. 2017 [2018 January 4]. 58 p. Available from: <https://cran.r-hub.io/web/packages/rioja/rioja.pdf>.
20. Whitlock C, Bartlein PJ. Holocene fire activity as a record of past environmental change. *Developments in Quaternary Science*. 2003;1:479–490. DOI: 10.1016/S1571-0866(03)01022-4.
21. Clear JL, Molinari C, Bradshaw RH. Holocene fire in Fennoscandia and Denmark. *International Journal of Wildland Fire*. 2014;23(6):781–789. DOI: 10.1071/WF13188.
22. Mooney S, Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments. *Mires and Peat*. 2011;7:1–18.
23. Chambers FM, Beilman DW, Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*. 2010;7:1–10.
24. Dean W. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sediment Research*. 1974;44:242–248. DOI: 10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D.
25. Kats NYa, Kats SV, Skobeeva EI. *Atlas rastitel'nykh ostatkov v torfakh* [Atlas of plant residues in peat]. Moscow: Nedra; 1977. 371 p. Russian.
26. Dombrovskaya FV, Koreneva MM, Tyuremnov SN. *Atlas rastitel'nykh ostatkov, vstrechaemykh v torfe* [Atlas of plant remains found in peat]. Tyuremnov SN, editor. Moscow: Gosenergoizdat; 1959. 90 p. Russian.
27. Tyuremnov SN. *Torfyanye mestorozhdeniya* [Peat deposits]. Olenin AS, editor. Moscow: Nedra; 1976. 487 p. Russian.
28. von Post L. Sveriges Geologiska Unders öknings torvinventering och några av dess hittills vunna resultat. *Svenska mosskulturföreningens tidskrift*. 1922;1:1–27.
29. Payne RJ, Blackford JJ. Peat humification and climate change: a multi-site comparison from mires in south-east Alaska. *Mires and Peat*. 2008;3:1–11.
30. Zernitskaya VP, Matveev AV, Rakovich VA, Kolosov IL. Lateglacial and Holocene history of the development of the Osveya wetland complex in the north of Belarus. *Lithosphere*. 2019;50:26–41. Russian.
31. Zernitskaya VP, Novenko EYu. Reconstruction of Belarus climate in the Late Glacial and Holocene periods. *The Science and Innovations*. 2016;9:21–24. Russian.
32. Novenko EYu. *Izmeneniya rastitel'nosti i klimata Tsentral'noi i Vostochnoi Evropy v pozdnem pleistotsene i golotsene v mezhdnikovye i perekhodnye etapy klimaticheskikh makrotsiklov* [Changes in vegetation and climate in Central and Eastern Europe in the Late Pleistocene and Holocene in the interglacial and transitional stages of climatic macrocycles]. Moscow: Geos; 2016. 227 p. Russian.
33. Nosova MB, Novenko EY, Severova EE, Volkova OA. Vegetation and climate changes within and around the Polistovo-Lo-vatskaya mire system (Pskov Oblast, north-western Russia) during the past 10,500 years. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2019;28(2):123–140. DOI: 10.1007/s00334-018-0693-8.
34. Heikkilä M, Seppä H. Holocene climate dynamics in Latvia, eastern Baltic region: a pollen-based summer temperature reconstruction and regional comparison. *Boreas*. 2010;39(4):705–719. DOI: 10.1111/j.1502-3885.2010.00164.x.
35. Mazei Y, Tsyganov A, Bobrovsky M, Mazei N, Kupriyanov D, Gaika M, et al. Peatland development, vegetation history, climate change and human activity in Valdai Uplands (central European Russia) during the Holocene: a multi-proxy palaeoecological study. *Diversity*. 2020;12(12):462. DOI: 10.3390/d12120462.
36. Khotinskii NA. *Golotsen Severnoi Evrazii: opyt transkontinental'noi korrelyatsii etapov razvitiya rastitel'nosti i klimata* [Holocene of Northern Eurasia: experience of transcontinental correlation of stages of vegetation and climate development]. Moscow: Nauka; 1977. 199 p. Russian.
37. Novenko E, Tsyganov A, Volkova E, Kupriyanov DA, Mironenko IV, Babeshko KV, et al. Mid- and Late Holocene vegetation dynamics and fire history in the boreal forest of European Russia: a case study from Meshchera Lowlands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016;459:570–584. DOI: 10.1016/J.PALAEO.2016.08.004.
38. Kupriyanov DA, Novenko EYu. Reconstruction of the Holocene forest fires history in the southern part of the Mordovian State Natural Reserve based on the macrocharcoal analysis of the peat. In: Ruchin AB, editor. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve. Volume 26*. Saransk: Mordovia State Nature Reserve; 2021. p. 176–192. Russian.
39. Nosova MB, Novenko EYu, Zernitskaya VP, Djuzhova KV. Palynological indication of anthropogenic plant cover changes in the Eastern-European coniferous-broadleaf forests in the Late Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaja*. 2014;4:72–84. Russian.
40. Ohlson M, Korbøl A, Økland RH. The macroscopic charcoal record in forested boreal peatlands in southeast Norway. *The Holocene*. 2006;16(5):731–741. DOI: 10.1191/0959683606h1955rp.

Получена 09.05.2022 / исправлена 22.10.2022 / принята 13.03.2023.
Received 09.05.2022 / revised 22.10.2022 / accepted 13.03.2023.

АТРИБУТИВНЫЕ СВОЙСТВА ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ

Г. В. РИДЕВСКИЙ¹⁾

¹⁾Научно-исследовательский институт труда
Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь,
пр. Победителей, 23, корп. 2, 220004, г. Минск, Беларусь

Выделяются атрибутивные свойства географического пространства (геоториальность, континуальность, дискретность, многомерность и когерентность). Систематизируются и развиваются представления о критериях географичности (геоториальность, комплексность, конкретность, глобальность и глокальность) – основных признаках географического мышления, которые определяют сущность геопрограммной парадигмы как методологической основы географических исследований. Пространственные структуры Беларуси делятся на институциональные и диссипативные. Теоретически обосновывается выделение семи процессов – закономерностей пространственного развития. Доказывается многоуровневость центр-периферийных процессов, в число которых входят поляризация, фрагментация и иерархизация. К процессам интеграции пространственных структур относятся континуализация, агломерирование и конгломерирование, при этом континуализация и конгломерирование впервые описываются в этом контексте. Обосновывается, что совместное действие процессов пространственной интеграции и центр-периферийных процессов приводит к регионализации географического пространства. Познание географических закономерностей рассматривается как важнейший механизм оптимизации политики пространственного развития.

Ключевые слова: атрибутивные свойства; географическое пространство; геопрограммные процессы; признаки географического мышления; пространственные структуры; пространственное развитие; закономерности пространственного развития.

ATTRIBUTIVE PROPERTIES OF GEOGRAPHICAL SPACE AND PATTERNS OF SPATIAL DEVELOPMENT

H. V. RYDZEUSKI^a

^aResearch Institute of Labour of the Ministry of Labour
and Social Protection of the Republic of Belarus,
23 Pieramozhcaw Avenue, 2 building, Minsk 220004, Belarus

Attributive properties of geographic space are singled out (geotoriality, continuity, discreteness, multidimensionality and coherence). Systematised and developed ideas about the criteria of geography (geotoriality, complexity, specificity, globality and glocality) – the main features of geographical thinking, which predetermine the essence of the geospatial paradigm as a methodological basis for geographical research. Spatial structures of Belarus are divided into institutional and dissipative. The selection of seven spatial processes-regularities is theoretically substantiated. The multilevel nature

Образец цитирования:

Ридевский ГВ. Атрибутивные свойства географического пространства и закономерности пространственного развития. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:83–92.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-83-92>

For citation:

Rydzeuski HV. Attributive properties of geographical space and patterns of spatial development. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:83–92. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-83-92>

Автор:

Геннадий Владимирович Ридевский – кандидат географических наук, доцент; заведующий отделом социально-трудовых исследований.

Author:

Henadzi V. Rydzeuski, PhD (geography), docent; head of the department of social and labour research.
ridgeo@yandex.ru

of the center-periphery processes, which include polarisation, fragmentation and hierarchisation, is proved. The processes of integration of spatial structures include continualisation, agglomeration and conglomeration, while continualisation and conglomeration are described for the first time in this context. It is substantiated that the joint action of the processes of spatial integration and center-periphery processes leads to the regionalisation of geographical space. The knowledge of geographical patterns is considered as the most important mechanism for optimising the policy of spatial development.

Keywords: attributive properties; geographical space; geospatial processes; signs of geographical thinking; spatial structures; spatial development; patterns of spatial development.

Введение

Одна из ключевых задач человечества – оптимизация пространственного развития, призванная способствовать снижению межстрановых и внутривосточных межрегиональных диспропорций, обеспечить переход к устойчивому и инклюзивному развитию центральных и периферийных регионов¹ [1].

Европейская хартия регионального/пространственного планирования, принятая 20 мая 1983 г. на VI Европейской конференции министров, ответственных за региональное планирование (*La Conférence du Conseil de l'Europe des ministres responsables de l'aménagement du territoire*, СЕМАТ), в Торремолиносе (Испания), стала первым документом по пространственному развитию и придала «географическое выражение экономической, социальной, культурной и экологической политике общества»². На ее базе были выработаны основополагающие принципы устойчивого пространственного развития европейского континента, утвержденные 30 января 2002 г. Комитетом министров государств – членов Совета Европы, и Европейская перспектива пространственного развития (к сбалансированному и устойчивому развитию территории ЕС), окончательно подготовленная и одобренная СЕМАТ в Потсдаме (Германия) в 1999 г. [2]. Стратегической целью этих документов является обеспечение социальной сплоченности на основе сбалансированного и устойчивого полицентричного пространственного развития, укрепления местной и региональной демократии, усиления процессов европейской интеграции, расширения функций городов, совершенствования взаимоотношений города и деревни и других мер³.

Для эффективного управления пространственным развитием важно учитывать его закономерности, которые представляют собой основные тенденции развития структур географического пространства, проявляющиеся благодаря его свойствам.

Цели статьи – рассмотрение атрибутивных свойств географического пространства, отражающих сущность геопространственной парадигмы, и выявление на этой основе геопространственных процессов-закономерностей. Верификация сформулированных закономерностей была осуществлена путем эмпирического исследования процесса развития пространственных структур Беларуси. Поскольку конкретные результаты анализа, подтвердившие правомерность выделения пространственных закономерностей, уже были опубликованы, в данной работе они даются в общем виде. В статье приводятся в основном совокупность теоретических представлений, которые позволили сформулировать закономерности пространственного развития, играющие ключевую роль в трансформации структур географического пространства.

Материалы и методы исследования

Выделению экономико-географических законов и закономерностей уделяли внимание многие исследователи, в том числе советские и российские ученые Ю. Г. Саушкин, А. Е. Пробст, П. М. Алампиев, В. М. Четыркин, Б. Н. Семевский, С. Б. Лавров, В. Я. Ром, Т. М. Калашникова и др. Однако этот вопрос нуждается в дальнейшей разработке [3, с. 54].

Проблема выявления законов и закономерностей пространственного развития с позиций социально-экономической географии не нашла убедительного решения, поскольку обнаружить их возможно только в результате серьезного эмпирического исследования большой и целостной территории, имеющей

¹ Доклад о росте. Стратегия устойчивого и инклюзивного развития / пер. Н. В. Заборина ; под ред. В. Т. Рысина. М. : Весь мир, 2009. 177 с. ; Итоговый документ «Будущее, которого мы хотим» // Доклад конференции Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 20–22 июня 2012 г.) [Электронный ресурс]. Нью-Йорк : ООН, 2012. С. 1–69. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/undoc/gen/n12/461/66/pdf/n1246166.pdf?openelement> (дата обращения: 11.07.2021) ; Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс]. URL: https://unctad.org/meetings/ep/-SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 18.06.2021).

² Европейская хартия регионального/пространственного планирования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902018818> (дата обращения: 18.04.2022).

³ Пространственное развитие в Европе : словарь-справочник [Электронный ресурс]. URL: <http://vasilieva.narod.ru/mu/csipfo/kpr/frames/guide/index1.htm> (дата обращения: 18.04.2022).

достаточно четкие административные границы. Оптимально, чтобы полигоном такого исследования была страна площадью не менее 100 тыс. км², а объектами – все пространственные структуры данной территории, как институциональные (единицы административно-территориального деления разного иерархического уровня, территориальные единицы, т. е. городские и сельские поселения), так и диссипативные (самоорганизующиеся структуры).

Для выделения диссипативных пространственных структур может применяться дазиметрический метод, разработанный В. П. Семёновым-Тян-Шанским в 1911 г. [4]. Для этого необходимо использовать данные о расстояниях между городскими и сельскими поселениями, а также учитывать размер взаимодействующих поселений (численность их населения). Из-за своей простоты дазиметрический метод является наиболее удобным способом выделения диссипативных пространственных структур, но сведения обо всех единицах административно-территориального деления и поселениях должны быть точными. В этом отношении интерес представляют данные переписей населения.

В силу своих относительно небольших размеров и завершенности многих геопространственных процессов, которые протекают на территориях, ограниченных государственными границами, Беларусь является оптимальным полигоном для изучения как институциональных, так и диссипативных пространственных структур. Так, на основе данных переписей населения 2009 и 2019 гг. были проанализированы особенности развития единиц административно-территориального деления субнационального (6 областей и г. Минск), базового (118 административных районов и 10 городов областного подчинения) и первичного (более 1170 сельских, поселковых и городских советов) уровней, 200 городских поселений, более 23 тыс. сельских поселений и около 700 диссипативных пространственных структур, в том числе 200 сельско-городских континуумов, 335 сельских континуумов, 21 городской агломерации, 82 сельских агломераций, 26 городских конурбаций и 15 социально-эколого-экономических районов, впервые выделенных на основе дазиметрического метода. Следует иметь в виду, что по причине единства процессов расселения, хозяйствования и природопользования диссипативные пространственные структуры могут рассматриваться как социально-эколого-экономические системы разного иерархического уровня, к крупнейшим из которых относятся исторически сложившиеся социально-эколого-экономические районы [5].

Закономерности пространственного развития проявляются благодаря свойствам географического пространства, которые определяют существенные признаки географических исследований. Иными словами, критерии географичности и особенности географического мышления обуславливают парадигму географических исследований. Основными этапами анализа закономерностей пространственного развития структур, принадлежащих любой территории, являются рассмотрение свойств географического пространства (теоретическое осмысление), оценка их влияния на геопространственные процессы (дедуктивные умозаключения), изучение последних с учетом тенденций пространственного развития рассматриваемых структур (эмпирические исследования), а также установление (индуктивные умозаключения) и обоснование (теоретическое обобщение) закономерностей пространственного развития.

Цели статьи предопределили последовательность проведения исследований и изложения материала.

Этап 1: формулирование атрибутивных свойств географического пространства на основе изучения теоретических представлений о нем, рассмотрение локальности как одного из ключевых свойств географического пространства (впервые в научной литературе).

Этап 2: исследование сущности геопространственной парадигмы, которая отражает критерии географичности, т. е. ключевые признаки географического мышления, отличающие географов от негеографов, познающих географическое пространство, на базе анализа представлений о его атрибутивных свойствах.

Этап 3: выделение основных геопространственных процессов, носящих многоуровневый (скалярный) характер, с учетом атрибутивных свойств географического пространства.

Этап 4: теоретическое обоснование возможности рассмотрения геопространственных процессов в качестве процессов-закономерностей.

Этап 5: определение эвристического и конструктивного потенциала изучения пространственных закономерностей для Беларуси и других регионов.

Результаты и их обсуждение

Атрибутивные свойства географического пространства. Под географическим пространством понимается пространство, приуроченное к поверхности Земли. Таким образом, приуроченность к земной поверхности, или геотериальность⁴, выступает в качестве ключевого свойства географического пространства. Если у пространства это свойство отсутствует, то оно не является географическим.

⁴Географический метод исследования // Социально-экономическая география : понятийно-терминолог. слов. / сост. Э. Б. Алаев. М. : Мысль, 1983. С. 109.

Академик Российской академии наук П. Я. Бакланов полагал, что «...наиболее общим выражением географического пространства выступает географическая оболочка со всем ее антропогенным наполнением, включая население и различные технические сооружения, объекты хозяйства и инфраструктуры. При этом следует исходить из того объективного факта, что географическое пространство – это образование внутренне упорядоченное, сложное, имеющее многомерную, многоуровневую структуру» [6, с. 7]. Ко всеобщим свойствам географического пространства ученый отнес дифференциацию и интеграцию, дискретность и континуальность [6, с. 11]. По мнению автора настоящей статьи, дифференциация и интеграция представляют собой не свойства географического пространства, а процессы, которые протекают благодаря его дискретности и континуальности и обеспечивают возможность структуризации географического пространства. Впрочем, П. Я. Бакланов также назвал дифференциацию и интеграцию протекающими одновременно процессами, формирующими однородность и разнородность географического пространства [6, с. 12]. Дискретность определяет конкретность каждой структуры географического пространства, а континуальность – ее комплексность (целостность).

Рассматривая подходы к изучению географического пространства, М. Д. Шарыгин и Л. Б. Чупина пришли к выводу о том, что одним из основных его свойств является время. В связи с этим вслед за И. Валлерстайном [7] ученые стали называть географическое пространство географическим пространством-временем [8]. Однако, так как время имманентно присуще географическому пространству и каждому объекту в его составе, оно не может рассматриваться как особое свойство.

Интерпретировать многомерность (свойство, названное П. Я. Баклановым, но не зафиксированное им в качестве всеобщего) как ключевой атрибут географического пространства правомерно, поскольку все его объекты и явления имеют временное измерение, находятся на какой-либо стадии развития и обладают определенным масштабом, т. е. разными площадными, объемными или иными количественными характеристиками. Многомерность предполагает структурированность и иерархическую упорядоченность географического пространства в процессе его глобализации (влияние пространственных структур мирового уровня на развитие региональных и локальных пространственных структур) и глокализации (сохранение региональных и локальных особенностей пространственных структур на фоне глобализации), а также наличие у него пяти измерений (три геометрических измерения, масштаб и время).

Глобальность и глокальность отражают когерентность географического пространства и проявляются в соответствии с его многомерностью. Согласно принципу когерентности все сущее мыслится как взаимосвязанное, поэтому когерентность – самое главное свойство географического пространства.

Таким образом, геоториальность, континуальность, дискретность, многомерность и когерентность – важнейшие свойства географического пространства, которые могут быть названы его атрибутами (рис. 1).

Глокализация, как процесс социально-экономического и социокультурного развития на фоне глобализации, вызвала интерес у социологов и экономистов в конце XX в. В основе глокализации лежит идея децентрализованного и справедливого мира. Модели глокализации разрабатываются с опорой на сетевые формы самоорганизации и принципы межкультурной коммуникации. В 2001 г. возникла первая глокальная международная организация *Glocal Forum* (Италия), цель которой – ускорение мирового развития через модернизацию отдельных местностей и повышение внимания к локальным проблемам⁵.



Рис. 1. Атрибутивные свойства географического пространства
Fig. 1. Attributive properties of geographical space

⁵Glocal Forum [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Glocal_Forum (date of access: 18.04.2022).

Атрибутивные свойства географического пространства позволяют вычленить критерии географичности научного исследования, отражающие признаки географического мышления (рис. 2).

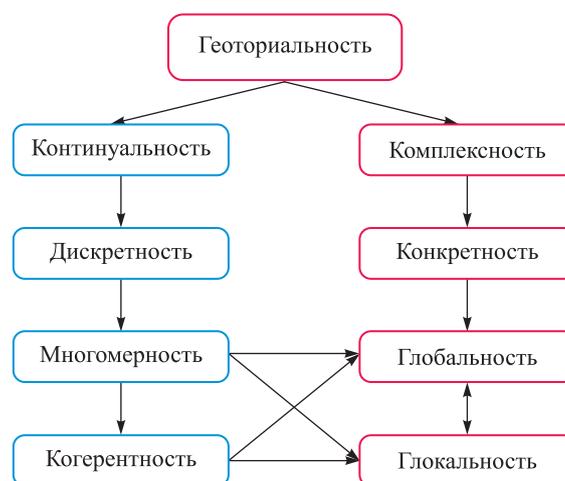


Рис. 2. Связь признаков географического мышления (критерии географичности) и атрибутивных свойств географического пространства

Fig. 2. Relationship of signs of geographical thinking (criteria of geographicity) and attributive properties of geographical space

Геотериальность, как ключевой атрибут географического пространства, выступает в качестве наиболее яркого критерия географичности исследований, основы общенаучного географического (пространственного, территориального) подхода к ним. Остальные атрибутивные свойства географического пространства отражают вытекающие из них признаки географического мышления и критерии географичности исследований косвенно: дискретность дает возможность говорить о конкретных пространственных структурах, континуальность позволяет изучать пространственные структуры комплексно, а многомерность и когерентность – с позиций глобальности и глокальности. В географических исследованиях, которые проводятся на разных иерархических уровнях географического пространства, глобальность и глокальность отражают один из лейтмотивов географии – так называемую игру масштабами. Именно это имел в виду классик советской экономической географии Н. Н. Баранский, утверждая, что в этой области знания ученый играет «аккордами, а не одним пальчиком» [9, с. 163].

Сегодня можно говорить о геопространственной, или пространственной, парадигме как междисциплинарной методологии исследований географического пространства учеными в области геоэкономики и региональной экономики, социологии, демографии и экологии⁶ [6]. Пространственные структуры анализируются представителями разных наук, но отличие географов от негеографов, познающих географическое пространство, состоит в том, что первые подходят к этому с позиций геотериальности, комплексности, конкретности, глобальности и глокальности географического пространства и используют методы районирования и картографирования.

В исследованиях географического пространства экономикогеографы играют особую роль, поскольку социально-экономическая география служит выявлению, анализу и научному обоснованию рекомендаций по управлению пространственным развитием городских и сельских поселений, административных регионов и систем расселения, хозяйствования и природопользования разного иерархического уровня. Это постепенно осознается научной общественностью, что отразилось в принятом в странах ОЭСР новом названии социально-экономической географии – «социально-экономическая география и управление пространственным развитием».

Географическое пространство – объект изучения географов всех специальностей, но понятие «пространственное развитие» широко используется только в современной социально-экономической географии, хотя в обеспечение пространственного развития весомый вклад вносят и физикогеографы. Причина редкого использования физикогеографами выражения «пространственное развитие», вероятно, заключается в том, что физико-географические объекты имеют собственные траектории развития, управление которыми вряд ли возможно.

⁶Социально-экономическая география : понятийно-терминолог. слов. / сост. Э. Б. Алаев. М. : Мысль, 1983. 350 с.

Геопространственные процессы. Атрибуты географического пространства позволяют выявить ключевые геопространственные процессы. На тесную связь геопространственных процессов и пространственных структур обращал внимание американский географ В. Бунге, автор книги «Теоретическая география», переведенной в СССР [10] и вызвавшей серию публикаций по теоретизации советской географии.

Вслед за Э. Б. Алаевым к числу важнейших геопространственных процессов автор настоящей статьи относит распространение, или распределение, объектов и явлений в географическом пространстве в результате их концентрации (стягивания) и деконцентрации (рассредоточения)⁷. Многие географы, например Т. Хагерстранд [11], М. Д. Шарыгин и А. И. Зырянов [12], определяют процесс деконцентрации как диффузию. Между тем процесс распространения может быть назван центр-периферийным, поскольку концентрация и деконцентрация протекают в многомерном, т. е. структурированном и иерархически упорядоченном, географическом пространстве и носят иерархический характер [13, с. 34]. В основе протекания этого процесса наряду с многомерностью лежит дискретность (прерывность) географического пространства.

Воздействие центр-периферийных процессов на все иерархические уровни территориальных (геопространственных) систем приводит к формированию неоднородного (центр и периферия) и полипроблемного пространства [14, с. 104–106]. Центр-периферийные процессы, оказывающие фундаментальное воздействие на территориальные структуры расселения, хозяйствования и природопользования, стали одним из катализаторов становления и развития парадигмы устойчивого развития, которая перерастает в мегапарадигму устойчивого и инклюзивного развития⁸.

Иерархический характер центр-периферийных процессов отражен в таблице.

**Иерархические типы центр-периферийных процессов
и результаты их проявления по модели *центр – периферия***

**Hierarchical types of center-peripheral processes
and the results of their manifestation according to the *center – periphery* model**

Иерархический уровень	Центр-периферийный процесс	Результат проявления
Глобальный	Олигополизация	Олигополис – мировая периферия
Страновой	Метрополизация	Метрополис – страновая периферия
Региональный	Регионополизация	Регионополис – региональная периферия
Локальный	Локополизация	Локополис – локальная периферия

Примечание. Разработано на основе данных источника [13, с. 34].

Уровни протекания центр-периферийных процессов порождают ярко выраженные социальные разломы:

- развитые страны – развивающиеся страны, или центр мировой экономики – ее периферия (результат олигополизации на глобальном уровне);
- столица – провинция, т. е. все остальные районы страны (результат метрополизации на страновом уровне);
- большой город – мелкие города и села (результат регионополизации на региональном уровне);
- городская местность – сельская местность (результат локополизации на локальном уровне).

Расслоение географического пространства по этим социальным разломам – объективная угроза, к которой ведут центр-периферийные процессы. Это порождает необходимость проведения активной региональной политики на глобальном, национальном и местном уровнях, что предполагает переход всех стран, надстрановых и внутристрановых регионов к инклюзивному развитию. Экономико-географическая регионализация пространства ведет к политической регионализации мирового и внутристрановых пространств. Это отражается в образовании международных региональных союзов (организаций) и реформировании системы административно-территориального устройства внутри стран [13, с. 37].

⁷Основной геопространственный процесс // Социально-экономическая география : понятийно-терминолог. слов. / сост. Э. Б. Алаев. М. : Мысль, 1983. С. 89.

⁸Доклад о росте. Стратегия устойчивого и инклюзивного развития / пер. Н. В. Заборина ; под ред. В. Т. Рысина. М. : Весь мир, 2009. 177 с. ; Итоговый документ «Будущее, которого мы хотим» // Доклад конференции Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, 20–22 июня 2012 г.) [Электронный ресурс]. Нью-Йорк : ООН, 2012. С. 1–69. URL: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/undoc/gen/n12/461/66/pdf/n1246166.pdf?openelement> (дата обращения: 11.07.2021) ; Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года [Электронный ресурс]. URL: https://unctad.org/meetings/en/-SessionalDocuments/ares70d1_ru.pdf (дата обращения: 18.06.2021).

В последние десятилетия анализ центр-периферийных процессов приобрел такую популярность, что можно говорить о возникновении к 1970-м гг. центр-периферийного подхода и его развитии как общенаучного подхода к исследованиям. Его представителями являются американский социолог И. Валлерстайн – один из основоположников мир-системной теории [15], французский экономист Ф. Перру – автор теории полюсов роста и центров развития [16], шведский экономист Г. Мюрдаль – создатель концепции взаимной кумулятивной обусловленности, которая стала базовой для всех кумулятивных теорий регионального экономического роста [17], шведский географ Т. Хагерстранд – автор теории диффузии инноваций [11] и американский географ и урбанист австрийского происхождения Д. Фридман – родоначальник модели *центр – периферия*, применивший ее к анализу регионального развития [18].

Вторым важнейшим геопространственным процессом является пространственная интеграция. В ее основе лежат континуальность и когерентность географического пространства, приводящие к интеграции пространственных структур. Ни один географический объект или явление не могут существовать вне связи с другими и независимо от них. Процессы пространственной интеграции протекают в многомерном географическом пространстве, поэтому им присуща иерархичность, которая возникает в результате интеграции географического пространства. Это означает, что вследствие пространственной интеграции структуры географического пространства могут приобрести статус структур центрального типа и получить дивиденды (от улучшения географического положения до повышения уровня и качества жизни населения).

Исследование процессов пространственной интеграции сопряжено с изучением концепций городского развития, формирования городских агломераций, конурбаций, мегалополисов и мировых городов.

Закономерности пространственного развития. Свойства географического пространства, его структура, а также географические процессы и закономерности пространственного развития теснейшим образом связаны между собой. Так, У. И. Мересте и С. Я. Ныммик полагали, что «географические законы являются законами, определяющими ход географических процессов, которые происходят в географическом пространстве» [19, с. 93]. Следовательно, при изучении географических процессов можно выявить тенденции развития пространственных структур.

Процессы пространственной интеграции и центр-периферийные процессы позволяют на основе скрупулезных эмпирических исследований перейти к теоретическому обобщению и выявить закономерности развития пространственных структур расселения, хозяйствования и природопользования. Как утверждал Д. Харвей, эмпирические исследования по отношению к теории обладают «большой объяснительной силой» [20, с. 164].

Эмпирическое изучение развития институциональных и диссипативных пространственных структур Беларуси за 2009–2019 гг. позволило выявить и обосновать семь основных закономерностей их пространственного развития (рис. 3), детально охарактеризованных, например, в работах [5; 13; 21].

Центр-периферийные процессы приводят к поляризации, фрагментации и иерархизации географического пространства. Поляризация географического пространства связана с его диссонированием [8, с. 34–35], формированием полюса (центр (ядро), фокус (очаг)) и антиполюса (периферия)⁹. Этот процесс лежит в основе фрагментации географического пространства, его разделения на части, важнейшими из которых являются структуры-антиподы, а именно центр и периферия, и маргинальная полупериферия, носящая черты структур центрального и периферийного типов. Иерархически организованные центр-периферийные процессы приводят к иерархизации географического пространства. Так, на глобальном, страновом, региональном и локальном уровнях существуют собственные центры, периферии и полупериферии. Под влиянием центр-периферийных процессов развиваются как институциональные, так и диссипативные пространственные структуры.

Процессы интеграции ведут к континуализации (образование сельско-городских и сельских континуумов), агломерированию (образование городских и сельских агломераций) и конгломерированию (образование городских конурбаций) географического пространства. Эти процессы-закономерности протекают в упорядоченном и иерархическом географическом пространстве, но наиболее ярко они проявляются в диссипативных пространственных структурах.

Взаимодействие процессов пространственной интеграции и центр-периферийных процессов приводит к регионализации географического пространства – формированию достаточно обширных институциональных и диссипативных пространственных структур, включающих как центральные, так и периферийные города и регионы. В регионализации пространства заложена возможность децентрализации системы государственного управления, устойчивого и инклюзивного развития. Этот потенциал является реализуемым, поскольку изменения пространственных структур ведут к трансформации социальных

⁹Структурные характеристики таксонов // Социально-экономическая география : понятийно-терминолог. слов. / сост. Э. Б. Алаев. М. : Мысль, 1983. С. 72–73.

отношений [22] и систем управления. Значимый и относительно сбалансированный ресурсный потенциал, высокий уровень социальной сплоченности населения, который подразумевает сформированность местных социумов, наличие региональных элит и региональной идентичности, – основа устойчивого и инклюзивного развития структур географического пространства при должном уровне социальной направленности государственной политики и децентрализации системы управления.



Рис. 3. Связь пространственных закономерностей с пространственными процессами и атрибутивными свойствами географического пространства

Fig. 3. Connection of spatial patterns with spatial processes and attributive properties of geographical space

Пространственными структурами, которые формируются на субнациональном уровне в масштабе Беларуси, являются социально-эколого-экономические районы или близкие к ним по площади территории. В их границах протекают процессы регионополизации (центр-периферийный процесс мезоуровня) и формируются крупнейшие городские конурбации – города-регионы. Именно такие пространственные структуры могут быть главными объектами государственной региональной политики [21], а властные институты таких регионов должны быть субъектами самостоятельной муниципальной политики по отношению к входящим в их состав дочерним пространственным структурам и единицам административно-территориального деления [23].

Подобные регионы в странах ЕС получили название регионов NUTS-2, зафиксированных в Номенклатуре территориальных единиц для целей статистики (*Nomenclature of territorial units for statistics*), которые рассматриваются не только как операционные единицы статистического учета, но и как основные объекты региональной политики [24, с. 62–63; 25, р. 11–13]. Множественность таких социально-эколого-экономических районов площадью 5–20 тыс. км² позволяет обеспечить полицентричность развития географического пространства, что чрезвычайно важно с социальных и экологических позиций. Для современной Беларуси в условиях доминирования процесса метрополизации и недостаточного развития региональной политики, направленной на снижение межрегиональных диспропорций, актуальность перехода к полицентричной модели развития географического пространства является весьма высокой [25].

Заключение

Выявленные в результате рассмотрения атрибутивных свойств географического пространства процессы – закономерности его трансформации удовлетворяют всем свойствам географических закономерностей, сформулированным Э. Б. Алаевым, а именно объективности, необходимости (детерминированности причинно-следственными связями), обязательности проявления, важности для науки и практики, а также автономности (относительной независимости друг от друга)¹⁰.

Основной теоретический вывод, который можно сделать на основе эмпирических исследований развития институциональных и диссипативных пространственных структур Беларуси, заключается в том, что отрицательные последствия центр-периферийных процессов (поляризация, фрагментация и иерархизация) могут быть преодолены только путем поддержки процессов пространственной интеграции (континуализация, агломерирование, конгломерирование) органами государственного и местного управления. Это предполагает регионализацию государственного управления через сближение институциональных пространственных структур с диссипативными пространственными структурами как новыми объектами государственного управления. Последнее делает актуальной задачу реформирования административно-территориального деления территории страны для достижения полицентричного, устойчивого и инклюзивного развития Беларуси.

Очевидно, что описанные процессы-закономерности не только протекают в Беларуси, но и имеют широкое распространение во многих странах и регионах мира, поскольку о центр-периферийной парадигме как относительно новом общенаучном методе исследования географического пространства говорится повсеместно, понятия «сельско-городской континуум», «городская агломерация» и «городская конурбация» являются употребительными, а проблемам городских агломераций и конурбаций посвящается множество научных публикаций.

Как и институциональные пространственные структуры, диссипативные пространственные структуры необходимо не только выявлять и изучать. Ими следует управлять, и тогда пространственное развитие человечества будет более эффективным. Знание закономерностей пространственного развития может способствовать этому, поскольку теоретические представления о закономерностях пространственного развития обладают не только эвристическим, но и ярко выраженным конструктивным потенциалом.

Библиографические ссылки

1. Brown LR. *Building a sustainable society*. New York: Norton, Cop.; 1981. 433 p.
2. Вергун НМ. Европейская стратегия пространственного развития в условиях глобализации и ее применимость для развития российских регионов. *Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право*. 2009;3:189–200.
3. Максаковский ВП. *Географическая культура*. Москва: Владос; 1998. 416 с.
4. Полян ПМ. *Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения*. Москва: Новый хронограф; 2014. Возрождение через столетие? Дазиметрические карты В. П. Семёнова-Тян-Шанского и их перспективы в информационном поле XXI в.; с. 144–164.
5. Ридевский ГВ. Социально-эколого-экономическое районирование Республики Беларусь. В: Манаков АГ, редактор. *Восточная Европа: вопросы исторической, общественной и политической географии*. Псков: Псковский государственный политехнический институт; 2003. с. 87–96.
6. Бакланов ПЯ. Подходы и основные принципы структуризации географического пространства. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2013;5:7–18.
7. Wallerstein I. The time space of world-systems analysis: a philosophical essay. *Historical Geography*. 1993;23(1–2):5–22.
8. Шарыгин МД, Чупина ЛБ. Подходы к изучению географического пространства-времени и проблемы, связанные с ним. *Географический вестник*. 2013;2:4–8.
9. Баранский НН. *Экономическая география. Экономическая картография*. Москва: Географгиз; 1956. 366 с.
10. Бунге В. *Теоретическая география*. Гохман ВМ, редактор; Барлас ВЯ, переводчик. Москва: Прогресс; 1967. 280 с.
11. Hägerstrand T. *Innovation diffusion as spatial process*. Chicago: University of Chicago Press; 1967. 350 p.
12. Шарыгин МД, Зырянов АИ. *Введение в теоретическую географию*. Пермь: Пермский государственный университет; 1984. 84 с.
13. Ридевский ГВ. *Центр-периферийные процессы и развитие регионов Беларуси*. Минск: Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»; 2020. 346 с.
14. Скопин АЮ. *Введение в экономическую географию*. Москва: Владос; 2001. 272 с.
15. Валлерстайн И. *Анализ мировых систем и ситуация в современном мире*. Кудюкин ПМ, переводчик; Кагарлицкий БЮ, редактор. Санкт-Петербург: Университетская книга; 2001. 416 с.
16. Perroux F. *A new concept of development: basic tenets*. London: Croom Helm; 1983. 212 p.
17. Myrdal G. *Economic theory and underdeveloped regions*. London: Gerald Duckworth; 1957. 167 p.
18. Friedmann J. *Regional development policy: a case study of Venezuela*. Cambridge: MIT Press; 1966. 279 p.
19. Мересте УИ, Ныммик СЯ. *Современная география: вопросы теории*. Москва: Мысль; 1984. 296 с.

¹⁰Закономерности // Социально-экономическая география : понятийно-терминолог. слов. / сост. Э. Б. Алаев. М. : Мысль, 1983. С. 86–87.

20. Харвей Д. *Научное объяснение в географии: общая методология науки и методология географии*. Барлас ВЯ, Голосов ВВ, переводчики; Никитин ЕП, редактор. Москва: Прогресс; 1974. 501 с.
21. Ридевский ГВ. *Территориальная организация Республики Беларусь: социально-эколого-экономическая модель перехода к устойчивому развитию*. Могилёв: Могилёвский государственный университет им. А. А. Кулешова; 2007. 523 с.
22. Вирт Л. *Избранные работы по социологии*. Москва: Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук; 2005. 243 с.
23. Яровой ГО, Белокурова ЕВ. *Европейский союз для регионов: что можно и нужно знать российским регионам о ЕС*. Санкт-Петербург: Норма; 2019. 367 с.
24. Кузнецов АВ, редактор. *Региональная политика стран ЕС*. Москва: Национальный исследовательский институт мировой экономики и международных отношений имени Е. М. Примакова Российской академии наук; 2009. 230 с.
25. Rydzeuski HV. Center-periphery processes and urbanization stadiality in Belarus. *Journal of Geography, Politics and Society*. 2017;7(4):14–24. DOI: 10.4467/24512249JG.17.033.7633.

References

1. Brown LR. *Building a sustainable society*. New York: Norton, Cop.; 1981. 433 p.
2. Vergun NM. European strategy of spatial development under globalization and how to adapt it to Russian regions development. *RGGU Bulletin. Series: Economics. Management. Law*. 2009;3:189–200. Russian.
3. Maksakovskii VP. *Geograficheskaya kul'tura* [Geographical culture]. Moscow: Vldos; 1998. 416 p. Russian.
4. Polyan PM. *Territorial'nye struktury – urbanizatsiya – rasselenie: teoreticheskie podkhody i metody izucheniya* [Territorial structures – urbanisation – settlement: theoretical approaches and methods of study]. Moscow: Novyi khronograf; 2014. [Rebirth in a century? Dasymetric maps of V. P. Semenov-Tyan-Shansky and their prospects in the information field of the 21st century]; p. 144–164. Russian.
5. Rydzeuski HV. [Socio-ecological and economic zoning of the Republic of Belarus]. In: Manakov AG, editor. *Vostochnaya Evropa: voprosy istoricheskoi, obshchestvennoi i politicheskoi geografii* [Eastern Europe: issues of historical, social and political geography]. Pskov: Pskov State Polytechnic Institute; 2003. p. 87–96. Russian.
6. Baklanov PYa. Approaches and general principles of structurization of geographical space. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2013;5:7–18. Russian.
7. Wallerstein I. The time space of world-systems analysis: a philosophical essay. *Historical Geography*. 1993;23(1–2):5–22.
8. Sharygin MD, Chupina LB. Approaches to the study of geographical space-time and the problems associated with them. *Geographical Bulletin*. 2013;2:4–8. Russian.
9. Baranskii NN. *Ekonomicheskaya geografiya. Ekonomicheskaya kartografiya* [Economic geography. Economic cartography]. Moscow: Geografiz; 1956. 366 p. Russian.
10. Bunge V. *Teoreticheskaya geografiya* [Theoretical geography]. Gokhman VM, editor; Barlas VYa, translator. Moscow: Progress; 1967. 280 p. Russian.
11. Hägerstrand T. *Innovation diffusion as spatial process*. Chicago: University of Chicago Press; 1967. 350 p.
12. Sharygin MD, Zyryanov AI. *Vvedenie v teoreticheskuyu geografiyu* [Introduction to theoretical geography]. Perm: Perm State University; 1984. 84 p. Russian.
13. Rydzeuski HV. *Tsentr-periferiinye protsessy i razvitie regionov Belarusi* [Center-periphery processes and development of the regions of Belarus]. Minsk: Belarusian Research Institute of Transport «Transtekhnika»; 2020. 346 p. Russian.
14. Skopin AYu. *Vvedenie v ekonomicheskuyu geografiyu* [Introduction to economic geography]. Moscow: Vldos; 2001. 272 p. Russian.
15. Vallerstain I. *Analiz mirovykh sistem i situatsiya v sovremennom mire* [Analysis of world systems and the situation in the modern world]. Kudyukin PM, translator; Kagarlitskii BYu, editor. Saint Petersburg: Universitetskaya kniga; 2001. 416 p. Russian.
16. Perroux F. *A new concept of development: basic tenets*. London: Croom Helm; 1983. 212 p.
17. Myrdal G. *Economic theory and underdeveloped regions*. London: Gerald Duckworth; 1957. 167 p.
18. Friedmann J. *Regional development policy: a case study of Venezuela*. Cambridge: MIT Press; 1966. 279 p.
19. Mereste UI, Nymmik SYa. *Sovremennaya geografiya: voprosy teorii* [Modern geography: questions of theory]. Moscow: Mysl'; 1984. 296 p. Russian.
20. Kharvei D. *Nauchnoe ob'yasnenie v geografii: obshchaya metodologiya nauki i metodologiya geografii* [Scientific explanation in geography: methodology of science and methodology of geography]. Barlas VYa, Golosov VV, translators; Nikitin EP, editor. Moscow: Progress; 1974. 501 p. Russian.
21. Rydzeuski HV. *Territorial'naya organizatsiya Respubliki Belarus': sotsial'no-ekologo-ekonomicheskaya model' perekhoda k ustoychivomu razvitiyu* [Territorial organisation of the Republic of Belarus: socio-ecological and economic model of transition to sustainable development]. Mogilev: Mogilev State A. Kuleshov University; 2007. 523 p. Russian.
22. Virt L. *Izbrannye raboty po sotsiologii* [Selected works on sociology]. Moscow: Institute of Scientific Information for Social Sciences of the Russian Academy of Sciences; 2005. 243 p. Russian.
23. Yarovoi GO, Belokurova EV. *Evropeiskii soyuz dlya regionov: chto mozno i nuzhno znat' rossiiskim regionam o ES* [The European Union for the regions: what Russian regions can and should know about the EU]. Saint Petersburg: Norma; 2019. 367 p. Russian.
24. Kuznetsov AV, editor. *Regional'naya politika stran ES* [Regional policy of the EU countries]. Moscow: The Institute of World Economy and International Relations of the Russian Academy of Sciences; 2009. 230 p. Russian.
25. Rydzeuski HV. Center-periphery processes and urbanization stadiality in Belarus. *Journal of Geography, Politics and Society*. 2017;7(4):14–24. DOI: 10.4467/24512249JG.17.033.7633.

УДК 550.361

ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ГРОДНЕНСКОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. И. ЗУЙ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Рассмотрено геотермическое поле платформенного чехла в пределах Гродненской области и прилегающих к ней районов Беларуси. Платформенный чехол залегает на кристаллическом фундаменте докембрийских пород. Карты распределения температуры для глубин 100; 200 и 300 м ниже земной поверхности были составлены на основе термограмм, зарегистрированных в скважинах, и дополнены картой теплового потока. Они выявляют геотермические аномалии распределения как температуры, так и плотности теплового потока в пределах региона. Температура в области монотонно возрастает с глубиной при сохранении общих особенностей теплового поля. Выявленные на 100-метровой карте аномалии сохраняются на глубинах 200 и 300 м. Основную роль в формировании температурных аномалий играют приповерхностные факторы, такие как циркуляция подземных вод и влияние палеоклиматических изменений на поверхности Земли в прошлом. Низкий тепловой поток ($<30 \text{ мВт/м}^2$), отмеченный в восточной части карты, постепенно увеличивается до 50 мВт/м^2 в районе Гродно. Его площадная изменчивость связана с распространением гранитоидных и бластомилонитовых пород в кристаллическом фундаменте. Повышенный тепловой поток характерен для массивов кислых пород с повышенным содержанием долгоживущих радиоактивных изотопов урана, тория и калия. Их распад создает дополнительную радиогенную составляющую теплового потока.

Ключевые слова: геотермические аномалии; распределение температуры; тепловой поток; Гродненский регион; Беларусь.

Образец цитирования:

Зуй В.И. Геотермическое поле Гродненского региона Республики Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:93–106 (на англ.). <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-93-106>

For citation:

Zui V.I. Geothermal field of the Grodno region of the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:93–106. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-93-106>

Автор:

Владимир Игнатьевич Зуй – доктор геолого-минералогических наук, профессор; профессор кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Author:

Vladimir I. Zui, doctor of science (geology and mineralogy), full professor; professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics. zui@bsu.by

GEOTHERMAL FIELD OF THE GRODNO REGION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

V. I. ZUI^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

The geothermal field of the platform cover within the Grodno region is considered. The cover rests on a crystalline basement of Precambrian rocks. Temperature distribution maps for depths of 100; 200 and 300 m below ground level were compiled based on thermograms recorded in boreholes and were supplemented by the heat flow map. These reveal geothermal anomalies both of temperature and heat flow density distribution within the region. The temperature in the region monotonously increases with depth, while preserving the general features of the thermal field. The anomalies identified on the 100 m map persist for depths of 200 and 300 m. The main role in the formation of temperature anomalies is played by near-surface factors, such as groundwater circulation, and the influence of paleoclimatic changes on the Earth's surface in the past. A low heat flow ($<30 \text{ mW/m}^2$) in the eastern part of the region gradually increases up to 50 mW/m^2 in the vicinity of Grodno. Its areal variation relates to the distribution of granitoid and blastomylonite rocks in the crystalline basement. Increased heat flow is typical of silicic rock massifs with elevated concentrations of long-living radioactive isotopes of uranium, thorium and potassium. Their decay creates an additional radiogenic component of heat flow.

Keywords: geothermal anomalies; temperature distribution; heat flow; Grodno region; Belarus.

Introduction

Belarus lies in the geographical center of Europe (fig. 1), geologically belonging to the vast Precambrian East European Platform. The crystalline basement of whole country, including the Grodno region, is hidden under a platform cover of variable thickness. The Belarusian Antecline is the main positive structure within the region, it occupies the central and western parts of the country and extends into eastern Poland.



Fig. 1. The studied region:
GR – Grodno region;
KE – Kaliningrad enclave, Russia

The East European Platform is colder than the young platforms of central and western Europe [1; 2]. Geothermal research within Belarus began in the Pripyat Trough (outside the studied region), a deep sedimentary basin in the southeastern part of the country [3]. Such research has been carried out regularly since the 1960s across the Belarusian Antecline [4; 5]. Before the late 1970s, the number of ther-

mal logs within the anticline did not exceed 10. During subsequent years the number of thermograms gradually increased [6]. Based on these geothermal measurements, rare for that time, the first estimates of temperature values on the surface of the crystalline basement were made by L. A. Tsybulya [7; 8] by extrapolating thermograms of relatively shallow boreholes down to the basement top to compile the first schematic map of isotherms at the surface at the crystalline basement. At that time with such a sparse network of studied boreholes, it was not possible to identify the main geothermal anomalies within the Belarusian Antecline.

Dozens of thermal logs were obtained following regular geothermal research in the 1980–90s as a result of field-works carried out by researchers of the geothermal laboratory of the Institute of Geochemistry and Geophysics, the National Academy of Sciences of Belarus.

However, within the entire country geothermal field parameters are still poorly studied. During the last 30 years new geothermal measurements have been carried out within the Belarusian Antecline including of the Grodno region.

Geological settings

The territory of the Grodno region is located in the western part of the East European Platform. The Precambrian strata are overlain by deposits of varying thickness up to 500 m, throughout the region. This shrinks within the Bobovnya Buried Inlier, where the thickness decreases to 80–100 m. The central part of the region is occupied by the Belarusian Antecline with its Central Belarusian Massif and Bobovnya Buried Inlier (fig. 2). To the south are the Podlasie – Brest Depression, Polesian Saddle and Ivatsevichi Buried Inlier. The Baltic Syncline adjoins the Belarusian Antecline to the north outside the border of Belarus. The Pripjat Trough is a deep sedimentary basin located in the southwestern part outside the region studied. The Belarusian Antecline extends in northeastern Poland towards the edge of the platform.

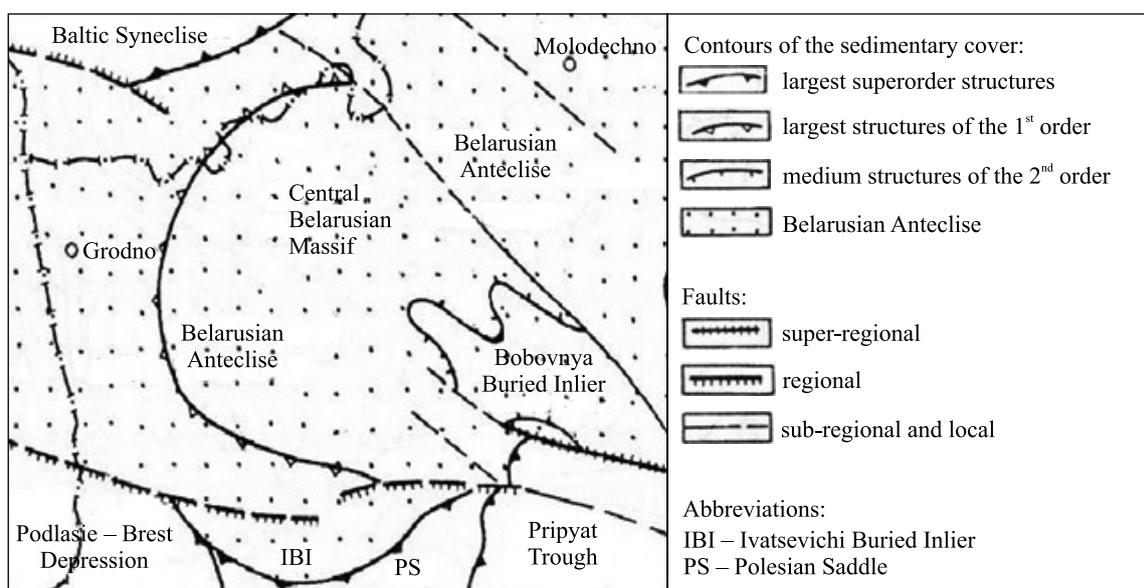


Fig. 2. Geologic settings of the studied region (after [9], modified)

Geologically the studied area belongs to the Belarusian Antecline. Boreholes available for recording thermograms, as a rule, were drilled to a depth of a few hundred meters. Many of them were used for water supply. The thickness of the platform cover increases towards the Podlasie – Brest Depression and outside the region studied towards the Baltic Syncline, where several boreholes have been drilled to a depth over 1 km. Locations of the studied boreholes, and depths reached by thermometers in the Grodno region are shown in fig. 3.

Locations of the studied boreholes and the depths reached by the borehole thermometer are shown in the form of coloured circles. The depths reached by the thermometer, in most cases, correspond to the zone of fresh-water (active water exchange zone). Only in some of boreholes drilled for mineral waters (sanatoria at Porechye, Radon, etc.) they go slightly beyond the base of the fresh water.

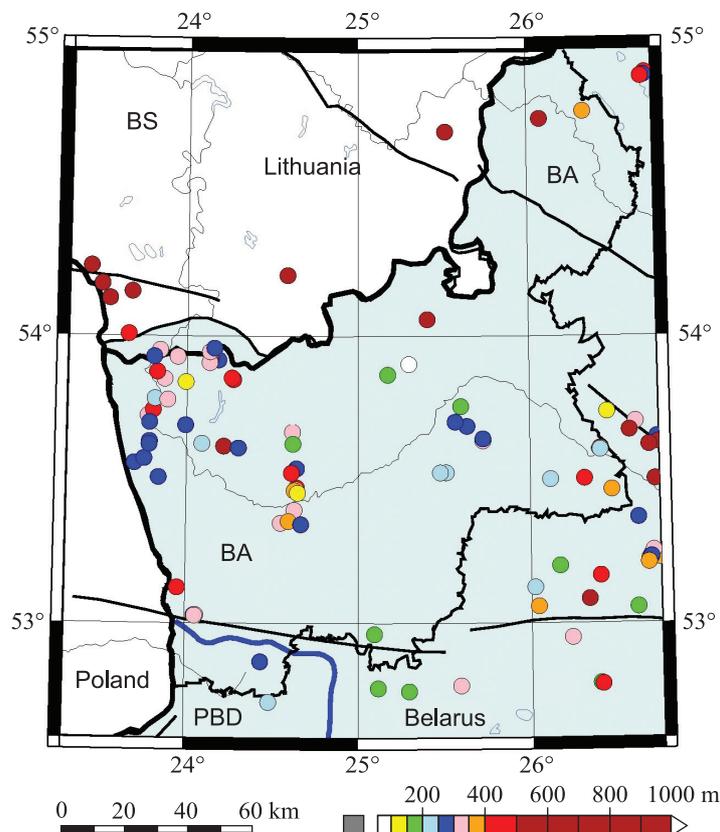


Fig. 3. Locations and depths of boreholes in the Grodno region with recorded thermograms. Here and in fig. 7–12 are given the following notations: BA – Belarusian Antecline; BS – Baltic Syncline; PBD – Podlasie – Brest Depression; PS – Polesian Saddle. The blue line shows the boundary of the Belarusian Antecline and the eastern part of the Podlasie – Brest Depression within Belarus. Black lines are the main faults

Geothermal exploration within the region

Most of the thermal logs in the vicinity of Grodno were recorded with a borehole thermistor thermometer during field-works in 1989–1991 by V. I. Zui, A. A. Voytik and D. P. Prishchep. The registration of them with a similar thermometer of lightweight design using a twisted single-core seismic wires was repeated in some of the boreholes 2 years later by V. I. Zui and V. G. Levashkevich. The slight difference in the thermal logs obtained by the two types of thermistor thermometers, caused mainly by their instrumental errors, is not analysed here.

To the north of Grodno, near the Belarus – Lithuania border, a number of exploratory boreholes were drilled in the Privalka – Porechye area in the early 1990s for mineral waters of the type used in the Druskininkai sanatorium, Lithuania. The temperature logs in them were recorded mainly one or two months after drilling completion.

To draw reliable temperature maps near the junction of Belarus, Poland and Lithuania, it would be necessary to have temperature logs recorded in boreholes of the adjacent countries. Several such logs, available for analysis, were recorded prior to 1991 in the Lazdijai and Varena areas of Lithuania.

We had no such logs in the Polish area within the immediate vicinity of Belarus (personal communication of Bruszevska and Szewczyk, 2007). The closest boreholes studied here are Krasnopol-IG-5 with a non-stationary thermogram, Grajewo-1TU, and two boreholes Krzemianka-IGH-1 and Udryń-PIG-1, drilled into the Suwałki Massif, where temperature logs indicated temperature inversion within the depth interval of 350–450 m [10] with a deep position of up to 500 m of the «neutral layer».

A number of boreholes for fresh and mineral waters were drilled in the northern part of the Grodno region. Temperature logs were recorded in many of them with a borehole thermistor thermometer, calibrated against mercury-in-glass thermometers with a precision value of 0.01 °C in laboratory conditions. The instrumental error of the used thermometers is estimated at ± 0.05 °C.

Selected thermal logs from the Grodno region and the adjacent territory, recorded during field works in 1989–1991, are shown in fig. 4. Most of these show a restored thermal regime disturbed by drilling.

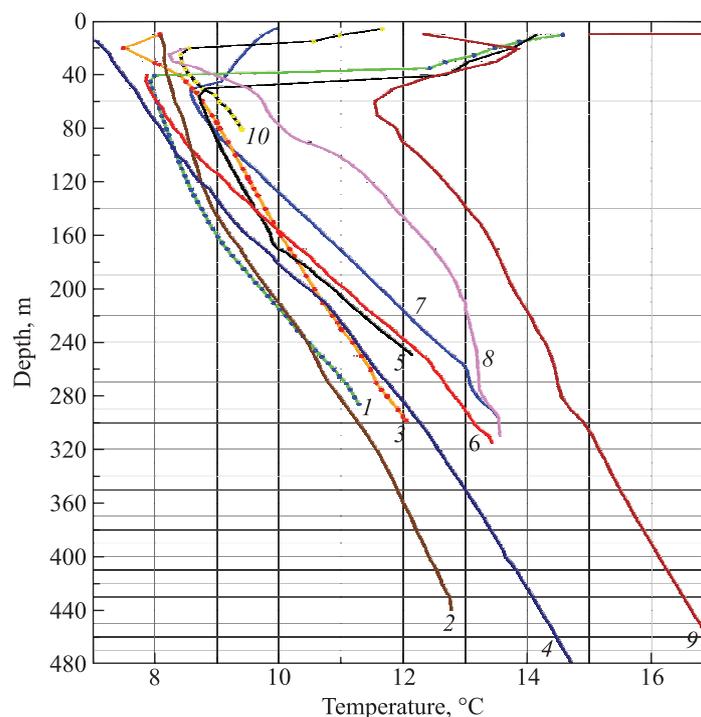


Fig. 4. Selected temperature logs of boreholes in the vicinity of Grodno:
 1 – Grodno-10; 2 – Vorony-1; 3 – Grodno-8;
 4 – Bershty-6; 5 – Grandichi-16; 6 – Tsydovichi-6; 7 – Grodno-1;
 8 – Balesolnoye; 9 – Grandichi-15; 10 – Grodno-2a

Only, a few logs were acquired in the non-stationary thermal regime. One example is the water supply well Balesolnoye located on the western bank of the Neman River near Grodno in the area of a garden partnership. This has been in operation for a number of years and was stopped due to a failure of the pump. About two weeks after its removal, the temperature log recording was made. Another example is the Grandichi-15 temperature log, which reflects a typically disturbed regime due to the short time elapsed since drilling completion.

Temperature logs of selected individual boreholes recorded within the Privalka and Porechye areas near the Belarus – Lithuania border are shown in fig. 5. Similar logs with a disturbed thermal regime were observed for two boreholes, Privalka-4a and Privalka-4b, located ~30 m from each other. The borehole Privalka-4b yields permanent surface flow of fresh water with a flow rate of ~4.5 dm³/min. This distorts the upper part of the temperature log to a depth of 200 m in the adjacent borehole Privalka-4a that lacks such surface flow. Below this depth the thermogram is essentially undisturbed.

Most of the temperature logs were recorded in the boreholes a few months after their drilling completion, when thermal conditions in the boreholes, disturbed by the circulation of drilling fluids, had been restored to an equilibrium state.

Only a few boreholes deeper than 500 m were available in the area of investigation to record thermal logs. In most cases they were acquired at depths not exceeding a few hundred meters, usually from 100 to 300 m (fig. 6).

Most temperature records acquired in the studied region were recorded in boreholes 100–300 m deep. Some logs were extrapolated to deeper horizons. Calculation of temperature values below the bottoms of the boreholes requires knowledge of the heat flow and thermal conductivity of the underlying rocks. In most cases the latter is a priori unknown. Therefore, it has been decided, as in the Geothermal Atlas of Europe [11], that the downward extrapolation should not exceed 50 % of the actual borehole depth using geothermal gradients recorded near the bottom-hole intervals.

As a result, the available data restrict the temperature maps within the region to a depth of only ~300 m. A few deep boreholes (400–1000 m) in the region do not allow the construction of conditioned temperature distribution maps for deeper levels.

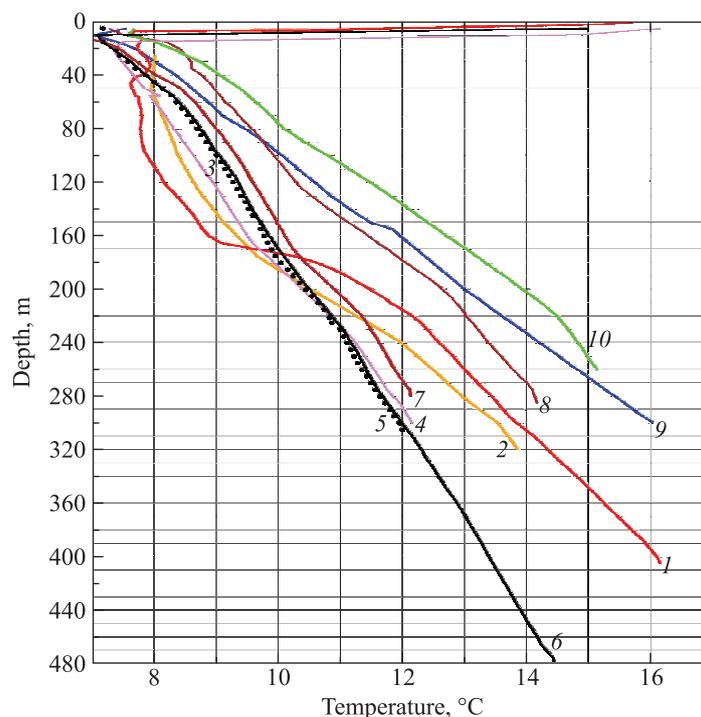


Fig. 5. Selected temperature logs of boreholes in the Privalka and Porechye areas:
 1 – Privalka-4; 2 – Privalka-3; 3 – Privalka-11;
 4 – Porechye-14; 5 – Porechye-17; 6 – Porechye-12; 7 – Porechye-18;
 8 – Privalka-5a; 9 – Privalka-1; 10 – Privalka-9

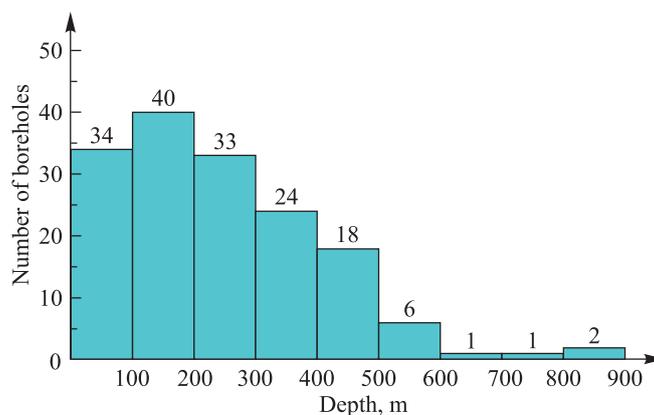


Fig. 6. Depths reached by thermometers in studied boreholes of the region

Temperature distribution at 100 m depth

Based on the temperature logs recorded in the boreholes of the Grodno region (see fig. 3) temperature distribution maps were compiled, which made it possible to identify the relationship between parameters of the geothermal field and the geological features of the region.

The temperature map at 100 m depth within the Grodno region is shown in fig. 7. Temperature ranges within it from 7 to 9.5 °C. An anomaly of low values of 7–7.5 °C is highlighted in the northeastern part of the area, and this continues into the northern part of the Minsk region outside the eastern frame of the map. The 8 °C isotherm can be taken as the boundary between this anomaly and an area with elevated temperature. The distance between isotherms is 0.5 °C, which as acceptable, keeping in mind that the instrumental error of the used borehole thermometer was ±0.05 °C.

Three local anomalies of temperatures above 9 °C were identified for the depth of 100 m. These are North-Grodno, South-Grodno (Skidel – Mosty) and Novogrudok (see fig. 7). The first two are separated by a comparatively narrow strip of ~8.5 °C, apparently caused by some cooling of the strata by downflow water from surface precipitation.

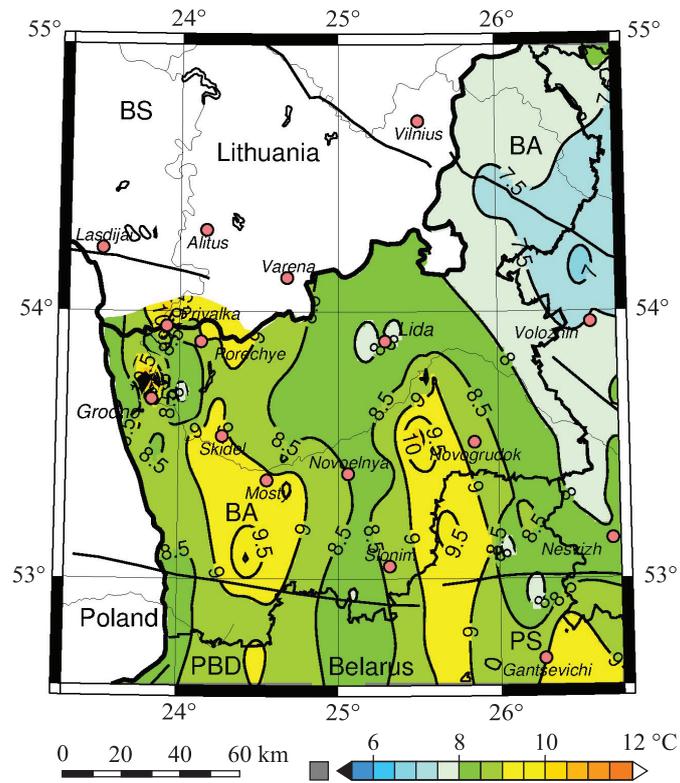


Fig. 7. Temperature distribution at 100 m depth within Grodno region

A dense network of boreholes is located within the vicinity of Grodno and in the Privalka and Porechye areas. Isotherms near and beyond the borders of Belarus with Lithuania and Poland are shown in outline only presumably due to a lack of data.

Temperature distribution at 200 m depth

The temperature distribution at 200 m depth contrasts compared with that at 100 m (fig. 8).

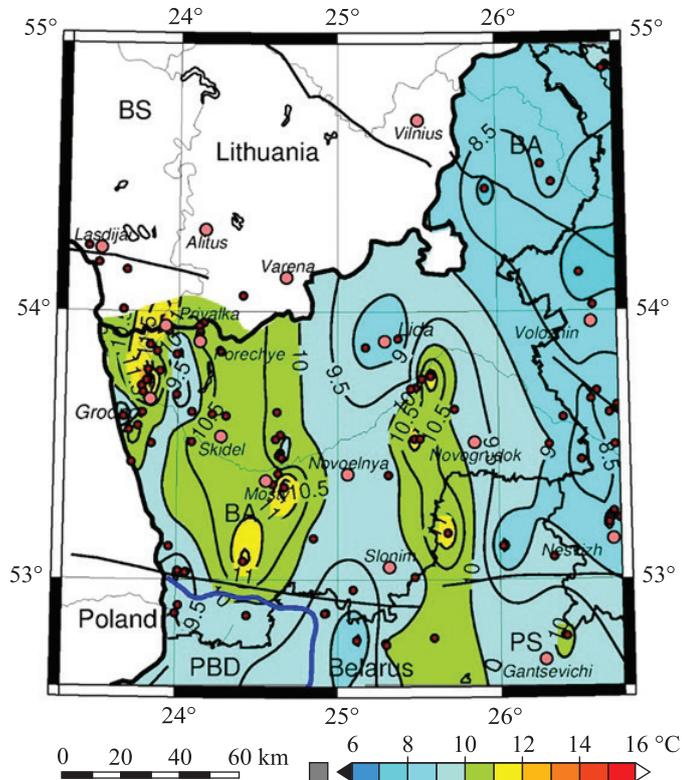


Fig. 8. Temperature distribution at 200 m depth within the Grodno region. Location of used temperature logs are shown by small circles

As in the previous case, there is a low temperature anomaly ($<8\text{ }^{\circ}\text{C}$) along the eastern boundary of the Grodno region. This continues beyond its boundary eastwards to the neighbouring Minsk region. A lack of data from southwestern Lithuania makes it impossible to show the isotherms to the north.

The temperature increases, reaching $11\text{ }^{\circ}\text{C}$, in the central and western parts of the region. The maximum values ($>12\text{ }^{\circ}\text{C}$) are observed to the north of Grodno. This anomaly stretches along the Neman valley towards the north. Apparently, it continues into the territory of Lithuania in the direction of a positive anomaly of temperature and heat flow, previously identified in western Lithuania and in the Kaliningrad enclave of Russia [12–14]. The small number of thermograms available from southwestern Lithuania does not allow correct estimation of the shape and boundaries of this anomaly.

Temperature distribution at the depth of 300 m

The geothermal field at 300 m depth is shown in fig. 9. The number of temperature logs decreases with the depth, but positive and negative anomalies are more clearly distinguished. The temperature ranges from $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the east to $\sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the west, while on the map for a depth of 100 m it averages $\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$. The positive anomaly in the area of the Grodno also expands to the north and to the east.

A low-temperature anomaly of $\sim 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ is still observed in the eastern part of the region. It gradually increases in northwest ward direction up to values of $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ within the area of Grodno. Several local small thermal anomalies are revealed, the temperature of which exceeds $12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

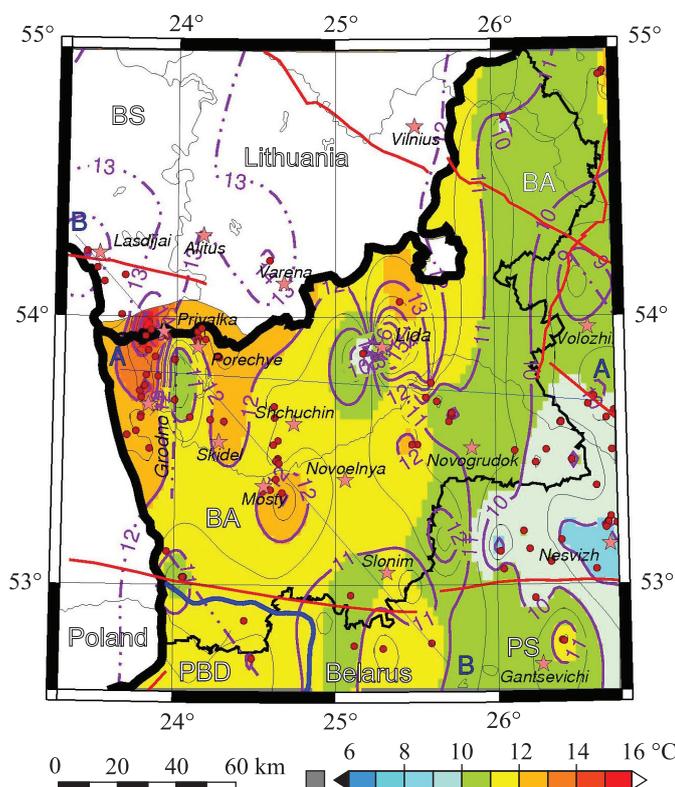


Fig. 9. Temperature distribution at 300 m depth within the Grodno region.
A – A and B – B are geothermal profiles

There is a gradual temperature increase in the direction of the Paleozoic Podlasie – Brest Depression in the southern part of the mapped region.

The southern boundary between Grodno and Brest regions crosses a vast forest area, the Belovezhskaya Pushcha, where deep drilling was not carried out. Geothermal measurements were completed here only in three shallow boreholes, which do not allow characterisation of the geothermal field of this territory in detail. Therefore, isotherms in these parts of the maps have a smooth pattern.

Geothermal profiles

The position of two profiles A – A and B – B are shown at the temperature distribution map for the depth of 300 m. Temperature isolines are plotted along them in order to identify whether there is a sufficient influence of near-the-surface factors on the formation of temperature anomalies and to show the general tendency for the geothermal field to change in these two directions.

A generally monotonic increase in temperature was noted for these three considered depths from the east to the west of the region in the latitudinal profile A – A. Several local peaks of low and high temperatures are shown on them changing quite synchronously. Their centers are slightly shifted with increasing the depth, which is apparently caused by the vertical circulation of groundwater, as there is a decrease in the downward filtration rate of meteoric waters between aquifers as the depth increases. On the whole, for entire profiles, a monotonic increase in temperature with depth is observed (fig. 10).

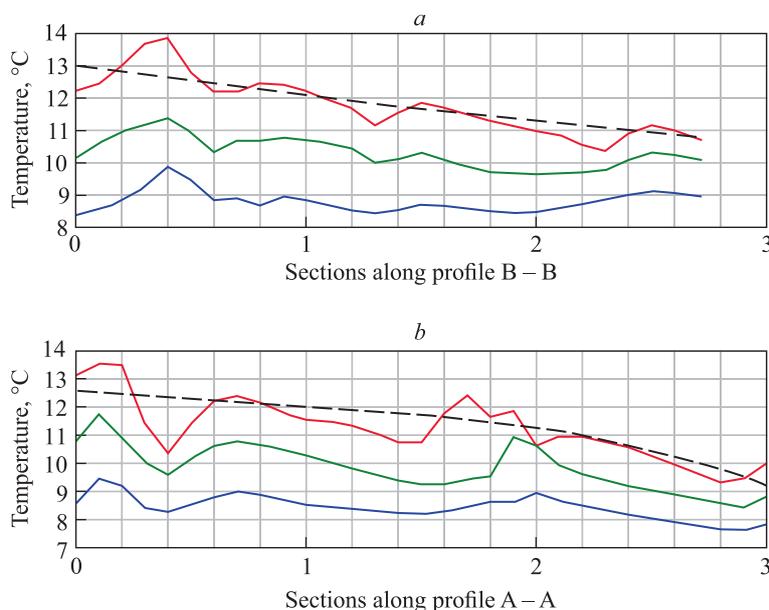


Fig. 10. Temperature distribution along B – B (a) and A – A (b) profiles of the Grodno region at depths of 100 m (blue line), 200 m (green line), and 300 m (red line)

The profile B – B reflects, on the whole, a monotonic increase in temperature at the three considered depths from the southeastern to northwestern parts of the region. They also show several local peaks of low and high temperatures changing rather synchronously. On the whole, along the entire profile, a synchronous course of isotherms is observed against the general background of an increase in temperature with depth.

The dashed lines, shown on each of the profiles, characterise the general trend of temperature increase as we approach the Grodno geothermal anomaly. Temperature distribution profiles and trend profiles were built using the grdtrend and grdtrack modules of the *Generic Mapping Tools* software package [15; 16].

Heat flow density distribution

The map of heat flow density distribution within the area of investigation was compiled on the basis of the heat flow catalogue for the entire territory of Belarus [17] in the format described in [18]. No paleoclimatic and other corrections were applied to the catalogue data. Figure 11 represents the observed heat flow distribution within the region without corrections.

In general, the heat flow density pattern correlates well with the temperature distributions at the depths of 100; 200 and 300 m discussed above. A low heat flow anomaly with values of 25–30 mW/m² is distinguished in the eastern part of the map, stretching along the eastern border of the Grodno region and extending eastwards. The heat flow gradually increases from 35 to 45 mW/m² in the central and western parts of the Grodno region. Local anomalies with the heat flow exceeding 45 mW/m² were identified and with values of >50 mW/m² at the junction of borders between Belarus, Lithuania and Poland. A single value of 52 mW/m² was observed in its central part [19]. This anomaly apparently continues into Lithuania and, possibly, it reaches a high heat flow anomaly within western Lithuania and the Kaliningrad enclave [12; 14].

To show a possible origin of the positive heat flow anomalies, a map of the distribution of granitoid and bastomylonite massifs composed of rocks such as granites, gneisses, crystalline shists (fig. 12) reflecting plastic deformation at the surface of the crystalline basement [20] was combined with contours of observed heat flow.

Boreholes, in which the heat flow density was determined and indicated heat flow anomalies in central and western parts of the region, are commonly within or in a close proximity to the granitoid bodies.

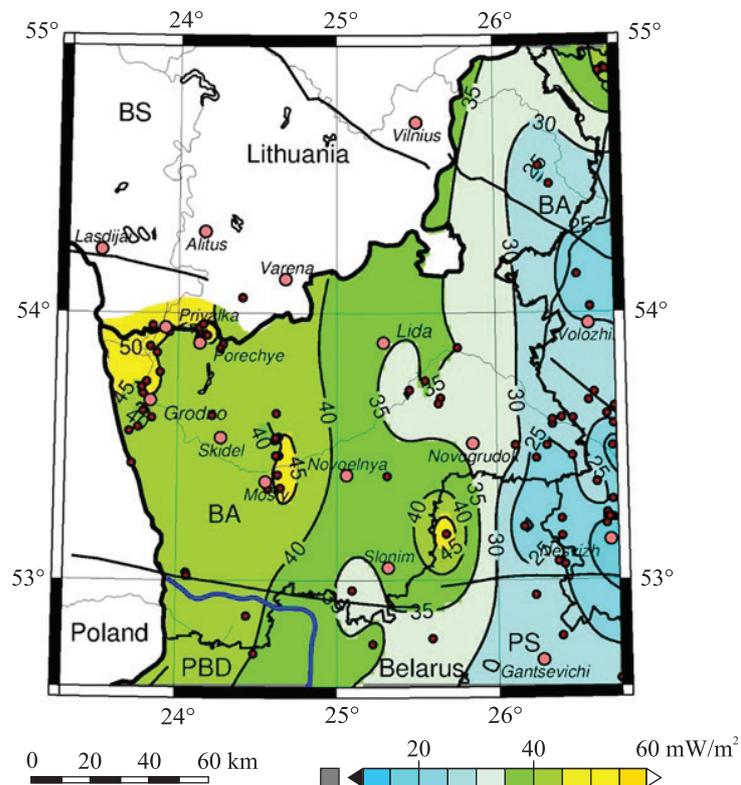


Fig. 11. Heat flow density map

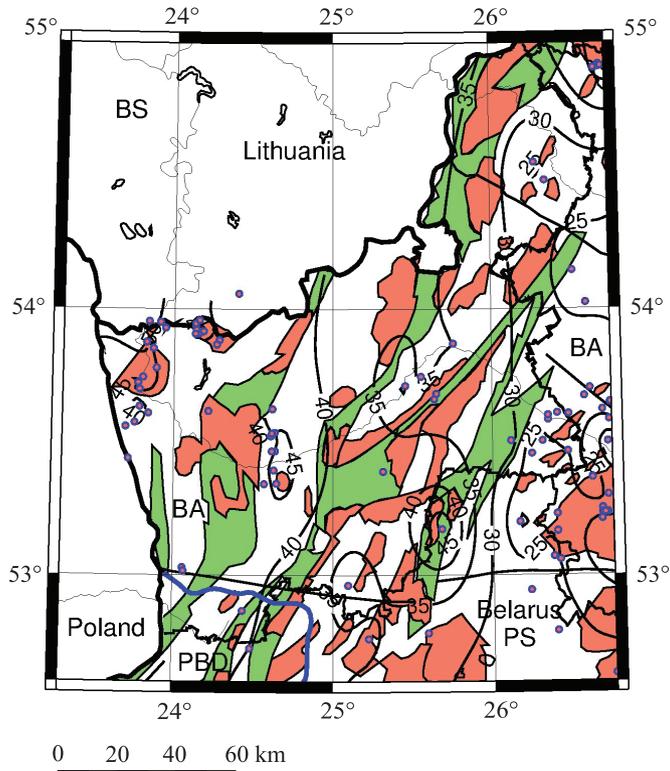


Fig. 12. Locations of the studied boreholes (small circles) and heat flow contours on a map of granitoids (red) and blastomylonites (green) in the crystalline basement of the Grodno region (after [20], simplified)

Felsic rocks (e. g. granitoids), compared with basic rocks, contain an increased concentration of long-lived radioactive isotopes of uranium, thorium and potassium [21]. An increase of the heat flow density in these areas might be explained by radiogenic heat production, creating local positive thermal anomalies. We measured the concentration of ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in the laboratory for a few tens of rock samples from the crystalline basement of the Grodno region which showed a similar correlation [22; 23]. However, we had no samples for analyses from the crystalline basement for boreholes where the heat flow was determined.

Discussion and conclusions

When constructing temperature distribution maps, some temperature logs for shallow boreholes were extrapolated to deeper horizons. The calculation of temperature values below bottoms of boreholes requires knowledge of the heat flow and thermal conductivity of the underlying rocks. The latter is a priori unknown. Therefore, it was decided, as with the Geothermal Atlas of Europe [11], that downward extrapolation, based on the geothermal gradient actually reached by the thermometer in its lowest intervals, should not exceed 50 % of the borehole depth. If this condition was not observed, the temperature logs were rejected. Also, thermograms of boreholes with disturbed thermal conditions were not used. Locations of boreholes with thermograms for preparation of temperature distribution maps for horizons of 100; 200 and 300 m depth are shown by circles in these maps.

The temperature in the region monotonously increases with depth, while preserving the general features of the thermal field. The anomalies identified in the 100 m map persist for depths of 200 and 300 m. Some changes in the configuration of isotherms with depth are observed. They result, firstly, from a decrease in the number of thermograms used with increasing depth and, secondly, by reduction with depth in infiltration rates of meteoric waters. The extensive low temperature anomaly in the eastern part of the region and the Grodno positive thermal anomaly persists in all three maps. A pattern of the heat flow density distribution corresponds to them. The highest heat flow up to 50 mW/m^2 was observed in the northern part of the Grodno anomaly. Contrary, an extensive low anomaly of $30\text{--}35 \text{ mW/m}^2$ is present in the eastern part of the region. The heat flow data based on borehole temperature logs closely along the Poland – Grodno region border are not known, a similar situation exists in the southern border area of Lithuania. This does not allow tracing reliably isotherms and heat flow contours beyond borders of Belarus.

The spatial variability in heat flow was compared with the development of granitoid and blastomylonite massifs in the crystalline basement of northwestern Belarus. A satisfactory correlation exists between positive thermal anomalies and the location of granitoids containing higher concentration of long-lived radioactive isotopes, for example, within the granitoid massif of Mosty. The decay of radioactive elements produces thermal energy and leads to an increase in the observed heat flow [24; 25]. Determinations of radiogenic heat production in the western part of the Grodno region (ranging from 0.2 to $\sim 2.0 \mu\text{Wm}^3$) were performed earlier on a small number of samples from the crystalline basement [22; 23]. However, neither samples nor gamma ray logs were available from studied boreholes drilled within the Grodno geothermal anomaly, nor from other granitoid massifs of the region. This does not allow more detailed analysis of the contribution of radiogenic heat production to the total heat flow within this area.

The temperature maps for mentioned depths and heat flow density, considered above, were constructed using the *Generic Mapping Tools* software package [15; 16]. This study has shown the heterogeneity of the thermal field of the Grodno region, the crystalline basement of which is represented by Precambrian rocks. The main role in the formation of anomalies at shallow levels is played by near-surface factors, such as the circulation of ground and meteoric waters and, probably, the influence of paleoclimatic factors related to the Weichselian glaciation [10; 26]. The role of the latter factor has been studied in Poland in the boreholes Krzemianka-IGH-1, Udryń-PIG-1 and others drilled within the Suwałki Massif (Suwałki County, Podlaskie Voivodeship) in the northeastern part of the country near the junction of the borders of Poland, Lithuania and the Kaliningrad enclave [10; 27]. For this region, it was shown that during the last glaciation, the temperature of the Earth's surface dropped to around $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ and there developed a zone of permafrost. The temperature logs indicated temperature inversion within a depth interval of $350\text{--}450 \text{ m}$ [10].

The paleoclimatic correction was fulfilled by for all of Europe [26]. It was shown that for this entire region an average correction is quite sufficient (uncorrected heat flow: 56.0 mW/m^2 , SD 20.3 mW/m^2 ; corrected heat flow: 63.2 mW/m^2 , SD 19.6 mW/m^2). From small-scale maps of corrected heat flow, it is possible to estimate that within northwestern Belarus the corrected heat flow values could be around 10 mW/m^2 higher than uncorrected ones. A more detailed map of the paleoclimatically corrected heat flow for the Polish area was published by J. Szewczyk and D. Gientka [28]. There is no detailed data on the Polish side near the Grodno region. These values, according to the interpolation used in this map, are around $10\text{--}15 \text{ mW/m}^2$ higher than uncorrected ones.

Heat flow values obtained from shallow boreholes of the Grodno region (mostly <300 m deep) are underestimated and require corrections. There are no wells deeper than 1000 m within this region. The maps (see fig. 11 and 12) were compiled using the observed heat flow data not subjected to corrections for paleoclimate, ground water circulation, etc. It is planned to correct such estimates and present them in a separate paper for the whole territory of Belarus. The paleoclimatic correction for the Grodno region, which covers ~12 % of the country, may not be representative.

Библиографические ссылки

1. Lyubimova EA, Karus EV, Firsov FV, Starikova GN, Vlasov VK, Lyusova LN, et al. Terrestrial heat flow on Pre-Cambrian shields in the USSR. *Geothermics*. 1972;1(2):81–89. DOI: 10.1016/0375-6505(72)90017-X.
2. Kutas RI, Zui VI. Geothermal regime along the northern part of the Eurobridge. In: Wiszniewska J, Wybraniec S, Petecki Z, Bogdanova S, Niemczynow-Burchart G, editors. *Between Eurobridge and TESZ. 7th Eurobridge Workshop; 1999 May 26–30; Szelment near Suwalki, Poland*. Warszawa: Polish Geological Institute; 1999. p. 64–65.
3. Беляков МФ. Геотермические измерения в Белоруссии. *Нефтяное хозяйство*. 1954;11:50–51.
4. Богомолов ГВ, Протасеня ДГ. Белорусская ССР. В: Макаренко ФА, редактор. *Термальные воды СССР и вопросы их теплоэнергетического использования*. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1963. с. 27–33.
5. Богомолов ГВ. Изучение геологических структур методами геотермии. *Доклады Академии наук БССР*. 1968;12(2): 145–147.
6. Жук МС. Изучение теплового потока в пределах Белорусской антеклизы и его связь с теплогенерацией и геофизическими характеристиками в земной коре. В: Гарецкий РГ, редактор. *Сейсмологические и геотермические исследования на западе СССР*. Минск: Академия наук Беларуси; 1993. с. 188–195.
7. Богомолов ГВ, Цыбуля ЛА. Температурные условия поверхности кристаллического фундамента на территории Белоруссии. *Доклады Академии наук БССР*. 1967;11(1):41–44.
8. Богомолов ГВ, Цыбуля ЛА, Агрощенко ПП. Тепловое поле западной части Восточно-Европейской платформы. В: Субботин СИ, редактор. *Глубинный тепловой поток европейской части СССР*. Киев: Наукова думка; 1974. с. 65–78.
9. Махнач АС, Гарецкий РГ, Матвеев АВ, редакторы. *Геология Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2001. 815 с.
10. Szewczyk J. The deep-seated lowland relict permafrost from the Suwałki region (NE Poland) – analysis of conditions of its development and preservation. *Geological Quarterly*. 2017;61(4):845–858. DOI: 10.7306/gq.1378.
11. Hurtig E, Haenel R, Čermak V, Zui VI, editors. *Geothermal Atlas of Europe*. Gotha: Geographisch-Kartographische Anstalt; 1991. Explanatory Note 156 p., 36 maps.
12. Зуй ВИ, Урбан ГИ, Веселко АВ, Жук МС. Геотермические исследования в скважинах Калининградской области и Литовской ССР. В: Гарецкий РГ, редактор. *Сейсмологические и геотермические исследования в Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1985. с. 88–94.
13. Цыбуля ЛА, Урбан ГИ. Тепловое поле Балтийской синеклизы и некоторые аспекты его связи с глубинной структурой земной коры. В: Гарецкий РГ, Хотько ЖП, редакторы. *Комплексные исследования глубинного строения территории Белоруссии и смежных областей*. Минск: Наука и техника; 1988. с. 28–34.
14. Урбан ГИ, Цыбуля ЛА. *Тепловой поток Балтийской синеклизы*. Москва: Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта РАН; 2004. 157 с.
15. Smith WHF, Wessel P. Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*. 1990;55(3):293–305. DOI: 10.1190/1.1442837.
16. Wessel P, Smith WHF. Free software helps map and display data. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*. 1991; 72(41):441–446. DOI: 10.1029/90EO00319.
17. Зуй ВИ, редактор. *Геотермический атлас Беларуси*. Минск: Национальная библиотека Беларуси; 2018. 89 с.
18. Jessop AM, Hobart MA, Sclater JG. *The World heat flow data collection – 1975*. Ottawa: Earth Physics Branch; 1976. 125 p. (Geothermal series; issue 5).
19. Жук МС, Зуй ВИ, Козел ВП. Тепловой поток Подляско-Брестской впадины и сопредельных структур. *Доклады Академии наук БССР*. 1989;33(3):257–260.
20. Гарэцкі РГ, картограф. Карта крышталічнага фундамента, 1 : 1 200 000 [карта]. В: Мясніковіч МУ, Пірожнік ІІ, Цэйрэфман КА, Явід ПП, Шымаў УМ, Пашкевіч МФ, рэдактары. *Нацыянальны атлас Беларусі*. Мінск: Белкартаграфія; 2002. с. 41.
21. Haenel R, Stegena L, Rybach L, editors. *Handbook of terrestrial heat-flow density determination*. Dordrecht: Springer; 1988. 486 p. (Solid Earth Sciences Library; volume 4). DOI: 10.1007/978-94-009-2847-3.
22. Лосева ЕИ, Зуй ВИ, Аксаментова НВ. Радиогенная теплогенерация горных пород главных структурных зон и интрузивных массивов кристаллического фундамента Беларуси. В: Аношко ЯИ, Богомолов ЮГ, Зуй ВИ, Кудельский АВ, Махнач АА, редакторы. *Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г. В. Богомолова; 1–3 июня 2005 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси; 2005. с. 270–272.
23. Зуй ВИ, Аксаментова НВ, Лосева ЕИ. U, Th, K и радиогенная теплогенерация в породах кристаллического фундамента Беларуси. В: Лукашён ОВ, редактор. *Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Константина Игнатьевича Лукашёва (1907–1987); 14–16 марта 2007 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Издательский центр БГУ; 2007. с. 20–23.
24. Rybach L. Radioactive heat production in rocks and its relation to other petrophysical parameters. *Pure and Applied Geophysics*. 1976;114:309–318. DOI: 10.1007/BF00878955.
25. Rybach L. Radioactive heat production: a physical property determined by the chemistry of rocks. In: Strens RGJ, editor. *The physics and chemistry of minerals and rocks*. London: Willey & Sons; 1976. p. 309–318.

26. Majorowicz J, Wybraniec S. New terrestrial heat flow map of Europe after regional paleoclimatic correction application. *International Journal of Earth Sciences*. 2010;100(4):881–887. DOI: 10.1007/s00531-010-0526-1.
27. Safanda J, Szewczyk J, Majorowicz J. Geothermal evidence of very low glacial temperatures on a rim of the Fennoscandian ice sheet. *Geophysical Research Letters*. 2004;31:L07211. DOI: 10.1029/2004GL019547.
28. Szewczyk J, Gientka D. Terrestrial heat flow density in Poland — a new approach. *Geological Quarterly*. 2009;53(1):125–140.

References

- Lyubimova EA, Karus EV, Firsov FV, Starikova GN, Vlasov VK, Lyusova LN, et al. Terrestrial heat flow on Pre-Cambrian shields in the USSR. *Geothermics*. 1972;1(2):81–89. DOI: 10.1016/0375-6505(72)90017-X.
- Kutas RI, Zui VI. Geothermal regime along the northern part of the Eurobridge. In: Wiszniewska J, Wybraniec S, Petecki Z, Bogdanova S, Niemczynow-Burchart G, editors. *Between Eurobridge and TESZ. 7th Eurobridge Workshop; 1999 May 26–30; Szelmant near Suwałki, Poland*. Warszawa: Polish Geological Institute; 1999. p. 64–65.
- Belyakov MF. [Geothermal measurements in Belarus]. *Neftyanoe khozyaistvo*. 1954;(11):50–51. Russian.
- Bogomolov GV, Protasenyia DG. Belorusskaya SSR. In: Makarenko FA, editor. *Termal'nye vody SSSR i voprosy ikh teploenergeticheskogo ispol'zovaniya* [Thermal waters of the USSR and problems of their heat and power use]. Moscow: Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR; 1963. p. 27–33. Russian.
- Bogomolov GV. [The study of geological structures by geothermal methods]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1968;12(2):145–147. Russian.
- Zhuk MS. [Study of the heat flow within the Belarusian Antecline and its relationship with heat generation and geophysical characteristics in the earth's crust]. In: Garetskii RG, editor. *Seismologicheskie i geotermicheskie issledovaniya na zapade SSSR* [Seismological and geothermal research in the west of the USSR]. Minsk: Academy of Sciences of Belarus; 1993. p. 188–195. Russian.
- Bogomolov GV, Tsybulya LA. [Temperature conditions of the surface of the crystalline basement in the territory of Belarus]. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1967;11(1):41–44. Russian.
- Bogomolov GV, Tsybulya LA, Atroshchenko PP. [Thermal field of the western part of the East European platform]. In: Subbotin SI, editor. *Glubinnyi teplovoi potok evropeiskoi chasti SSSR* [Deep heat flow of the European part of the USSR]. Kyiv: Naukova dumka; 1974. p. 65–78. Russian.
- Makhnach AS, Garetskii RG, Matveev AV, editors. *Geologiya Belarusi* [Geology of Belarus]. Minsk: Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Belarus; 2001. 815 p. Russian.
- Szewczyk J. The deep-seated lowland relict permafrost from the Suwałki region (NE Poland) – analysis of conditions of its development and preservation. *Geological Quarterly*. 2017;61(4):845–858. DOI: 10.7306/gq.1378.
- Hurtig E, Haenel R, Čermak V, Zui VI, editors. *Geothermal Atlas of Europe*. Gotha: Geographisch-Kartographische Anstalt; 1991. Explanatory Note 156 p., 36 maps.
- Zui VI, Urban GI, Veselko AV, Zhuk MS. [Geothermal research in boreholes of the Kaliningrad Region and the Lithuanian SSR]. In: Garetskii RG, editor. *Seismologicheskie i geotermicheskie issledovaniya v Belorussii* [Seismological and geothermal research in Belarus]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1985. p. 88–94. Russian.
- Tsybulya LA, Urban GI. Thermal field of the Baltic Syncline and some aspects of its relationship with the deep structure of the Earth's crust. In: Garetskii RG, Khot'ko ZhP, editors. *Kompleksnye issledovaniya glubinnogo stroeniya territorii Belorussii i smezhnykh oblastei* [Comprehensive studies of the deep structure of the territory of Belarus and adjacent regions]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1988. p. 28–34. Russian.
- Urban GI, Tsybulya LA. *Teplovoi potok Baltiiskoi sineklizy* [Heat flow of the Baltic Syncline]. Moscow: Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences; 2004. 157 p. Russian.
- Smith WHF, Wessel P. Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*. 1990;55(3):293–305. DOI: 10.1190/1.1442837.
- Wessel P, Smith WHF. Free software helps map and display data. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*. 1991; 72(41):441–446. DOI: 10.1029/90EO00319.
- Zui VI, editor. *Geotermicheskie atlas Belarusi* [Geothermal Atlas of Belarus]. Minsk: National Library of Belarus; 2018. 91 p. Russian.
- Jessop AM, Hobart MA, Sclater JG. *The World heat flow data collection – 1975*. Ottawa: Earth Physics Branch; 1976. 125 p. (Geothermal series; issue 5).
- Zhuk MS, Zui VI, Kozel VP. Heat flow of the Podlyasie – Brest Depression and adjacent structures. *Doklady Akademii nauk BSSR*. 1989;33(3):257–260. Russian.
- Garetskii RG, cartographer. Crystalline basement map of the Republic of Belarus, 1 : 1 200 000 [map]. In: Mjasnikovich MU, Pirozhnik II, Czejrjefman KA, Javid PP, Shymaw UM, Pashkevich MF, editors. *Nacyjanal'ny atlas Belarusi* [National atlas of Belarus]. Minsk: Belkartagrafija; 2002. p. 41. Belarusian.
- Haenel R, Stegena L, Rybach L, editors. *Handbook of terrestrial heat-flow density determination*. Dordrecht: Springer; 1988. 486 p. (Solid Earth Sciences Library; volume 4). DOI: 10.1007/978-94-009-2847-3.
- Loseva YeI, Zui VI, Aksamentova NV. Radiogenic heat generation by rocks of the main structural zones and intrusion massifs of the crystalline basement of Belarus. In: Anoshko YaI, Bogomolov YuG, Zui VI, Kudel'skii AV, Makhnach AA, editors. *Problemy vodnykh resursov, geotermii i geoekologii. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G. V. Bogomolova; 1–3 iyunya 2005 g.; Minsk, Belarus'* [Problems of water resources, geothermy and geoecology. Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of academician G. V. Bogomolov; 2005 June 1–3; Minsk, Belarus]. Minsk: Institute of Geochemistry and Geophysics of the National Academy of Sciences of Belarus; 2005. p. 270–272. Russian.
- Zui VI, Aksamentova NV, Loseva YeI. [U, Th, K and radiogenic heat generation in the rocks of the crystalline basement of Belarus]. In: Lukashov OV, editor. *Sovremennye problemy geokhimii, geologii i poiskov mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Konstantina Ignat'evicha Lukasha (1907–1987); 14–16 marta 2007 g.; Minsk, Belarus'* [Modern problems of geochemistry, geology and prospecting for mineral deposits. Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of academician

Konstantin Ignatievich Lukashev (1907–1987); 2007 March 14–16; Minsk, Belarus]. Minsk: Publishing Center of the Belarusian State University; 2007. p. 20–23. Russian.

24. Rybach L. Radioactive heat production in rocks and its relation to other petrophysical parameters. *Pure and Applied Geophysics*. 1976;114:309–318. DOI: 10.1007/BF00878955.

25. Rybach L. Radioactive heat production: a physical property determined by the chemistry of rocks. In: Strens RGJ, editor. *The physics and chemistry of minerals and rocks*. London: Willey & Sons; 1976. p. 309–318.

26. Majorowicz J, Wybraniec S. New terrestrial heat flow map of Europe after regional paleoclimatic correction application. *International Journal of Earth Sciences*. 2010;100(4):881–887. DOI: 10.1007/s00531-010-0526-1.

27. Šafanda J, Szewczyk J, Majorowicz J. Geothermal evidence of very low glacial temperatures on a rim of the Fennoscandian ice sheet. *Geophysical Research Letters*. 2004;31:L07211. DOI: 10.1029/2004GL019547.

28. Szewczyk J, Gientka D. Terrestrial heat flow density in Poland – a new approach. *Geological Quarterly*. 2009;53(1):125–140.

Received 04.01.2023 / revised 17.03.2023 / accepted 17.03.2023.

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. Н. МАЕВСКАЯ¹⁾, М. А. БОГДАСАРОВ^{1), 2)}, Д. О. ПЕТРОВ²⁾, Н. Н. ШЕШКО²⁾

¹⁾Брестский государственный университет им. А. С. Пушкина,
буль. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь

²⁾Брестский государственный технический университет,
ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь

Раскрыты общие принципы применения информационных технологий для создания геолого-генетической модели кайнозойских отложений Брестской области как толщи, обладающей практическим потенциалом для освоения и прогноза новых залежей минерального сырья в регионе. На основе наиболее полных материалов геологического бурения создана первая цифровая геолого-генетическая модель региона, позволившая повысить продуктивность работы с имеющимися геолого-разведочными данными (в сравнении с применявшейся ранее ручной обработкой), детализировать особенности строения кайнозойской толщи исследуемой территории, установить перспективы прироста новых залежей общераспространенных полезных ископаемых и сформировать серию цифровых карт, отражающих пространственную локализацию выявленных залежей нерудного сырья. Предполагается, что созданная модель, с одной стороны, позволит планировать дальнейшее изучение недр региона для развития его минерально-сырьевой базы, а с другой стороны, послужит качественной основой для обеспечения заинтересованных организаций информацией о перспективных залежах общераспространенных полезных ископаемых в области. Процедура реализации модели по предложенной методике включает шесть этапов (от предварительной обработки данных до верификации результатов) и предусматривает создание модели в объемном виде (из-за многослойной структуры используемых геологических данных), а также ее трансформацию в двумерный формат (наиболее доступный для анализа заинтересованными организациями). Полученные в ходе моделирования и представленные в виде нескольких примеров результаты показывают эффективность предложенной методики, которая может быть применена при проведении подобных исследований в других регионах Беларуси.

Ключевые слова: Брестская область; кайнозойские отложения; геолого-генетическая модель; информационные технологии; цифровые карты; общераспространенные полезные ископаемые.

Образец цитирования:

Маевская АН, Богдасаров МА, Петров ДО, Шешко НН. Геолого-генетическое моделирование кайнозойских отложений Брестской области с применением информационных технологий. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:107–118.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-107-118>

For citation:

Mayeuskaya HM, Bahdasarau MA, Piatrou DA, Sheshka MM. Geological and genetic modelling of the Cenozoic deposits of the Brest region using information technologies. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023; 1:107–118. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-107-118>

Авторы:

Анна Николаевна Маевская – преподаватель-стажер кафедры географии и природопользования факультета естествознания.

Максим Альбертович Богдасаров – доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси; профессор кафедры географии и природопользования факультета естествознания¹⁾, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции факультета инженерных систем и экологии²⁾.

Дмитрий Олегович Петров – кандидат технических наук; доцент кафедры ЭВМ и систем факультета электронно-информационных систем.

Николай Николаевич Шешко – кандидат технических наук, доцент; начальник научно-исследовательской части, доцент кафедры природообустройства факультета инженерных систем и экологии.

Authors:

Hanna M. Mayeuskaya, trainee lecturer at the department of geography and nature management, faculty of natural science. maevskaya.anna@inbox.ru

Maksim A. Bahdasarau, doctor of science (geology and mineralogy), full professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus; professor at the department of geography and nature management, faculty of natural science^a, and professor at the department of heat and gas supply and ventilation, faculty of engineering systems and ecology^b.
bogdasarov73@mail.ru

Dzmitry A. Piatrou, PhD (engineering); associate professor at the department of electronic computing machines and systems, faculty of electronic information systems.
polegdo@gmail.com

Mikalai M. Sheshka, PhD (engineering), docent; head of the research department, associate professor at the department of environmental management, faculty of engineering systems and ecology.
optimum@tut.by

Благодарность. Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках выполнения задания «Разработка геолого-информационной модели кайнозойских отложений территории Брестской и Гродненской областей как основы для прогнозирования новых наиболее доступных месторождений минерального сырья» государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. (№ гос. регистрации 20211417).

GEOLOGICAL AND GENETIC MODELLING OF THE CENOZOIC DEPOSITS OF THE BREST REGION USING INFORMATION TECHNOLOGIES

*H. M. MAYEUSKAYA^a, M. A. BAHDASARAU^{a, b},
D. A. PIATROU^b, M. M. SHESHKA^b*

^a*Brest State A. S. Pushkin University, 21 Kasmanawtaw Boulevard, Brest 224016, Belarus*

^b*Brest State Technical University, 267 Maskowskaja Street, Brest 224017, Belarus*

Corresponding author: M. A. Bahdasarau (bogdasarov73@mail.ru)

The general principles of using information technologies to create a geological and genetic model of the Cenozoic deposits of the territory of the Brest region, as a stratum with practical potential for the development and forecasting of new deposits of mineral raw materials in the region, are disclosed. The relevance of the work lies in the creation of the first digital geological and genetic model of the region based on the most complete geological drilling materials, which made it possible to increase the productivity of working with the available geological exploration data (in comparison with the previously used manual processing), to detail the features of the structure of the Cenozoic strata of the study area, to establish its prospects for the growth of new deposits of common minerals, and to form a series of digital maps reflecting the spatial localisation of the identified deposits of non-metallic raw materials. It is assumed that the created model, on the one hand, will allow geologists to plan further exploration of the subsoil of the region for the development of its mineral resource base, on the other hand, it will serve as a qualitative basis for providing interested organisations with information about promising deposits of common minerals in the region. The procedure for implementing the model according to the proposed methodology included six successive stages (from preliminary data processing to verification of the results obtained) and provided for the creation of a model in volumetric form (due to the multilayer structure of the geological data used), as well as its transformation into a two-dimensional format (which is the most accessible for analysis by interested organisations). The results obtained in the course of modelling and presented in the form of several examples in this paper show the effectiveness of the proposed methodology, which can later be used when conducting studies similar to this one in other regions of Belarus.

Keywords: Brest region; Cenozoic deposits; geological and genetic model; information technology; digital maps; common minerals.

Acknowledgements. The article was prepared with the financial support of the Ministry of Education of the Republic of Belarus as part of the task «Development of a geological and information model of Cenozoic deposits in the Brest and Grodno regions as a basis for forecasting the new most accessible mineral deposits» of the state research program «Natural resources and environment» for 2021–2025 (state registration No. 20211417).

Введение

Кайнозойские отложения, которые в виде чехла разной мощности перекрывают более древние стратиграфические образования, широко распространены на территории Брестской области. Они представлены достаточно сложным комплексом разнофациальных морских и континентальных пород. Литологическое разнообразие кайнозойских отложений позволяет рассматривать их в качестве перспективной ресурсной базы полезных ископаемых региона (в первую очередь строительных материалов).

Несмотря на значительный объем накопленной информации об особенностях строения кайнозойской толщи и ее минерагеническом потенциале, изученность отдельных генетических типов отложений в границах области является недостаточной, что определяет актуальность исследований, направленных на детализацию строения данных отложений в целях прогноза и оценки минерально-сырьевого потенциала области. На современном этапе наиболее оптимально задача оценки перспектив прироста запасов полезных ископаемых на территории может быть решена с использованием информационных техно-

логий, которые позволяют не только сократить время, необходимое для выполнения подобных работ вручную, но и зачастую принципиально улучшить адекватность отражения геологического строения территории. Кроме того, важным преимуществом применения компьютерных методов моделирования в решении задач прогноза является то, что построенные таким способом модели легко поддаются корректировке по мере получения новых данных, тем самым повышается оперативность обновления картографических материалов.

К настоящему времени был накоплен обширный опыт в сфере решения задачи компьютерного геологического моделирования для прогноза полезных ископаемых. Однако разработанные и доказавшие свою практическую эффективность подходы ориентированы преимущественно на моделирование недр территорий размещения залежей горючих или рудных видов сырья [1–4] и в меньшей степени применимы для моделирования недр территорий размещения общераспространенных полезных ископаемых [5; 6]. Это обусловлено, с одной стороны, гораздо меньшими объемами финансирования таких исследований, а с другой стороны, спецификой геоинформационных систем (ГИС), так как большое количество представленных в них инструментов разрабатывались в контексте задач нефтегазразведки, где сеть данных является плотной и равномерной. Применение подобных инструментов по отношению к редкой, неоднородной, разреженной сети данных (что наиболее характерно для общераспространенных ресурсов) зачастую невозможно. В связи с этим реконструкция строения недр и создание моделей прогноза на основе таких данных продолжают оставаться нетривиальными и актуальными задачами, требующими глубокого предварительного научного анализа, систематизации большого объема информации и применения специально разработанных алгоритмов, методик и технологий.

Исходные данные

Информационную базу исследования составили материалы буровой изученности территории Брестской области, предоставленные Институтом природопользования НАН Беларуси и Научно-производственным центром по геологии. Используемые для моделирования данные отличаются большим объемом (представлена информация более чем о 20 характеристиках 5000 скважин, приведено погоризонтное описание литотипов в разрезе каждой скважины (всего 40 590 записей)), типологическим разнообразием (даны сведения в числовом знаковом и числовом беззнаковом виде, а также в виде даты, времени, текста и др.) и особым геопространственным контекстом (представлена информация о пространственной позиции (широта, долгота) скважин, что позволяет идентифицировать их положение на местности). Применяемая для моделирования сеть скважин неравномерно покрывала всю территорию области: на одних участках она являлась достаточно плотной, а на других участках – крайне разреженной.

В целях оценки корректности выполняемых в процессе моделирования построений учитывались накопленные в ходе многолетних исследований обширные материалы о геологическом строении области. В частности, созданные в предыдущие годы прогнозно-минералогические карты территории (предварительно оцифрованные и добавленные в веб-среду *ArcGIS 10.5*) применялись для верификации полученных результатов.

Методика построения цифровой геолого-генетической модели

Процедура построения цифровой геолого-генетической модели кайнозойской толщи Брестской области на основе разработанной и предложенной в настоящем исследовании методики включала несколько этапов.

Этап 1: обработка данных. Исходные данные предварительно обработаны (выполнена корректировка стратиграфических названий и индексов согласно актуальной стратиграфической схеме, сформированы столбцы «кровля слоя», «подошва слоя» для горизонтов, отделов, систем и рассчитаны их абсолютные отметки) и импортированы в ГИС-оболочку *ArcGIS 10.5* [7]. В ГИС-среде произведена геостатистическая обработка набора данных, направленная на поиск выбросов в них [8], для получения максимально корректной результирующей модели (без искажений), а также закодирована информация о литологии пород.

Необходимость разработки системы кодов (валидных значений) для литологических типов пород обусловлена тем, что в исходной базе данных сведения были представлены в описательном виде. Это не позволяло использовать их напрямую для создания предполагаемой модели. Процедура кодирования включала разработку системы кодов с учетом информации о породном составе отложений, представленной в базе данных (см. таблицу), добавление полученной системы кодов в атрибутивную таблицу слоя со скважинами с помощью инструмента *calculated field*, а также формирование домена кодированных значений и присваивание его полю, содержащему закодированные данные.

Система кодирования информации
о литологических типах пород в базе данных
«Буровая изученность территории Брестской области»

The system for coding information
on lithological types of rocks in the database
«Drilling studies of the territory of the Brest Region»

Код	Литологический тип
1	Валунно-галечные отложения
2	Глина
3	Глина, уголь
4	Гравийно-галечные отложения
5	Мергель
6	Песчано-гравийные смеси
7	Песок
8	Песок глауконитово-кварцевый
9	Песок кварцевый
10	Песок, глина
11	Песок, уголь
12	Песок, уголь, глина
13	Песчано-гравийно-галечные отложения
14	Суглинок моренный
15	Суглинок и супесь моренные
16	Супесь моренная
17	Супесь моренная с глиной
18	Торф
19	Уголь

В завершение обработанная база данных была экспортирована в формате CSV с включенными в нее сведениями о наборе геолого-разведочных скважин (информация о географических координатах, глубинах расположения подошвы и кровли литологических слоев, перечень кодов литологии по вертикальным осям каждой скважины).

Этап 2: формирование 3D-модели. Поскольку используемый для моделирования набор данных имел многослойную структуру, что не позволило применить их напрямую для создания двумерных поверхностей, являющихся наиболее доступными и привычными с точки зрения анализа профильными специалистами, была сформирована объемная пространственная геологическая модель кайнозойской толщи региона, которая выступает промежуточным звеном, обеспечивающим возможность последующего перехода к классической двумерной модели.

Так как на отдельных участках сеть данных буровой изученности территории Брестской области являлась разреженной и неоднородной, процесс создания объемной модели был сопряжен с рядом трудностей, достаточно часто возникающих при моделировании недр территорий размещения общераспространенных полезных ископаемых [9; 10]. В частности, из-за специфики данных было невозможно использовать уже зарекомендовавшие себя на практике готовые инструменты, представленные в специализированных ГИС, или применить авторские численные модели [6; 10; 11] ввиду их узкой направленности.

Проблема была решена в результате объемного моделирования на основе диаграммы Вороного, которая в общем виде представляет собой разбиение пространства на ячейки Вороного. Каждая из ячеек Вороного является геометрическим местом точек, расположенных ближе к данному объекту, чем к остальным. В качестве меры близости используется евклидово расстояние, а ячейки Вороного представляют собой трехмерные выпуклые многогранники [12; 13].

Диаграмма Вороного успешно применяется в различных областях знаний: физике, материаловедении, биологии, компьютерной графике и др. Не менее эффективные результаты ее использования отмечаются при моделировании подземных геологических структур, что подтверждается фактическими примерами реконструкции строения недр на основе неоднородных сетей данных бурения [11; 14].

В специализированной научной литературе представлено множество алгоритмов построения диаграммы Вороного, имеющих разную вычислительную сложность¹ [15–17]. Создание диаграммы Вороного, предназначенной для объемного моделирования особенностей строения кайнозойской толщи территории Брестской области, производилось с использованием самостоятельно разработанного модуля на языке программирования C++ и библиотеки Voro++ 0.4.6 с открытым исходным кодом [18].

Разработанный модуль был реализован на основе бесплатного профессионального открытого программного обеспечения *Blender*, предназначенного для создания и редактирования трехмерной графики. Непосредственно процедура моделирования с использованием написанного скрипта включала следующие шаги.

Шаг 1: импорт набора точечных данных бурения из файла формата CSV, сформированного на предыдущем этапе.

Шаг 2: размещение загруженного набора точек с учетом их координатной привязки на вертикальных осях скважин между подошвой и кровлей каждого из литологических слоев.

Шаг 3: формирование набора выпуклых многогранников вокруг каждой точки.

Шаг 4: разделение сформированного пространства на цветные области в соответствии с кодом типа пород, присущего каждому многограннику.

Завершением работы стало послойное (с указанным фиксированным шагом по глубине) разбиение трехмерного пространства на набор растровых поверхностей с элементами заданных горизонтальных размеров и численно закодированной литологической информацией для последующего анализа средствами ГИС. Шаг разбиения 1 м. Данная величина соответствует минимальному приемлемому для добычи значению мощности продуктивной толщи по отношению к большинству общераспространенных полезных ископаемых [19]. Всего было сформировано 279 растровых слоев (на основании максимальной отметки устья скважины для данной территории). Для тех участков региона, где фактические отметки рельефа были ниже значения 279, ячейкам присваивалось значение –9999 (нет данных). Сформированный в результате нарезки трехмерной модели набор растровых слоев *litology* экспортировался в формате ASC. Итоговые растровые слои имели размер ячеек 1 × 1 км.

Этап 3: обработка набора файлов формата ASC в ГИС-оболочке *ArcGIS 10.5*. Данный этап направлен на подготовку набора растровых слоев *litology* к численной обработке. Для этого в программную оболочку *ArcGIS 10.5* загружен растр, представляющий наиболее глубокий слой кайнозойской толщи. После загрузки растра с помощью инструмента *raster to point* произведена его пространственная привязка и выполнена трансформация в набор точечных пространственных объектов, где каждая точка соответствовала центру ячейки, которую она представляла. Затем с использованием инструмента *extract multi values to points* значения ячеек всех последующих растров извлечены в сформированный набор точечных объектов. Полученная в результате преобразования растровых покрытий база данных «LitoKod», состоящая из 87 620 записей, была экспортирована в формате DBF. Для автоматизации и ускорения обработки набора файлов формата ASC в приложении *ModelBuilder* ГИС-оболочки *ArcGIS 10.5* создан инструмент обработка ASC.

Этап 4: обработка базы данных «LitoKod». Для обработки полученного массива данных, в том числе решения проблемы многослойной структуры данных, был использован программный пакет *Wolfram Mathematica*. Процедура включала следующие шаги.

Шаг 1: импорт массива данных в формате DBF.

Шаг 2: разделение загруженного массива данных на поднабор *coordxy* и поднабор *mass*. Поднабор *coordxy* объединяет в отдельные подписки значения *x*, *y* координат по каждой точке:

$$\{ \{23.875, 52.630\}, \{23.884, 52.630\}, \{ \dots \}, \dots \}.$$

Поднабор *mass* представляет собой набор цепей из 279 элементов с закодированными данными о литологии пород в каждой координатной точке:

$$\{ \{ \dots, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7, 7, \dots \}, \{ \dots, 8, 8, 8, 8, 8, 7, 7, 7, \dots \}, \{ \dots \}, \dots \}.$$

Шаг 3: расчет фактических отметок рельефа в каждой точке координат. С учетом того что нарезка трехмерной модели производилась по самой максимальной отметке устья из набора скважин, были вычислены фактические отметки рельефа для каждой координаты. С этой целью каждый список из поднабора *mass* заменялся на список пар, состоящих из элемента (кода литологии) и количества его повторений в серии, с использованием метода сжатия *RunLengthEncode*:

$$\{ \{ \{8, 76\}, \{7, 48\}, \{-9999, 134\} \}, \{ \{8, 76\}, \{7, 35\}, \{-9999, 134\} \}, \{ \{ \dots \} \}, \dots \}.$$

¹Rycroft C. H. Voro++. A general overview [Electronic resource]. URL: <https://math.lbl.gov/voro++/about.html/> (date of access: 11.08.2022).

После этого с использованием встроенной функции `take` по каждому списку из последней пары значений извлечен элемент, отражающий количество пустых данных (–9999), которые содержатся в точке, и произведено вычитание полученных значений из отметки 279. В результате был сформирован массив `relief`:

`{{145}, {145}, {...}, ...}`.

Шаг 4: расчет значений мощности пород. Элементы массива `mass` преобразованы таким образом, что в каждой цепи сохранен только код породы, для которой производился расчет, например код 7 (песок), а всем остальным элементам присвоено значение 0:

`{...0, 0, 0, 0, 7, 7, 7, 7, ...}, {...0, 0, 0, 0, 0, 7, 7, 7, ...}, {...}, ...}`.

Затем по каждой цепи были закодированы длины серий, которые отражают мощности пород одного типа, залегающих подряд (массив `capacity`):

`{{{0, 76}, {7, 48}, {0, 134}}, {{0, 76}, {7, 35}, {0, 134}}, {...}, ...}`.

Шаг 5: расчет отметок кровли. Данная операция выполнялась на основе массива `capacity` путем последовательного сложения мощностей в подписках в пределах одного списка посредством функции `accumulate`. В результирующем массиве `krov` каждый элемент подписки отражал значение кровли для каждой серии пород в списке:

`{{76, 124, 258}, {76, 111, 245}, {...}, ...}`.

Шаг 6: вычисление отметок мощности вскрышных пород. Процедура включала вычитание отметок массива `krov` из массива `relief`, в результате чего был сформирован массив `vskr`:

`{{{65}, {17}, {16}}, {{65}, {25}, {16}}, {...}, ...}`.

Шаг 7: интеграция данных. По завершении расчетов всех необходимых характеристик для каждой точки с использованием функции `transpose` было выполнено объединение значений, представленных в массивах `capacity`, `krov`, `vskr`, `coordxy`, в массив `itog`:

`{{76, 65, 0, 76, 23.875, 52.630}, {124, 17, 7, 48, 23.875, 52.630},
{258, 16, 0, 134, 23.875, 52.630}, {...}, ...}`.

Шаг 8: удаление подпунктов, содержащих значение 0. Из массива `itog` удалены подпункты, где на 3-й позиции, хранящей значения кода пород, находилось значение 0. Для этого произведен поиск всех позиций со значением 0, после чего из полученного массива были извлечены только те подпункты, в которых значение 0 находилось на 3-й позиции (массив `null`):

`{{1, 1, 3}, {3, 1, 3}, {...}, ...}`.

В завершение из списков массива `itog` удалялись элементы по позициям, хранящимся в массиве `null`.

Шаг 9: сортировка данных. С учетом того что в итоговом массиве были представлены несколько подпунктов данных по каждой координате и первичные данные имели многослойную структуру, в целях обеспечения возможности создания 2D-модели из набора представленных для каждой точки подпунктов был отобран подпункт, характеристики которого являлись наиболее оптимальными с точки зрения последующего освоения залежи. При выборе оптимального подпункта учитывались значение мощности породы и значение мощности вскрышной породы. Соответственно, чем больше мощность продуктивной толщи и меньше мощность перекрывающих ее пород, тем она более приемлема для освоения. Чтобы найти оптимальное соотношение между мощностью и вскрышей, для каждой скважины применялась расширенная сортировка, реализованная с использованием функции `SortBy`, при проведении которой приоритет отдавался значению мощности породы.

Шаг 10: экспорт данных в формате CSV. По результатам обработки базы данных «LitoKod» в программном пакете *Wolfram Mathematica* были сформированы 19 файлов (по 1 файлу для каждого литологического типа пород), которые преобразовывались в формат XLS для импорта в веб-среду *ArcGIS 10.5*.

Этап 5: формирование 2D-модели. Данный этап реализовывался в программном пакете *ArcGIS 10.5* и состоял из нескольких шагов.

Шаг 1: импорт обработанных на предыдущем этапе файлов в ГИС-оболочку.

Шаг 2: формирование набора векторных точечных слоев для каждого типа пород, представленных в таблице, путем использования функции `добавить XY` данные.

Шаг 3: пространственная привязка сформированных точечных наборов данных.

Шаг 4: преобразование точечных векторных слоев в растровые покрытия, для создания которых применялся инструмент *point to raster*, где в качестве поля присвоения значений задавалась функция *мощность*, а размер ячейки устанавливался равным 1 км.

Шаг 5: конвертация растровых покрытий в векторный формат с применением инструмента *raster to polygon*, в результате чего был сформирован набор классов векторных полигональных объектов, которые в дальнейшем использовались для создания прогнозно-минерагенических карт.

Для автоматизации вышеперечисленных процедур в приложении *ModelBuilder* был разработан инструмент 2D-моделирование.

Этап 6: верификация результатов моделирования. Завершающим этапом построения цифровой геолого-генетической модели Брестской области стала верификация результатов моделирования на основе предложенной методики. Для этого полученные авторами настоящей статьи двумерные модели были сопоставлены с картографическими материалами предшественников. В целях обеспечения корректности процедуры сопоставления были отобраны несколько тестовых участков, в границах которых исходные данные, используемые предшественниками, были наиболее близки к данным, применяемым для моделирования в настоящей работе. Чтобы корректно верифицировать полученные результаты для всей территории региона, потребовались бы большие трудовые и временные затраты, связанные с необходимостью ручного составления схем по используемому в данной работе набору скважин. С учетом методики, применявшейся предшественниками, авторы настоящего исследования не проводили верификацию результатов моделирования для всей территории области.

Результаты и их обсуждение

С использованием вышеописанной методики на основе данных геологического бурения была создана цифровая геолого-генетическая модель кайнозойских отложений Брестской области, представляющая собой сконцентрированную систему данных о структурных, литологических и горно-геологических особенностях строения кайнозойской толщи региона.

В объемном виде модель состоит из множества выпуклых многогранников (рис. 1) в трехмерном пространстве, смежные группы которых являются телами залежей осадочных пород, пригодных для рассмотрения в качестве потенциальных для освоения ресурсов нерудного сырья в регионе, и обеспечивает возможность проецирования упоминаемых групп выпуклых многогранников на плоскость карты.

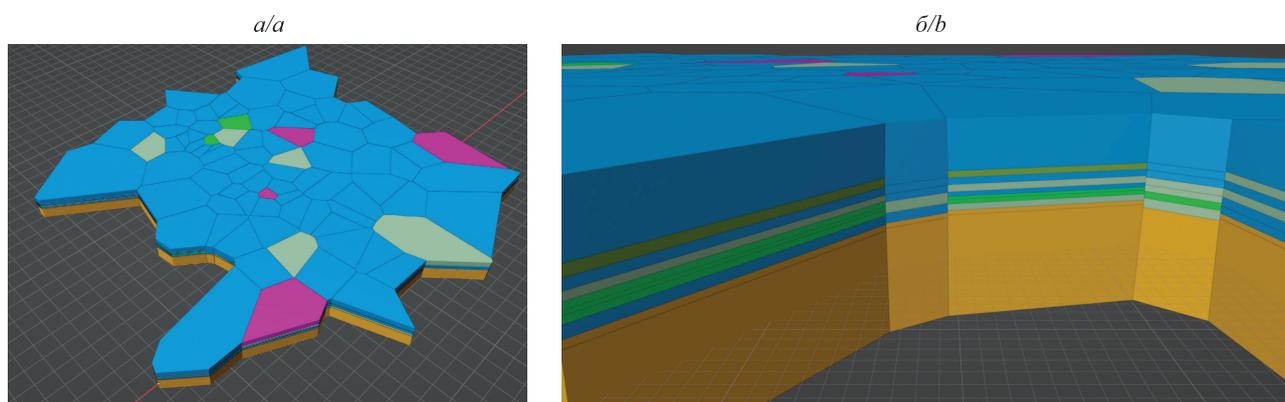


Рис. 1. Пример сформированной объемной модели тестового участка:
а – вид сверху; б – вид сбоку

Fig. 1. An example of the formed three-dimensional model of the test area:
a – top view; b – side view

Послойно разрезанная модель вмещает в себя набор из 279 файлов формата ASC, которые хранятся в собранном виде в единой папке. Каждый файл содержит закодированную информацию о типах пород, встречающихся на определенном уровне залегания (рис. 2).

Двумерная модель кайнозойской толщи Брестской области представляет собой структурированные в виде файловой базы геоданных наборы векторных точечных слоев, полученных в ходе численной обработки нарезанной на слои объемной модели, растровых покрытий (для каждого из 19 типов пород) и классов полигональных объектов (по 1 классу для каждого типа пород), отражающих предварительные границы распределения залежей общераспространенных полезных ископаемых, их мощности, отметки залегания, а также мощности перекрывающих отложений.

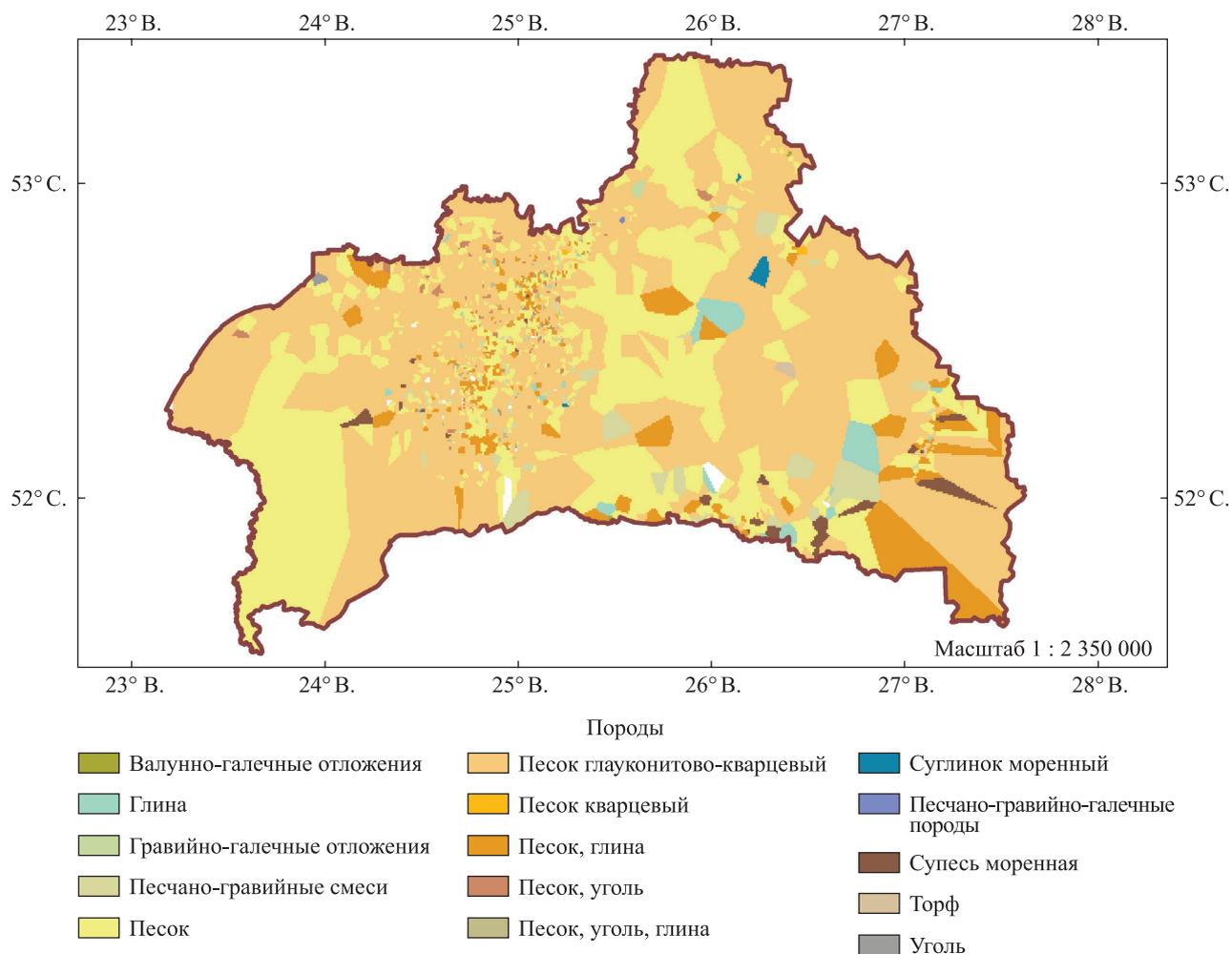


Рис. 2. Пример растровой модели, отражающей особенности распространения литотипов (абсолютная отметка среза 31 м)

Fig. 2. An example of a raster model that reflects the features of the distribution of lithotypes (the absolute elevation of the cut is 31 m)

Стоит отметить, что именно реализованная 2D-модель является основной, так как она наиболее привычна с точки зрения анализа профильными специалистами. Данная модель может выступать платформой для расширения местной ресурсной базы нерудного сырья региона. Достоверность выделенных и представленных в ходе двумерного моделирования контуров залежей общераспространенных полезных ископаемых была подтверждена по результатам проведенной верификации. Как видно из рис. 3, контуры залежей, выделенные авторами настоящей статьи с применением разработанного алгоритма, близки к границам залежей, установленным предшественниками. Имеющиеся различия объясняются численной разностью данных, а также различиями в приемах, использованных для моделирования. В дальнейшем для уточнения выделенных первичных контуров к исходной модели могут быть добавлены иные геологические критерии, контролирующие распределение залежей общераспространенных полезных ископаемых в регионе [20].

Разработанная модель послужила основой для создания базового комплекта цифровых прогнозно-минерагенических карт региона, составленного по наиболее значимым с точки зрения мощности и представительным в площадном отношении типам пород. Комплект включает карты распределения прогнозных залежей песков, песчано-гравийных пород, глин, песков с прослоями глинистого материала, торфа, валунно-галечных и песчано-гравийно-галечных пород, моренных супесей и суглинков. На рис. 4 приведен пример реализованной прогнозно-минерагенической карты для залежей глинистых пород.

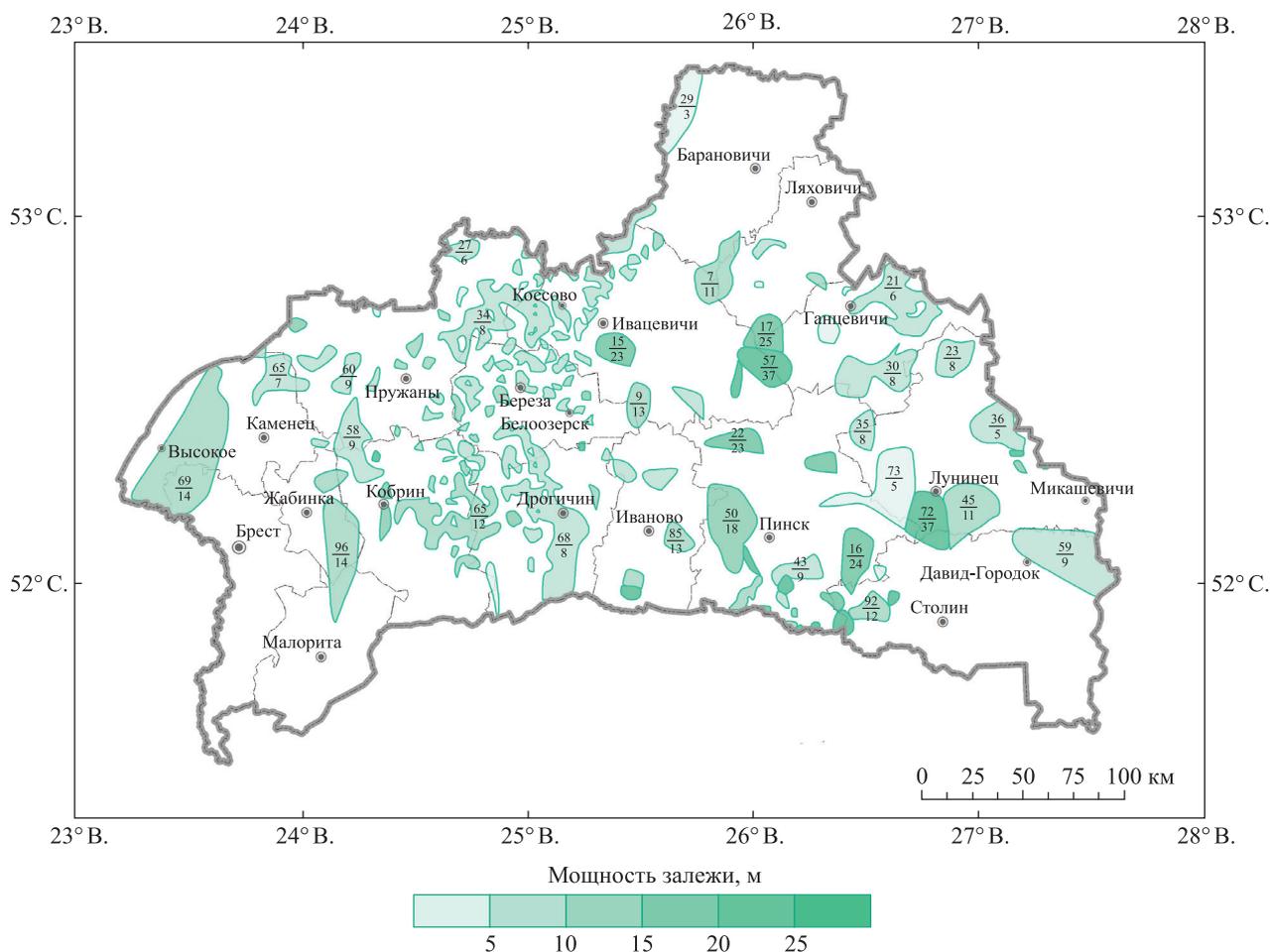


Рис. 4. Карта перспективных площадей залегания глины, выделенных в ходе моделирования (в числителе указаны преобладающие мощности вскрышных пород, в знаменателе – мощности продуктивной толщи)

Fig. 4. Map of promising areas for clay identified during modelling (the numerator is the prevailing thickness of overburden, the denominator is the thickness of productive stratum)

Заклучение

В ходе проведенного исследования была разработана авторская методика трехмерной реконструкции строения недр на основе разреженной и неоднородной сети данных геологического бурения, базирующаяся на диаграмме Вороного и обеспечивающая возможность последующего разделения объема трехмерного пространства на слои с заданным фиксированным шагом по глубине и дальнейшей численной обработкой растровых слоев с использованием написанного программного кода. Предложенная методика была апробирована на данных геологического бурения территории Брестской области. Она позволяет решать проблему многослойности структуры скважинных данных и обеспечивает возможность построения наиболее привычных с точки зрения анализа профильными специалистами двумерных поверхностей.

Результатом моделирования кайнозойской толщи Брестской области стал комплект цифровых прогнозно-минерагенических карт региона, отражающих пространственные особенности локализации установленных в ходе моделирования залежей наиболее распространенных и значимых по мощности типов пород.

Сформированная модель может иметь широкое применение и служить основой для реализации экономических, экологических и социальных оценок, связанных с добычей общераспространенных полезных ископаемых в регионе, а предложенная методика ее создания может выступать базисом при проведении подобных исследований в других регионах Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Демеритт М. Моделирование подземных структур в *ArcGIS*. *ArcReview* [Интернет]. 2017 [прочитано 8 декабря 2022 г.];2. Доступно по: <https://arcreview.esri-cis.ru/2017/05/14/arcgis-underground-modelling/>.
2. Ханжиян Е, Мараев В. Геоинформационная система и база геоданных на основе карт Атласа геологического строения и нефтегазоносности Юга России. *ArcReview* [Интернет]. 2005 [прочитано 20 декабря 2022 г.];1. Доступно по: <https://arcreview.esri-cis.ru/2005/03/14/atlas-of-geostructure-and-oilgas-southrussia/>.
3. Закревский КЕ, Бобров АВ, Воробьев ДВ, Горкальцев АА, Залялиев АР, Иваницкий МЮ и др. *Геологическое моделирование горизонта Ю₁ Томской области*. Закревский КЕ, редактор. Томск: Томский государственный университет; 2016. 153 с.
4. Walsh SDC, Northey SA, Huston D, Yellishetty M, Czarnota K. Bluecap: a geospatial model to assess regional economic viability for mineral resource development. *Resources Policy*. 2020;66:1–11. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101598.
5. Прозоров СВ, Шпильман АВ, Улазова ЕВ. Контроль за месторождениями общераспространенных полезных ископаемых. *ArcReview* [Интернет]. 2006 [прочитано 12 сентября 2022 г.];4. Доступно по: <https://arcreview.esri-cis.ru/2006/10/04/monitoring-of-deposits/>.
6. Поклонов ВИ, Семенов ФВ, Иванов СК. Создание прогнозно-математической модели закономерностей размещения кварцевых песков для строительных работ на территории Республики Марий Эл. *Разведка и охрана недр*. 2015;7:23–26.
7. Маевская АН, Крошинский ВА. *Методическое руководство по составлению цифровых структурно-геологических карт территории Республики Беларусь в среде ArcGIS*. Брест: Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина; 2021. 28 с.
8. Маевская АН, Шешко НН, Богдасаров МА. Алгоритм обработки данных геологических изысканий с применением ГИС-технологий (на примере материалов буровой изученности территории Брестской области). *Вестник Брэскага ўніверсітэта. Серыя 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі*. 2020;2:94–103.
9. Чингизович АР. Перспективы создания цифровых моделей геологических карт с использованием персональных баз геоданных. *ArcReview* [Интернет]. 2010 [прочитано 18 октября 2022 г.];2. Доступно по: <https://arcreview.esri-cis.ru/2010/05/15/using-of-personal-gdb/>.
10. Аузин АА, Глазнев ВВ. Разработка трехмерных компьютерных моделей геологических сред. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2000;5:177–182.
11. Васильев ПВ, Ледоукс Х. Применение 3D триангуляции Делоне и диаграммы Вороного в ГИС недропользования. В: Ткачев НА, редактор. *Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы VIII Международной научно-методической конференции; 7–8 февраля 2008 г.; Воронеж, Россия. Том 1*. Воронеж: Институт международного образования Воронежского государственного университета; 2008. с. 101–110.
12. Гордеев ЭН. Диаграмма Вороного: обзор. Распознавание, классификация, прогноз. *Математические методы и их применение*. 1992;4:41–67.
13. Шмелева АК, Воропинов АА, Новиков ИГ, Шурыгин АВ. Алгоритм ускорения поиска геометрической близости точек для построения неструктурированных сеток. *Вестник Саровского физтеха*. 2011;17:37–43.
14. Boissonnat J-D, Nullans S. Reconstruction of geological structures from heterogeneous and sparse data. In: Makki K, Pissinou N, Shekhar S, Bergougnoux P, editors. *GIS'96. Proceedings of the 4th ACM international workshop on advances in geographic information systems; 1996 November 15–16; Rockville, USA*. New York: Association for Computing Machinery; 1996. p. 3–24.
15. Ledoux H. Computing the 3D Voronoi diagram robustly: an easy explanation. In: Gold KH, editor. *The 4th International symposium on Voronoi diagrams in science and engineering; 2007 July 9–11; Glamorgan, UK*. Glamorgan: Glamorgan Press; 2007. p. 117–129.
16. Никифоров ИА. Применение диаграммы Вороного для классификации запасов полезных ископаемых. В: Оренбургский центр Уральского отделения РАН. *Проблемы геологии, охраны окружающей среды и управление качеством экосистем. Материалы Всероссийской научно-практической конференции; 23–24 ноября 2006 г.; Оренбург, Россия*. Оренбург: Оренбургский государственный университет; 2006. с. 373–376.
17. Локтев МА. Применение диаграммы Вороного на основе функционально-воксельного моделирования в задачах поиска пути. В: Толоч АВ, редактор. *Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2017). Материалы XVII Международной научно-практической конференции; 12–14 декабря 2017 г.; Москва, Россия*. Москва: Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН; 2017. с. 53–57.
18. Черемисина ЕН, Никитин АА. Геоинформационные системы в природопользовании. *Геоинформатика*. 2006;3:5–20.
19. Ярцев ВИ, Губин ВН, Высоцкий ЭА. *Поиски и разведка месторождений минерального строительного сырья*. Минск: БГУ; 2001. 120 с.
20. Богдасаров МА, Шешко НН, Маевская АН. Методические подходы к прогнозированию и оценке ресурсов минерального строительного сырья. *Литасфера*. 2021;54:138–146.

References

1. Demeritt M. Modelling underground structures in *ArcGIS*. *ArcReview* [Internet]. 2017 [cited 2022 December 8];2. Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2017/05/14/arcgis-underground-modelling/>. Russian.
2. Khanzhiyan E, Maraev V. Geoinformation system and geodatabase based on the maps of the Atlas of geological structure and petroleum potential of the South of Russia. *ArcReview* [Internet]. 2005 [cited 2022 December 20];1. Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2005/03/14/atlas-of-geostructure-and-oilgas-southrussia/>. Russian.
3. Zakrevskii KE, Bobrov AV, Vorob'ev DV, Gorkal'tsev AA, Zalyaliev AR, Ivanitskii MY, et al. *Geologicheskoe modelirovanie gorizonta Yu₁ Tomskoi oblasti* [Geological modelling of the Yu₁ horizon of the Tomsk region]. Zakrevskii KE, editor. Tomsk: Tomsk State University; 2016. 153 p. Russian.
4. Walsh SDC, Northey SA, Huston D, Yellishetty M, Czarnota K. Bluecap: a geospatial model to assess regional economic-viability for mineral resource development. *Resources Policy*. 2020;66:1–11. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101598.

5. Prozorov SV, Shpil'man AV, Ulazova EV. Control over deposits of common minerals. *ArcReview* [Internet]. 2006 [cited 2022 September 12];4. Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2006/10/04/monitoring-of-deposits/>. Russian.
6. Poklonov VI, Semenov FV, Ivanov SK. Creating a predictive mathematical model laws governing the distribution of quartz sand for construction work on the territory of the Republic of Mari El. *Prospect & Protection of Mineral Resources*. 2015;7:23–26. Russian.
7. Maevskaya AN, Kroshinskii VA. *Metodicheskoe rukovodstvo po sostavleniyu tsifrovyykh strukturno-geologicheskikh kart territorii Respubliki Belarus' v srede ArcGIS* [Guidelines for compiling digital structural-geological maps of the territory of the Republic of Belarus in the ArcGIS environment]. Brest: Brest State A. S. Pushkin University; 2021. 28 p. Russian.
8. Maevskaya AN, Sheshko NN, Bogdasarov MA. Algorithm for processing data of geological surveys using GIS technologies (on the example of the materials of drilling study of Brest region territory). *Vesnik of Brest University. Series 5, Chemistry. Biology. Sciences about Earth*. 2020;2:94–103. Russian.
9. Chingizovich AR. Prospects for creating digital models of geological maps using personal geodatabases. *ArcReview* [Internet]. 2010 [cited 2022 October 18];2. Available from: <https://arcreview.esri-cis.ru/2010/05/15/using-of-personal-gdb/>. Russian.
10. Auzin AA, Glaznev VV. [Development of three-dimensional computer models of geological environments]. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*. 2000;5:177–182. Russian.
11. Vasiliev PV, Ledoux H. Modeling mineral deposits with GIS on the base of 3D Delaunay triangulation and Voronoi diagram. In: Tkachev NA, editor. *Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii. Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii; 7–8 fevralya 2008 g.; Voronezh, Rossiya. Tom 1* [Informatics: problems, methodology and technology. Proceedings of the 8th International scientific and methodological conference; 2008 February 7–8; Voronezh, Russia. Volume 1]. Voronezh: Institute of International Education of Voronezh State University; 2008. p. 101–110. Russian.
12. Gordeev EN. [Voronoi diagram: an overview. Recognition, classification, forecast]. *Matematicheskie metody i ikh primeneniye*. 1992;4:41–67. Russian.
13. Shmeleva AK, Voropinov AA, Novikov IG, Shurygin AV. [Algorithm for accelerating the search for geometric proximity of points for constructing unstructured grids]. *Vestnik Sarovskogo fiztekha*. 2011;17:37–43. Russian.
14. Boissonnat J-D, Nullans S. Reconstruction of geological structures from heterogeneous and sparse data. In: Makki K, Pissinou N, Shekhar S, Bergougnoux P, editors. *GIS'96. Proceedings of the 4th ACM international workshop on advances in geographic information systems; 1996 November 15–16; Rockville, USA*. New York: Association for Computing Machinery; 1996. p. 3–24.
15. Ledoux H. Computing the 3D Voronoi diagram robustly: an easy explanation. In: Gold KH, editor. *The 4th International symposium on Voronoi diagrams in science and engineering; 2007 July 9–11; Glamorgan, UK*. Glamorgan: Glamorgan Press; 2007. p. 117–129.
16. Nikiforov IA. [Applying the Voronoi diagram to classify mineral reserves]. In: Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science. *Problemy geologii, okhrany okruzhayushchei sredy i upravleniye kachestvom ekosistem. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 23–24 noyabrya 2006 g.; Orenburg, Rossiya* [Problems of geology, environmental protection and quality management of ecosystems. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference; 2006 November 23–24; Orenburg, Russia]. Orenburg: Orenburg State University; 2006. p. 373–376. Russian.
17. Loktev MA. [Application of the Voronoi diagram based on functional voxel modeling in pathfinding problems]. In: Tolok AV, editor. *Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (CAD/CAM/PDM-2017). Materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 12–14 dekabrya 2017 g.; Moskva, Rossiya* [Systems for design, technological preparation of production and management of the stages of the life cycle of an industrial product (CAD/CAM/PDM-2017). Proceedings of the 17th International scientific and practical conference; 2017 December 12–14; Moscow, Russia]. Moscow: V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences; 2017. p. 53–57. Russian.
18. Cheremisina EN, Nikitin AA. [Geoinformation systems in nature management]. *Geoinformatika*. 2006;3:5–20. Russian.
19. Yartsev VI, Gubin VN, Vysotskii EA. *Poiski i razvedka mestorozhdenii mineral'nogo stroitel'nogo syr'ya* [Prospecting and exploration of deposits of mineral construction raw materials]. Minsk: Belarusian State University; 2001. 120 p. Russian.
20. Bogdasarov MA, Sheshko NN, Maevskaya AN. Methodological approaches to forecasting and assessing the resources of building mineral raw materials. *Lithosphere*. 2021;54:138–146. Russian.

ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ

HISTORY OF GEOGRAPHICAL SCIENCE

УДК 910.1

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ ЗАРУБЕЖНОГО МИРА В КООРДИНАТАХ ТВОРЧЕСТВА А. Е. СЛУКИ: К 100-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ УЧЕНОГО – УРОЖЕНЦА БЕЛАРУСИ

Н. А. СЛУКА¹⁾, Е. А. АНТИПОВА²⁾

¹⁾Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, 119991, г. Москва, Россия

²⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Со дня рождения советского и российского географа, демогеографа, страноведа, специалиста по социально-экономической географии зарубежного мира А. Е. Слукки 26 июня 2023 г. исполняется 100 лет. Заслуженный профессор Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, доктор географических наук А. Е. Слукка, родившийся в г. Горки Могилёвской области, является видным российским ученым, одним из ведущих исследователей социально-экономической географии Западной Европы, специалистом по изучению географии Франции и географии населения мира. Он развивал университетскую научную школу социально-экономической географии, основанную в 1930-х гг. профессорами Н. Н. Баранским и И. А. Витвером. Раскрывается вклад А. Е. Слукки в становление социально-экономической географии по основным направлениям его научных интересов – географическому франковедению, демогеографической европеистике, социальной географии Большого Парижа. Отражается деятельность учеников А. Е. Слукки по разработке этих научных направлений.

Ключевые слова: экономико-географическое страноведение; географическое франковедение; демогеографическая европеистика; социальная география Большого Парижа.

Образец цитирования:

Слукка НА, Антипова ЕА. Социально-экономическая география зарубежного мира в координатах творчества А. Е. Слукки: к 100-летию юбилею ученого – уроженца Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2023;1:119–129.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-119-129>

For citation:

Sluka NA, Antipova EA. Socio-economic geography of the foreign world in the coordinates of A. E. Sluka: to the 100th anniversary of the scientist – native of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2023;1:119–129. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2023-1-119-129>

Авторы:

Николай Александрович Слукка – доктор географических наук; старший научный сотрудник, профессор кафедры географии мирового хозяйства географического факультета.
Екатерина Анатольевна Антипова – доктор географических наук, профессор; профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Nikolai A. Sluka, doctor of science (geography); senior researcher, professor at the department of geography of the world economy, faculty of geography.
sluka2011@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2974-1027>
Ekaterina A. Antipova, doctor of science (geography), full professor; professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
antipovaekaterina@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-7862-5500>



SOCIO-ECONOMIC GEOGRAPHY OF THE FOREIGN WORLD IN THE COORDINATES OF A. E. SLUKA: TO THE 100th ANNIVERSARY OF THE SCIENTIST – NATIVE OF BELARUS

N. A. SLUKA^a, E. A. ANTIPOVA^b

^aLomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

^bBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: E. A. Antipova (antipovaekaterina@gmail.com)

The 100th anniversary of the birth of the Soviet and Russian geographer, demogeographer, country expert, specialist in the socio-economic geography of the foreign world A. E. Sluka marks 2023 June 26. Honored professor of the Lomonosov Moscow State University, doctor of science (geography) A. E. Sluka, who was born in the city of Gorki, Mogilev region, is a prominent Russian scientist in the field of world population geography, one of the leading researchers in the socio-economic geography of Western Europe, French specialist. He made an important contribution to the development of the university scientific school of socio-economic geography, founded in the 1930s by professors N. N. Baransky and I. A. Vitver. The contribution of A. E. Sluka to the development of socio-economic geography in the main areas of his scientific interests – geographical French studies, demogeographic European studies, social geography of Greater Paris is revealed. The activity of A. E. Sluka's students in the development of these scientific directions is comprehended.

Keywords: economic and geographical country studies; geographical French studies; demogeographic European studies; social geography of Greater Paris.

Введение

Труды по истории науки не только выполняют такие важные функции, как ведение летописи науки и передача знаний о предшественниках, и способствуют преемственности поколений (что, безусловно, сказывается на престижности науки и образования), но и представляют большой интерес для исследователей. Подобные публикации, в которых раскрываются события из жизни отдельных ученых, позволяют систематизировать, сопоставить и по-новому оценить многие сложные, часто неочевидные процессы, явления и феномены. Это касается как формирования разных школ, центров и направлений географической науки [1–3], так и вклада в ее развитие отдельных личностей [4–6]. Особую когорту выдающихся тружеников и отчасти незаслуженно забытых ученых составляют послевоенные выпускники Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова – продолжатели школы Витвера, страноведы зарубежного мира. Кафедра экономической и политической географии капиталистических стран была создана при почвенно-географическом факультете МГУ в 1934 г. Н. Н. Баранским и И. А. Витвером, который возглавлял ее до 1956 г.¹ Следует отметить, что И. А. Витвер справедливо считается основателем советской научной школы социально-экономического страноведения.

«После переезда в 1953 г. в новое здание на Ленинских горах заметно увеличился штатный состав кафедры за счет ее выпускников – И. М. Маергойза, Э. Б. Валева, А. Е. Слуки, И. Ф. Антоновой, Н. М. Польской, Ю. В. Илинич, И. М. Кузиной, К. В. Покровской и других»². В число ближайших учеников, послевоенных аспирантов и соратников И. А. Витвера входит Александр Евгеньевич Слука, родившийся в 1923 г. в небольшом городе Горки Могилёвской области, прошедший Великую Отечественную войну и проделавший путь от студента и аспиранта географического факультета МГУ до крупного специалиста – страноведа и педагога, удостоенного звания «Заслуженный профессор Московского университета». В 1984 г. А. Е. Слука защитил докторскую диссертацию «Население Западной Европы: воспроизводство, миграции, расселение, занятость», издав на основе ее материалов монографию [7]. В общей сложности он опубликовал почти 200 научных и учебно-методических работ по разным темам социально-экономической географии³. До самой кончины, 11 августа 2014 г., основная деятельность А. Е. Слуки была неразрывно связана с географическим факультетом МГУ.

¹В 1959 г. кафедра экономической и политической географии капиталистических стран была разделена на кафедру экономической и политической географии капиталистических и развивающихся стран и кафедру экономической географии социалистических стран. Заведующим кафедрой экономической и политической географии капиталистических и развивающихся стран стал профессор В. В. Вольский, который возглавлял ее в течение 40 лет.

²История кафедры социально-экономической географии зарубежных стран [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/segzs/about/history/> (дата обращения: 15.06.2022).

³Профессора Московского университета, 1755–2004 : биограф. слов. : в 2 т. Т. 2. М – Я / авт.-сост.: А. Г. Рябухин, Г. В. Брянцева ; под ред. В. А. Садовниченко, В. И. Ильченко. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2005. 763 с.

Во второй половине XX – начале XXI в. научные идеи А. Е. Слуки оказали глубокое воздействие на становление отечественной экономической и социальной географии, страноведения зарубежного мира, которое еще не было осмыслено в полной мере. Цель данной статьи, выходящей в год 100-летия со дня рождения А. Е. Слуки, – анализ его научного наследия и вклада в развитие научной и образовательной составляющих школы Витвера.

А. Е. Слука и географическое франковедение

Согласно сложившейся традиции разделения труда и обеспечения учебного процесса большинство питомцев школы Витвера, как правило, одновременно занимались изучением географии одной-двух стран и нескольких отраслей или сфер хозяйства. Так, О. В. Витковский специализировался на исследовании географии Германии, проблем промышленности и вопросов политической географии, Л. М. Бонифатьева – на анализе экономико-географических характеристик стран Азии и основных положений географии городов, И. М. Кузина – на рассмотрении особенностей стран переселенческого капитализма (США, Канада, Австралия и т. д.) и аспектов аграрного сектора, Н. М. Польская – на осмыслении экономико-географических характеристик Великобритании, а А. Е. Слука – на изучении географии Франции и вопросов географии населения. В своих страноведческих трудах ученики И. А. Витвера ориентировались на его заветы и преимущественно на классическую схему экономико-географической характеристики страны или района, созданную еще Н. Н. Баранским, который нацеливал на следующее: «Для характеристики отбираются важнейшие черты, отличающие данную страну или район от всех прочих; эти черты приводятся в определенную связь между собой, в определенную систему, из них выделяется ведущая, занимающая в этой системе центральное положение. Затем мобилизуются те особенности в положении, природе и исторических судьбах данной страны или района, которые могут объяснить уже выявленные нами особенности хозяйственного облика данной страны или района. И в положении, и в природных условиях, и в исторических судьбах, равно как и в современном хозяйстве страны, берется особенное, именно для данной страны специфическое, выделяющее ее из ряда других стран. Того, что есть везде, в географии не должно быть нигде» [8, с. 153].

Схема экономико-географической характеристики района по Баранскому предполагает анализ следующих компонентов:

- основной плановой идеи района (обоснование его границ);
- природных условий и ресурсов района (их хозяйственная оценка);
- историко-географического контекста района;
- населения района;
- производственных связей основного хозяйственного комплекса района (общая экономико-географическая характеристика);
- внутреннего районирования, т. е. каждого подрайона;
- перспектив района [8, с. 122].

«По этой схеме были построены характеристики районов СССР и в учебниках Н. Н. Баранского, и в первом издании Большой советской энциклопедии (БСЭ), где Н. Н. Баранский возглавлял географическую редакцию» [9, с. 59]. В соответствии с ней готовились и первые труды по экономико-географическому страноведению зарубежного мира. Например, И. А. Витвер заложил основы географической латиноамериканистики и европеистики [10–12]. В 1950–60-х гг. вышли крупные монографии И. М. Маергойза [13; 14], в Государственном издательстве географической литературы (Географгиз) начала публиковаться серия книг «У карты мира» (см., например, [15–17]). Опираясь на научные труды И. А. Витвера [18], А. Е. Слука оказался у истоков географического франковедения. Классическим считается его первое учебное пособие [19]. Оно было существенно дополнено И. А. Витвером в совместной монографии [20], которую Н. Н. Баранский и известный экономикогеограф К. М. Попов оценили «как мастерски выполненную, по-настоящему страноведческую работу» [21, с. 19]. Особое внимание научной общественности привлекла также фундаментальная книга И. А. Витвера, А. Е. Слуки и Г. П. Черникова [22], опубликованная уже после смерти И. А. Витвера. В следующих работах А. Е. Слуки воплотились основные принципы витверовской научной школы: историзм, широта и комплексность подхода, объективность и точность изложения выводов, а также постоянное обращение к теории и практике экономического районирования. В частности, во всех книгах А. Е. Слуки о Франции характеристике экономических районов отводится более трети текста. Монография И. А. Витвера и А. Е. Слуки [20] представляет несомненный интерес и в историко-географическом плане, и с точки зрения мастерства региональных зарисовок, во многом она не утратила своего значения и сейчас [21, с. 20].

На протяжении всей профессиональной карьеры А. Е. Слука многократно обращался к экономико-географической характеристике района, выделяя в ней по крайней мере три аспекта. Во-первых, в экономико-географической характеристике района ученый усматривал опору региональной политики экономического и социального развития страны: «Понятие “районы” во Франции весьма значимо, и без знания районной специфики трудно понять происходящие в стране процессы» [23, с. 111]. Во-вторых, по мнению А. Е. Слуки, результаты изучения районов Франции представляют собой базис для оценки больших межрайонных контрастов в уровне экономического развития и темпах динамики численности населения, а также территориальных сдвигов. В-третьих, они являются источником межгосударственных сопоставлений: «...многие районы северной Франции по своим социально-экономическим показателям близки к районам Великобритании и ФРГ, а районы в центре и на юге страны – к средиземноморским странам» [7, с. 5]. На материалах изучения системы территориального планирования Франции А. Е. Слука аргументировал перспективность проведения политики территориального переустройства страны для преодоления территориальных диспропорций и «более сбалансированного размещения производства, занятости и доходов населения» [24, с. 233].

Улавливая тренды развития географии, А. Е. Слука осознавал необходимость выхода за пределы утвержденных схем исследования, что, по мнению А. И. Алексеева, является секретом успешного использования экономико-географической характеристики страны или района, разработанной Н. Н. Баранским [9]. В эпоху абсолютного доминирования в советской нефизической географии экономико-центричного подхода А. Е. Слука одним из первых указал на значимость социальной географии зарубежного мира и определил ее предметное поле [25]. На протяжении последней четверти XX в. и вплоть до 2006 г. А. Е. Слука обновлял информацию о Франции в учебных изданиях и писал научные работы по географическому франковедению с упором на социально-демографические аспекты. Отчасти благодаря этим усилиям, несмотря на признание острого кризиса отечественного страноведения⁴, «...франковедения он коснулся в меньшей степени, чем других отраслей. В России сложились франковедческие сообщества историков и исследователей современной Франции. Франковедение... развивается за пределами столиц и признанных научных центров. В условиях кризиса современной глобализации и пандемии коронавируса интерес к национальному опыту возвращается, и можно надеяться, что в новом контексте интерес к отдельным странам восстановится» [26, с. 174].

А. Е. Слука и демогеографическая европеистика

Многие молодые страноведы-европеисты из-за влияния на них Н. Н. Баранского и И. А. Витвера воспринимали свои номинальные или фактические тематические поля и объекты исследования как специфичное целое, которое является частью более широких систем – теории общественной географии и концепции Европейского дома, организационно оформившейся поэтапно в ЕЭС и ЕС. Однако, за редким исключением, по ряду объективных и субъективных причин они не выходили за рамки исконного поля деятельности. Одна из ключевых проблем состояла в дефиците зарубежных теоретических публикаций и фактической информации. Неизвестно, откуда И. А. Витвер получал оригиналы трудов западных ученых для написания критических заметок о них, но имеются сведения о том, что А. Е. Слука возвращался из заграничных командировок с чемоданами книг, статистических справочников и карт. Большая их часть (например, полная подборка статических материалов по регионам Франции за 1959–1960 гг.) хранится на полках личной библиотеки.

Научные взгляды А. Е. Слуки, избравшего по личным интересам специализацию «география населения», сформировались не без влияния на него, с одной стороны, лекций и трудов известного статистикодемографа Б. Ц. Урланиса, а с другой стороны, модной на тот момент французской школы географии человека. С середины 1960-х гг. на nive подготовки кафедральных учебников в сферу интересов А. Е. Слуки вошли страны – соседи Франции (Бельгия, Люксембург и Нидерланды), а также ее бывшие колонии (Марокко и Алжир). В 1970-х гг. при написании работ, посвященных изучению географии Франции, в русле прогрессивной гуманистической географии и в ходе участия в создании коллективных трудов по проблемам капиталистических и развивающихся стран [27–30] А. Е. Слука окончательно обозначил поле своих исследовательских интересов и перешел от изучения отдельных стран к анализу макрорегионов, в частности Западной Европы.

Накопленные знания и опыт в области анализа социально-демографического развития Франции, сопредельных стран в частности и западноевропейского региона в целом [31] позволили А. Е. Слуке выйти на новый исследовательский уровень. Во-первых, в полемике с Б. С. Хоревым и В. Н. Чапеком о видах движения (развития) населения он предложил рассматривать «шесть главных форм динамики населе-

⁴Упадок отечественного страноведения единодушно отметили авторы тематического выпуска журнала «Контурсы глобальных трансформаций: политика, экономика, право» (2021. Т. 14, № 6 : Судьба страноведения в России).

ния – воспроизводство, пространственную, социально-классовую, национальную (этническую), экономическую (трудовую деятельность) мобильность населения и эволюцию форм его расселения» [7, с. 5]. Такой смелый подход заставляет задуматься специалистов и сегодня.

Во-вторых, А. Е. Слука определил роль демогеографии как нового важного направления комплексного изучения населения. Это направление находится на стыке демографии и географии населения: «Ее сущность – исследование территориальных особенностей воспроизводства населения, формирующихся в процессе развития человеческого общества, их причин и последствий, влияния на жизнь общества» [7, с. 8–9]. Данная идея получила развитие в концепции геодемографической обстановки и системы⁵ [32–34] и ряде иных трудов.

В течение многих лет научные идеи А. Е. Слуки в области географии населения и геодемографии разрабатывали представители белорусской школы социально-экономической географии. На трудах А. Е. Слуки выросло не одно поколение отечественных исследователей, среди которых – доктор географических наук, профессор Е. А. Антипова [35–38], кандидат географических наук, доцент Б. А. Манак [35; 36; 39], кандидат географических наук, доцент И. В. Загорец (Белорусский государственный университет), а также кандидат географических наук, доцент С. А. Заруцкий и кандидат географических наук, доцент А. А. Сидорович (Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина). Развитие направления, связанного с изучением территориальных особенностей воспроизводства и возрастной структуры населения, воплотилось в создании в 1975 г. на географическом факультете БГУ (в 2019 г. переименован в факультет географии и геоинформатики) студенческой научно-исследовательской лаборатории региональных демографических проблем, научным руководителем которой до 1998 г. была Б. А. Манак. С 1998 г. лабораторию возглавляет Е. А. Антипова.

Благодаря проявлению научного интереса к географии населения и пониманию важности подготовки специалистов в области демографии для государства под влиянием научных идей А. Е. Слуки по инициативе Е. А. Антиповой впервые в стране на географическом факультете БГУ было открыто направление специальности 1-31 02 01-05 «География (геодемография)» на первой ступени высшего образования.

В-третьих, теоретические разработки А. Е. Слуки были реализованы в развернутой характеристике ряда разделов демогеографии для Западной Европы как целостного региона [7] и издании пособия по географии населения с основами демографии и этнографии [40].

В-четвертых, в ходе исследований А. Е. Слука обратил внимание на жесткую связь динамики численности населения региона и его основных структур с процессами миграции. Изучение особенностей этой корреляции и анализ социально-экономических отношений стали предметами новой проблемной области – миграциологии, раскрытой преимущественно демографами (см., например, [41]). В отличие от экономистов и демографов А. Е. Слука пытался отразить выраженность такого взаимодействия в пространстве. В частности, с одной стороны, он комплексно оценил место Западной Европы в потоках международной миграции, а с другой стороны, составил иерархию стран – членов ЕС по степени разбавленности их населения гражданами других государств, регулярно обновлял ее и выявил специфику модели *центр – периферия* в регионе. По утверждению ученого, минимальная доля официально зарегистрированных иностранных подданных (лишь 1–2 %) характерна для стран, расположенных на периферии Западной Европы и, как правило, ранее отличавшихся более высокими показателями эмиграции, нежели иммиграции [42].

В-пятых, сопоставление по странам показателей естественного движения населения с объемами, структурой и направлениями перемещения населения привело А. Е. Слуку к выводу о масштабности и центральности проблемы иммиграции в социально-экономическом развитии Западной Европы. В результате анализа он сформулировал комплекс реальных и перспективных проблем демогеографического характера, напрямую и косвенно связанных с процессами иммиграции. В их число входят появление феномена старых наций, крах традиционных семейных устоев, заметное изменение национального состава, рост социальной напряженности в обществе и т. д. В условиях глобальной турбулентности большая часть этих проблем остро стоят и в настоящее время. Кроме того, А. Е. Слука эмпирически доказал слабую эффективность механизмов государственного регулирования и отметил отсутствие прямой зависимости между экономическими и демографическими трендами. По утверждению ученого, в 1990-х гг. «...в Западной Европе сохранялись высокие темпы роста экономики, увеличивался ВВП, годовые темпы инфляции в большинстве государств не превышали 2–3 %. Уровень жизни населения за это время заметно повысился, однако многие демографические показатели резко ухудшились» [42, с. 93]. В последующие десятилетия ситуация изменилась ненамного (см., например, [43]). Оценивая темпы

⁵Фёдоров Г. М. Научные основы концепции геодемографической обстановки : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 11.00.02. Л., 1987. 32 с.

сокращения доли населения Европы от общей численности населения мира за 1950–2025 гг. на основе расчетов ООН, А. Е. Слука указал на то, что «“обезлюдение” Европы – одна из самых важных и актуальных проблем всего человечества, однако в первую очередь ее решение зависит от поведения самих европейцев!» [44, с. 175]. И с этим трудно не согласиться.

Принципы исследований, контуры выявленных закономерностей и общий проблемный фон демографической европеистики отразились во многих учебных и научных трудах А. Е. Слуки. Они оказались востребованными при формировании новой структуры МГУ – факультета иностранных языков и регионоведения, а также при создании бюллетеня Центра демографии и экологии человека Института народно-хозяйственного прогнозирования РАН «Население и общество» и получили развитие в европейской части рубрики «Демографический барометр» электронного издания «Демоскоп Weekly» в 2000-х гг.

А. Е. Слука и социальная география Большого Парижа

В экономико-географической характеристике района как непреложного атрибута исследований всех страноведов центральное место занимало изучение территориальных контрастов и характера пространственных сдвигов, масштаб которых, как известно, задают в первую очередь большие города. Именно большие города, по мнению Ж. Боже-Гарнье и Ж. Шабо, «знаменуют усилие и торжество цивилизации» [45, с. 190], представляют собой маяки и опорные точки всей хозяйственной географии страны, фокусы ее культурной и политической жизни, которые образуют своего рода координатную сетку на экономической карте страны, истинный каркас территории [46]. Вместе с тем Н. Н. Баранский утверждал следующее: «Чтобы... изучить город, одних источников – текстовых, статистических, картографических – еще недостаточно, совершенно необходимо видеть город своими глазами, и видеть разные его части, и с разных точек, и в разное время года, необходимо походить и по самому городу, и по его окрестностям; необходимо завести знакомства в разных слоях населения, широко использовать анкетный способ изучения, необходимо присмотреться к городской толпе, побывать в промышленных и торговых предприятиях, учебных заведениях, на общественных развлечениях, отбирая по каждой линии наиболее характерные и для данного города специфические места» [47, с. 145].

В центре внимания А. Е. Слуки оказалась столица Франции, причем ученый полагал, что изучить Париж по единому лекалу невозможно: «О Париже и парижанах имеется масса литературы самого разнообразного характера. Но далеко не все стороны жизни этого огромного и очень сложного городского организма исследованы обстоятельно. Время постоянно меняет ситуацию, обновляет реальные границы, функции и облик города, состав жителей, ставит новые экономические и социальные проблемы» [48, с. 99]. Еще в начале научного пути А. Е. Слука понимал этот город так: «Современный Париж многообразен, как многообразна его история... Париж – один из мировых оплотов капитализма и один из мировых очагов революций; город, в котором замечательные образцы архитектуры и парадные проспекты соседствуют с тесными и темными закоулками перенаселенных трущоб; город, получивший законную славу как сокровищница культурных ценностей, созданный талантом и упорным трудом многих поколений и в то же время изошряющийся в приманивании богатых иностранцев низкопробными “аттракционами”; город, в котором культурная утонченность и постоянное искание новых путей контрастируют с филистерской ограниченностью сытого рантье» [22, с. 275]. В отличие от И. А. Витвера, который ни разу не выезжал за рубеж, А. Е. Слука неоднократно бывал в столице Франции, любил Париж, восхищался этим городом и за время командировок создал гигантскую коллекцию фотографий и слайдов (фильмотеку), которая представляет особую ценность. Вместе с тем в течение всей карьеры он искал и апробировал алгоритм выхода за пределы утвержденных схем исследования для отражения наиболее важных черт динамического портрета этого города.

А. Е. Слука предложил синтезированный подход к изучению Парижа, в котором совместил черты геоисторического (исследование периодов расцвета и упадка города в контексте мировых событий), полимасштабного (рассмотрение столицы Франции с точки зрения многоярусной территориальной иерархии – от малого по территории района страны до глобального города), экономико-функционального (оценка функций Парижа и анализ процесса транснационализации экономики [49]), геополитического и проблемного (учет особенностей возникновения внутренних и внешних конфликтов и их урегулирования), образного (трансляция как собственных впечатлений о достопримечательностях и достоинствах города, так и восприятия его негативных сторон туристами) и, конечно, демографического (использование данных о динамике людности города, его месте в системах расселения разных масштабов, меняющихся (в том числе под влиянием миграционных потоков) демосоциальных структурах населения [50; 51]) подходов. Как правило, все характеристики сопровождалось табличными материалами и по возможности системой картосхем. Только в отношении Парижа в советской градоведческой литературе были

раскрыты уникальные сюжеты, например эволюция социально-классового, социально-профессионального и национального состава населения. В результате у отечественной аудитории география Парижа нашла позитивный отклик как среди ученых (географы разных специальностей, в том числе урбанисты, а также демографы, экономисты, социологи и культурологи), так и среди представителей туристского бизнеса, маркетинга и брендинга территорий. Вопросы географии Парижа разрабатываются в трудах молодых исследователей МГУ, Института научной информации по общественным наукам РАН, Института Европы РАН, Московского государственного института международных отношений и других организаций (см., например, [52; 53]).

Продолжение научных направлений школы Слуки

Научное творчество в образовательном учреждении, особенно в МГУ, неотделимо от педагогической деятельности и подготовки высококвалифицированных кадров. Наряду с написанием монографий и статей для научных сборников отдельный и весьма весомый пласт работы составляют чтение курсов лекций, разработка учебно-методической литературы, организация учебной и производственной практики, руководство курсовыми и выпускными работами студентов. Вероятно, педагогическая деятельность занимала главное место в жизни А. Е. Слуки, выполнявшего на протяжении нескольких десятилетий обязанности заместителя заведующего кафедрой экономической географии капиталистических стран по учебной работе. Долгое время А. Е. Слука возглавлял комиссию по подготовке программ курсов и учебников секции экономической географии Учебно-методического объединения университетов России по географическим специальностям, являлся соавтором и членом редколлегии практически всех кафедральных учебников, в том числе бестселлера «Социально-экономическая география зарубежного мира», переиздававшегося в 1998–2005 гг. На протяжении многих лет А. Е. Слука читал в МГУ оригинальные курсы лекций «География населения мира (с основами демографии и этнографии)», «Экономическая и политическая география Европы», «Социально-экономическая география Франции», «Социально-экономическая география Италии», выступал с отдельными лекциями во многих университетах стран СССР (Россия, Украина, Грузия, Киргизия, Литва, Эстония), ряда государств Западной Европы (Франция, Италия), а также Кубы и Сирии. С учетом специфики учебно-научной специализации, глубины знаний и высокого уровня владения романскими языками среди коллег он был признан подлинным знатоком «самых изящных и деликатных мест Земли – Франции и Италии» [54]. Кроме того, А. Е. Слука неоднократно руководил учебной практикой студентов в стране и за рубежом (ГДР, Польша, Болгария). Под его руководством были защищены десятки выпускных работ студентов и 17 диссертаций на соискание ученой степени кандидата географических наук, в том числе аспирантами из Ирака, Ливана и Франции [55]. В число непосредственных воспитанников А. Е. Слуки входят урбанист, известный специалист в области маркетинга и брендинга территорий Д. В. Визгалов [56; 57] и профессор В. А. Колосов. Любопытно, что Д. В. Визгалов и В. А. Колосов защищали кандидатские диссертации по политической географии Великобритании и Италии соответственно.

А. Е. Слука занимался не только университетской, но и школьной географией, тесно сотрудничал с журналом «География в школе», газетой «География» (это приложение к газете «Первое сентября» в настоящее время является авторитетным журналом), участвовал в создании карт по населению мира и отдельным регионам Европы для учеников средней школы⁶, работе семинаров и съездов Всесоюзного географического общества.

Заключение

Насколько известно, А. Е. Слука никогда не писал материалов о России или СССР, но он всегда трепетно относился как к малой родине, так и к проблемам развития России. Исходя из установок И. А. Витвера и сложившейся на кафедре практики, он, как и его коллеги-страноведы, считал своими первостепенными задачами изучение зарубежного опыта и использование достижений иностранных коллег на благо родины. Научное наследие А. Е. Слуки представляется внушительным и многогранным. Полученные им результаты сыграли большую роль в формировании во второй половине XX в. отечественной школы социально-экономической географии, в особенности таких крупных ее разделов, как география населения и зарубежное страноведение, достойное место в котором занимает географическое франковедение. По сути, А. Е. Слука предложил и реализовал полимасштабный подход к исследованию демогеографического раздела социально-экономического страноведения зарубежного мира. На стыке географии населения и демографии он создал целостное представление о Франции по оси *районы – Большой Париж – страна – ближайшее окружение – Западная Европа – мир*. Не меньший интерес

⁶Экономическая и социальная география мира. Природные ресурсы. Население. Экономика : атлас с комплектом конт. карт : для 10-го кл. / под ред. Н. Н. Чугуновой. Омск : Ом. картогр. ф-ка, 2013. 77 с.

в контексте развития и оценки эффектов глобализационных процессов представляют промежуточные итоги компаративного анализа социально-демографического развития Западной Европы для регионов-ведения зарубежного мира, получившего регулярное научно-информационное сопровождение на специальных сайтах. Наконец, на базе синтеза научных подходов А. Е. Слука создал собственное видение Большого Парижа, который усилиями ученого по сравнению с другими мегаполисами получил наиболее четкие контуры в отечественной географии городов.

Научные идеи А. Е. Слуки востребованы в современных работах по социально-экономической географии, страноведению, регионалистике, географии населения, георбанистике, географии туризма и широкому кругу проблем развития современного мира. Некоторые из них разработаны в посвященной А. Е. Слуке книге [58] и трудах молодых специалистов. Галерея ярких зарисовок районов Франции и особенно ее столицы служит образцом для адаптации соответствующей информации на сайтах многих туристских фирм, специализирующихся на европейском направлении, и развития брендинга территорий в стране.

Важными заслугами А. Е. Слуки являются создание особой атмосферы в рабочем коллективе и выработка стремления к новым знаниям у молодых страноведов. Его многочисленные ученики работают в авторитетных научных и учебных учреждениях как в России, так и за рубежом. В памяти коллег и учеников А. Е. Слука остался не только как глубокий ученый и прирожденный педагог, творчество и заслуги которого отмечены многими наградами и почетными званиями, но и как замечательный человек – скромный и бескорыстный, отзывчивый и всегда доброжелательный, безгранично преданный своему делу.

Библиографические ссылки

1. Агирречу АА, Мироненко КВ. Экономико-географическое изучение Китая в отечественной географической литературе. *Известия Русского географического общества*. 2019;151(3):73–93. DOI: 10.31857/S0869-6071151373-93.
2. Слука НА, Ткаченко ТХ. География мирового хозяйства в Московском университете: этапы становления и перспективы развития. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2022;2:139–152.
3. Федорко ВН, Дружинин АГ, Стрелецкий ВН. Социально-экономическая география в Узбекистане: история формирования, современные векторы и международный контекст развития. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2020;84(4):617–625. DOI: 10.31857/S2587556620040068.
4. Бейдык АА. Светлым человеком остался навсегда (к 80-летию со дня рождения профессора Н. С. Мироненко). *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2021;7(3):378–382.
5. Твердохлебов НИ. Профессор И. Т. Твердохлебов – основатель крымской школы социально-экономической географии. *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2021;7(1):5–14.
6. Синцеров ЛМ, Стрелецкий ВН, Трейвиш АИ, Ю. Г. Липец и отечественная социально-экономическая география. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2021;85(4):607–615. DOI: 10.31857/S2587556621040105.
7. Слука АЕ. *Население Западной Европы: воспроизводство, миграции, расселение, занятость*. Москва: Финансы и статистика; 1984. 271 с.
8. Баранский НН. *Очерки по школьной методике экономической географии*. Москва: Учпедгиз; 1954. 320 с.
9. Алексеев АИ. Экономико-географическая характеристика по Баранскому: какой она может быть сегодня? *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2020;1:57–62.
10. Витвер ИА. *Бразилия и Аргентина: социографический очерк*. Москва: Государственное издательство; 1930. 159 с.
11. Витвер ИА. *Экономическая география Германии*. Москва: Московский государственный университет; 1939. 112 с.
12. Витвер ИА. *Великобритания: экономико-географический очерк*. Москва: Министерство иностранных дел СССР; 1947. 206 с.
13. Маергойз ИМ. *Экономическая география Венгрии*. Москва: Московский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1956. 320 с.
14. Маергойз ИМ. *Чехословацкая Социалистическая Республика: экономическая география*. Москва: Мысль; 1964. 736 с.
15. Валев ЭБ. *Албания*. Москва: Географгиз; 1960. 88 с. (У карты мира).
16. Валев ЭБ. *Румыния*. Москва: Географгиз; 1964. 112 с. (У карты мира).
17. Антонова ИФ. *Канада*. Москва: Географгиз; 1957. 82 с. (У карты мира).
18. Витвер ИА. *Французская школа географии человека*. В: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. *Ученые записки. Выпуск 35. География*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1940. с. 8–44.
19. Слука АЕ. *Экономическая география Франции*. Маергойз ИМ, редактор. Москва: [б. и.]; 1956. 126 с.
20. Витвер ИА, Слука АЕ. *Франция: экономическая география*. Москва: Географгиз; 1958. 415 с.
21. Вольский ВВ, Бонифатьева ЛМ, И. А. Витвер – жизнь и творчество. В: Вольский ВВ, Слука АЕ, редакторы. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 11. Советская экономическая география зарубежных стран: становление, современный уровень и перспективы (к 100-летию со дня рождения Ивана Александровича Витвера)*. Москва: Институт Латинской Америки Академии наук СССР; 1990. с. 7–25.
22. Витвер ИА, Слука АЕ, Черников ГП. *Современная Франция*. Москва: Мысль; 1969. 429 с.
23. Слука АЕ. Районы Франции: показатели развития. В: Горкин АП, Трейвиш АИ, редакторы. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 16. Эволюционное страноведение в контексте географии мирового развития*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 2006. с. 111–116.
24. Слука АЕ. Регионы и страны. Западная Европа. Франция. В: Вольский ВВ, редактор. *Социально-экономическая география зарубежного мира*. Москва: Дрофа; 2001. с. 225–239.

25. Слука АЕ. Проблемы изучения социальной географии Франции. В: Витковский ОВ, Лейкина КС, редакторы. *Итоги науки и техники. Выпуск 6. Проблемы изучения социальной политической географии и географии населения стран Западной Европы*. Москва: Винити; 1979. с. 9–49 (География зарубежных стран).
26. Гордон АВ, Лапина НЮ. Изучение Франции в постсоветской России. *Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право*. 2021;14(6):163–183. DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-6-8.
27. Колосова ЮА, Харитонов ВМ, Антонова ИФ, Слука АЕ, Яценко БП, Былов ВГ и др. *География трудовых ресурсов капиталистических и развивающихся стран*. Колосова ЮА, редактор. Москва: Мысль; 1971. 496 с.
28. Вольский ВВ, Витковский ОВ, Слука АЕ. *Государственное регулирование размещения производительных сил в капиталистических и развивающихся странах*. Вольский ВВ, Колосова ЮА, редакторы. Москва: Мысль; 1975. 424 с.
29. Вольский ВВ, Харитонов ВМ, Колосова ЮА. *Экономико-географическое прогнозирование в капиталистических и развивающихся странах*. Вольский ВВ, Колосова ЮА, редакторы. Москва: Мысль; 1978. 391 с.
30. Смирнягин ЛВ, Ушаков БГ, Колосова ЮА. *Международное географическое разделение труда в капиталистическом мире*. Вольский ВВ, Колосова ЮА, редакторы. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1981. 264 с.
31. Слука АЕ. Динамика населения в странах Западной Европы. В: Вольский ВВ, редактор. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 2. Памяти профессора И. М. Маергойза*. Москва: Институт Латинской Америки Академии наук СССР; 1975. с. 188–210.
32. Фёдоров ГМ. *Геодемографическая обстановка: теоретические и методические основы*. Агафонов НТ, редактор. Ленинград: Наука; 1984. 112 с.
33. Фёдоров ГМ. *Геодемографическая типология*. Агафонов НТ, редактор. Ленинград: Ленинградский государственный университет; 1985. 152 с.
34. Фёдоров ГМ. *Основы геодемографии*. Калининград: Калининградский государственный университет; 1983. 55 с.
35. Манак БА, Антипова ЕА. *Экономико-географический анализ демографической ситуации и размещения населения на территории Республики Беларусь*. Минск: БГУ; 1998. 292 с.
36. Антипова ЕА, Манак БА. *Демогеографические потери и современные трудовые ресурсы сельской местности Беларуси*. Минск: Технопринт; 2002. 226 с.
37. Антипова ЕА. *Геодемографические проблемы и территориальная структура сельского расселения Беларуси*. Минск: БГУ; 2008. 327 с.
38. Антипова ЕА. *География населения*. Минск: БГУ; 2012. 263 с.
39. Манак БА. *Населенітва Беларусі: рэгіянальныя асаблівасці развіцця і рассялення*. Мінск: Універсітэцкае; 1992. 176 с.
40. Слука АЕ. *География населения с основами демографии и этнографии: численность, воспроизводство и миграции населения, этнография*. Москва: Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1988. 96 с.
41. Денисенко МБ, Ионцев ВА, Хорев БС. *Миграциология*. Москва: Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени государственный университет имени М. В. Ломоносова; 1989. 96 с.
42. Слука АЕ. Демографические проблемы Западной Европы. *Современная Европа*. 2000;4:93–99.
43. Щербакова ЕМ. Основные демографические итоги 2020 года в Европейском союзе. *Демоскоп Weekly* [Интернет]. 2021 [протитировано 15 июня 2021 г.];909–910. Доступно по: <http://www.demoscope.ru/weekly/2021/0909/barom01.php>.
44. Слука АЕ. Демографический кризис в странах Европы: причины и последствия. В: Горкин АП, Трейвиш АИ, редакторы. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 16. Эволюционное страноведение в контексте географии мирового развития*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 2006. с. 164–176.
45. Боже-Гарнье Ж, Шабо Ж. *Очерки по географии городов*. Покшишевский ВВ, редактор; Топуридзе КТ, Тагер СН, переводчики. Москва: Прогресс; 1967. 424 с.
46. Лаппо ГМ. *Рассказы о городах*. Москва: Мысль; 1972. 192 с.
47. Баранский НН. *Экономическая география СССР*. Москва: Учпедгиз; 1952. 415 с.
48. Слука АЕ. Население Большого Парижа (социальные структуры и их динамика). В: Витковский ОВ, Наумов АС, редакторы. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 12. Проблемы политической и социальной географии*. Москва: Институт Латинской Америки Академии наук СССР; 1992. с. 99–111.
49. Слука АЕ. Политика децентрализации Большого Парижа и ее результаты. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия географическая*. 1961;1:[31 с.].
50. Слука НА, Слука АЕ. Современная демогеография Большого Парижа. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2002;6:49–55.
51. Слука АЕ. Современные особенности динамики численности, половозрастного и национального состава населения Большого Парижа. В: Вольский ВВ, Польская НМ, редакторы. *Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Выпуск 3 (к 90-летию со дня рождения Ивана Александровича Витвера)*. Москва: Институт Латинской Америки Академии наук СССР; 1980. с. 347–361.
52. Шатило ДП. Пространственная этносоциальная структура населения Лондона, Парижа, Мадрида, Берлина и Москвы. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2021;2:54–66.
53. Шатило ДП. *Трансформация социального пространства глобальных городов: аналитический обзор*. Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН; 2021. 78 с.
54. Рогачёв СВ. Александр Евгеньевич Слука. *География* [Интернет]. 2007 [протитировано 15 июня 2022 г.];17. Доступно по: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200701707>.
55. Агирречу АА. Экономико-географический диссертационный совет МГУ: 40 лет в структуре ВАКа. В: Бабурич ВЛ, Савоскул МС, редакторы. *Теоретические и методические подходы в экономической и социальной географии*. Москва: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова; 2019. с. 61–79.
56. Визгалов ДВ. *Брендинг города*. Москва: Институт экономики города; 2011. 156 с.
57. Визгалов ДВ. *Маркетинг города*. Москва: Институт экономики города; 2008. 110 с.
58. Слука НА. *Геодемографические феномены глобальных городов*. Москва: Ойкумена; 2009. 317 с.

References

1. Aguirrechu AA, Mironenko KV. Economic-geographical study of China in the domestic geographical literature. *Proceedings of the Russian Geographical Society*. 2019;151(3):73–93. Russian. DOI: 10.31857/S0869-6071151373-93.
2. Sluka NA, Tkachenko TKh. Geography of the world economy at Moscow University: stages of formation and prospects for development. *Lomonosov Geography Journal*. 2022;2:139–152. Russian.
3. Fedorko VN, Druzhinin AG, Streletsky VN. Human geography in Uzbekistan: history, contemporary trends, international context of development. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2020;84(4):617–625. Russian. DOI: 10.31857/S2587556620040068.
4. Beidyk AA. [He remained a bright person forever (to the 80th anniversary of the birth of full professor N. S. Mironenko)]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2021;7(3):378–382. Russian.
5. Tverdokhlebov NI. Professor I. T. Tverdokhlebov – founder of the socio-economic geography Crimean school. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2021;7(1):5–14. Russian.
6. Sintserov LM, Streletsky VN, Treivish AI, Yu. G. Lipets and Soviet and Russian human geography. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2021;85(4):607–615. Russian. DOI: 10.31857/S2587556621040105.
7. Sluka AE. *Naselenie Zapadnoi Evropy: vosproizvodstvo, migratsii, rasselenie, zanyatost'* [Population of Western Europe: re-production, migration, resettlement, employment]. Moscow: Finansy i statistika; 1984. 271 p. Russian.
8. Baranskii NN. *Ocherki po shkol'noi metodike ekonomicheskoi geografii* [Essays on school methods of economic geography]. Moscow: Uchpedgiz; 1954. 320 p. Russian.
9. Alekseev AI. Economic-geographical description according to Baransky: what could it be like at present? *Lomonosov Geography Journal*. 2020;1:57–62. Russian.
10. Vitver IA. *Braziliya i Argentina: sotsiograficheskii ocherk* [Brazil and Argentina: sociographic essay]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo; 1930. 159 p. Russian.
11. Vitver IA. *Ekonomicheskaya geografiya Germanii* [Economic geography of Germany]. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet; 1939. 112 p. Russian.
12. Vitver IA. *Velikobritaniya: ekonomiko-geograficheskii ocherk* [Great Britain: an economic and geographical sketch]. Moscow: Ministerstvo inostrannykh del SSSR; 1947. 206 p. Russian.
13. Maergoiz IM. *Ekonomicheskaya geografiya Vengrii* [Economic geography of Hungary]. Moscow: Moskovskii ordena Lenina i ordena Trudovogo Znamenogo Znamenoi gosudarstvennyi universitet imeni M. V. Lomonosova; 1956. 320 p. Russian.
14. Maergoiz IM. *Chekhoslovatskaya Sotsialisticheskaya Respublika: ekonomicheskaya geografiya* [Czechoslovak Socialist Republic: economic geography]. Moscow: Mysl'; 1964. 736 p. Russian.
15. Valev EB. *Albaniya* [Albania]. Moscow: Geografiz; 1960. 88 p. Russian. (U karty mira).
16. Valev EB. *Rumyniya* [Romania]. Moscow: Geografiz; 1964. 112 p. Russian. (U karty mira).
17. Antonova IF. *Kanada* [Canada]. Moscow: Geografiz; 1957. 82 p. Russian. (U karty mira).
18. Vitver IA. [French school of human geography]. In: Lomonosov Moscow State University. *Uchenye zapiski. Vypusk 35. Geografiya* [Scientific notes. Issue 35. Geography]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1940. p. 8–44. Russian.
19. Sluka AE. *Ekonomicheskaya geografiya Frantsii* [Economic geography of France]. Maergoiz IM, editor. Moscow: [s. n.]; 1956. 126 p. Russian.
20. Vitver IA, Sluka AE. *Frantsiya: ekonomicheskaya geografiya* [France: economic geography]. Moscow: Geografiz; 1958. 415 p. Russian.
21. Vol'skii VV, Bonifat'eva LM. [I. A. Vitver – life and work]. In: Vol'skii VV, Sluka AE, editors. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 11. Sovetskaya ekonomicheskaya geografiya zarubezhnykh stran: stanovlenie, sovremennyyi uroven' i perspektivy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya Ivana Aleksandrovicha Vitvera)* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 11. Soviet economic geography of foreign countries: formation, current level and prospects (on the 100th anniversary of the birth of Ivan Aleksandrovich Vitver)]. Moscow: Institut Latinskoi Ameriki Akademii nauk SSSR; 1990. p. 7–25. Russian.
22. Vitver IA, Sluka AE, Chernikov GP. *Sovremennaya Frantsiya* [Modern France]. Moscow: Mysl'; 1969. 429 p. Russian.
23. Sluka AE. [Districts of France: indicators of development]. In: Gorokin AP, Treivish AI, editors. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 16. Evolyutsionnoe stranovedenie v kontekste geografii mirovogo razvitiya* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 16. Evolutionary regional studies in the context of the geography of world development]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2006. p. 111–116. Russian.
24. Sluka AE. [Regions and countries. Western Europe. France]. In: Vol'skii VV, editor. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya zarubezhnogo mira* [Socio-economic geography of the foreign world]. Moscow: Drofa; 2001. p. 225–239. Russian.
25. Sluka AE. [Problems of studying the social geography of France]. In: Vitkovskii OV, Leikina KS, editors. *Itogi nauki i tekhniki. Vypusk 6. Problemy izucheniya sotsial'noi politicheskoi geografii i geografii naseleniya stran Zapadnoi Evropy* [Results of science and technology. Issue 6. Problems of studying social political geography and population geography in Western Europe]. Moscow: Viniti; 1979. p. 9–49 (Geografiya zarubezhnykh stran). Russian.
26. Gordon AV, Lapina NYu. Exploring France in post-Soviet Russia. *Outlines of Global Transformations: Politics, Economics, Law*. 2021;14(6):163–183. Russian. DOI: 10.23932/2542-0240-2021-14-6-8.
27. Kolosova YuA, Kharitonov VM, Antonova IF, Sluka AE, Yatsenko BP, Bylov VG, et al. *Geografiya trudovykh resursov kapitalisticheskikh i razvivayushchikhsya stran* [Geography of labour resources in capitalist and developing countries]. Kolosova YuA, editor. Moscow: Mysl'; 1971. 496 p. Russian.
28. Vol'skii VV, Vitkovskii OV, Sluka AE. *Gosudarstvennoe regulirovanie razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil v kapitalisticheskikh i razvivayushchikhsya stranakh* [State regulation of the distribution of productive forces in capitalist and developing countries]. Vol'skii VV, Kolosova YuA, editors. Moscow: Mysl'; 1975. 424 p. Russian.
29. Vol'skii VV, Kharitonov VM, Kolosova YuA. *Ekonomiko-geograficheskoe prognozirovaniye v kapitalisticheskikh i razvivayushchikhsya stranakh* [Economic and geographic forecasting in capitalist and developing countries]. Vol'skii VV, Kolosova YuA, editors. Moscow: Mysl'; 1978. 391 p. Russian.
30. Smirnyagin LV, Ushakov BG, Kolosova YuA. *Mezhdunarodnoye geograficheskoe razdelenie truda v kapitalisticheskoy mire* [International geographical division of labour in the capitalist world]. Vol'skii VV, Kolosova YuA, editors. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1981. 264 p. Russian.

31. Sluka AE. [Population dynamics in Western European countries]. In: Vol'skii VV, editor. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 2. Pamyati professora I. M. Maergoiza* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 2. In memory of full professor I. M. Maergoiz]. Moscow: Institut Latinskoi Ameriki Akademii nauk SSSR; 1975. p. 188–210. Russian.
32. Fedorov GM. *Geodemograficheskaya obstanovka: teoreticheskie i metodicheskie osnovy* [Geodemographic situation: theoretical and methodological foundations]. Agafonov NT, editor. Leningrad: Nauka; 1984. 112 p. Russian.
33. Fedorov GM. *Geodemograficheskaya tipologiya* [Geodemographic typology]. Agafonov NT, editor. Leningrad: Leningrad State University; 1985. 152 p. Russian.
34. Fedorov GM. *Osnovy geodemografii* [Fundamentals of geodemography]. Kaliningrad: Kaliningrad State University; 1983. 55 p. Russian.
35. Manak BA, Antipova EA. *Ekonomiko-geograficheskii analiz demograficheskoi situatsii i razmeshcheniya naseleniya na territorii Respubliki Belarus'* [Economic and geographical analysis of the demographic situation and distribution of the population on the territory of the Republic of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 1998. 292 p. Russian.
36. Antipova EA, Manak BA. *Demogeograficheskie poteri i sovremennye trudoresursnye vozmozhnosti sel'skoi mestnosti Belarusi* [Demogeographic losses and modern labour resources opportunities in rural areas of Belarus]. Minsk: Tekhnoprint; 2002. 226 p. Russian.
37. Antipova EA. *Geodemograficheskie problemy i territorial'naya struktura sel'skogo rasseleniya Belarusi* [Geodemographic problems and territorial structure of rural settlement in Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2008. 327 p. Russian.
38. Antipova EA. *Geografiya naseleniya* [Population geography]. Minsk: Belarusian State University; 2012. 263 p. Russian.
39. Manak BA. *Nasel'nicva Belarusi: rjegijsanal'nyja asablivasci razvicia i rassjalennja* [Population of Belarus: regional features of development and settlement]. Minsk: Universitjckae; 1992. 176 p. Belarusian.
40. Sluka AE. *Geografiya naseleniya s osnovami demografii i etnografii: chislennost', vosproizvodstvo i migratsii naseleniya, etnografiya* [Geography of the population with the basics of demography and ethnography: number, reproduction and migration of the population, ethnography]. Moscow: Moskovskii ordena Lenina, ordena Oktyabr'skoi Revolyutsii i ordena Trudovogo Krasnogo Znameni gosudarstvennyi universitet imeni M. V. Lomonosova; 1988. 96 p. Russian.
41. Denisenko MB, Iontsev VA, Khorev BS. *Migratsiologiya* [Migration studies]. Moscow: Moskovskii ordena Lenina, ordena Oktyabr'skoi Revolyutsii i ordena Trudovogo Krasnogo Znameni gosudarstvennyi universitet imeni M. V. Lomonosova; 1989. 96 p. Russian.
42. Sluka AE. [Demographic problems of Western Europe]. *Contemporary Europe*. 2000;4:93–99. Russian.
43. Shcherbakova EM. Key demographic outcomes for 2020 in the European Union. *Demoskop Weekly* [Internet]. 2021 [cited 2021 June 15];909–910. Available from: <http://www.demoscope.ru/weekly/2021/0909/barom01.php>. Russian.
44. Sluka AE. [Demographic crisis in European countries: causes and consequences]. In: Gorkin AP, Treivish AI, editors. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 16. Evolyucionnoe stranovedenie v kontekste geografii mirovogo razvitiya* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 16. Evolutionary regional studies in the context of the geography of world development]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2006. p. 164–176. Russian.
45. Bozhe-Garn'e Zh, Shabo Zh. *Ocherki po geografii gorodov* [Essays on the geography of cities]. Pokshishevskii VV, editor; Topuridze KT, Tager SN, translators. Moscow: Progress; 1967. 424 p. Russian.
46. Lappo GM. *Rasskazy o gorodakh* [Stories about cities]. Moscow: Mysl'; 1972. 192 p. Russian.
47. Baranskii NN. *Ekonomicheskaya geografiya SSSR* [Economic geography of the USSR]. Moscow: Uchpedgiz; 1952. 415 p. Russian.
48. Sluka AE. [The population of Greater Paris (social structures and their dynamics)]. In: Vitkovskii OV, Naumov AS, editors. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 12. Problemy politicheskoi i sotsial'noi geografii* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 12. Problems of political and social geography]. Moscow: Institut Latinskoi Ameriki Akademii nauk SSSR; 1992. p. 99–111. Russian.
49. Sluka AE. [Greater Paris decentralisation policy and its results]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya geograficheskaya*. 1961;1:31 p. Russian.
50. Sluka NA, Sluka AE. [Modern demogeography of Greater Paris]. *Lomonosov Geography Journal*. 2002;6:49–55. Russian.
51. Sluka AE. [Modern features of the dynamics of the number, sex, age and national composition of the population of Greater Paris]. In: Vol'skii VV, Pol'skaya NM, editors. *Voprosy ekonomicheskoi i politicheskoi geografii zarubezhnykh stran. Vypusk 3 (k 90-letiyu so dnya rozhdeniya Ivana Aleksandrovicha Vitvera)* [Questions of economic and political geography of foreign countries. Issue 3 (to the 90th anniversary of the birth of Ivan Aleksandrovich Vitver)]. Moscow: Institut Latinskoi Ameriki Akademii nauk SSSR; 1980. p. 347–361. Russian.
52. Shatilo DP. Ethno-social spatial structure of the population in London, Paris, Madrid, Berlin and Moscow. *Lomonosov Geography Journal*. 2021;2:54–66. Russian.
53. Shatilo DP. *Transformatsiya sotsial'nogo prostranstva global'nykh gorodov: analiticheskii obzor* [Transformation of the social space of global cities: an analytical review]. Moscow: Institute of Scientific Information on Social Sciences of the Russian Academy of Sciences; 2021. 78 p. Russian.
54. Rogachev SV. Alexander Evgenievich Sluka. *Geography* [Internet]. 2007 [cited 2022 June 15];17. Available from: <https://geo.1sept.ru/article.php?ID=200701707>. Russian.
55. Agirrechu AA. [Economic and geographical dissertation council of Lomonosov Moscow State University: 40 years in the structure of the Higher Attestation Commission]. In: Baburin VL, Savoskul MS, editors. *Teoreticheskie i metodicheskie podkhody v ekonomicheskoi i sotsial'noi geografii* [Theoretical and methodological approaches in economic and social geography]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 2019. p. 61–79. Russian.
56. Vizgalov DV. *Brending goroda* [City branding]. Moscow: Institut ekonomiki goroda; 2011. 156 p. Russian.
57. Vizgalov DV. *Marketing goroda* [City marketing]. Moscow: Institut ekonomiki goroda; 2008. 110 p. Russian.
58. Sluka NA. *Geodemograficheskie fenomeny global'nykh gorodov* [Geodemographic phenomena of global cities]. Moscow: Oikumena; 2009. 317 p. Russian.

Александр Кириллович
КАРАБАНОВ
(1952–2019)

Alexander Kirillovich
KARABANOV
(1952–2019)



Со дня рождения крупного отечественного ученого-геолога и организатора науки, специалиста в области четвертичной геологии и палеогеографии, геоморфологии, новейшей тектоники и неогеодинамики, доктора геолого-минералогических наук, профессора, академика Национальной академии наук Беларуси Александра Кирилловича Карабанова 25 октября 2022 г. исполнилось бы 70 лет.

Александр Кириллович родился в 1952 г. в Минске, где в 1969 г. окончил среднюю школу № 24, специализировавшуюся на углубленном изучении немецкого языка. Во время обучения он приобрел знания по основам естественно-научных дисциплин и на высоком уровне овладел немецким языком. В 1969 г. А. К. Карабанов поступил на географический факультет Белорусского государственного университета. В студенческие годы он принимал участие в экспедициях по изучению озер Белорусского Полесья, организуемых профессором О. Ф. Якушко, а также в сезонных полевых геологических работах под руководством академика АН БССР Г. И. Горещкого. В 1974 г. Александр Кириллович с отличием окончил университет и был зачислен в очную аспирантуру Института геохимии и геофизики АН БССР, в которой под научным ру-

ководством профессора Э. А. Левкова занимался исследованием закономерностей строения новейших геологических формаций, анализом ледникового седименто- и морфогенеза, гляциотектоники. Итогом этих исследований стала защита диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук «Гродненская ледораздельная возвышенность: строение, рельеф, этапы формирования» (1983). В 1991 г. А. К. Карабанову было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника, а в 1992 г. он возглавил лабораторию геологии и геодинамики Института геологических наук НАН Беларуси.

В дальнейшем Александр Кириллович занимался изучением вопросов неотектоники и неогеодинамики территории Беларуси и смежных регионов Восточно-Европейской платформы в тесном сотрудничестве с академиками Р. Г. Гарецким и А. В. Матвеевым, членом-корреспондентом Р. Е. Айзбергом, профессором Э. А. Левковым и зарубежными учеными. В этом научном направлении он достиг значительных результатов. В рамках проекта Международной программы по геонаукам и геопаркам № 346 «Неогеодинамика депрессии Балтийского моря и прилегающих областей» на 1994–1997 гг. А. К. Карабанов разработал ориги-

нальную комплексную методику по реконструкции амплитуд неотектонических движений в области древнего материкового оледенения, сформулировал концепцию неотектонической эволюции и неогеодинимики территории Беларуси и смежных областей западного сектора Евразийской литосферной плиты, провел неотектоническое районирование Западной и Центральной Европы, а также выделил главные геодинимические факторы, определявшие характер геологических процессов в новейшее время. Кроме того, Александр Кириллович предложил методику по составлению неотектонических карт на основе картографирования структурно-формационных комплексов платформенного чехла. По результатам выполненных исследований в 2002 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук «Неотектоника Беларуси», которую высоко оценили геологи не только Беларуси, но и России, Украины, Польши и стран Прибалтики, а также опубликовал две монографии.

В 2004 г. А. К. Карабанов стал членом-корреспондентом НАН Беларуси, а в 2014 г. – академиком. В 2011 г. ему было присвоено ученое звание профессора геологии. С 2008 по 2019 г. Александр Кириллович возглавлял Институт природопользования НАН Беларуси и созданную в его структуре лабораторию современной геодинимики и палеогеографии. В этот период он активно занимался научной работой, был вовлечен в организационную деятельность и педагогический процесс, более 20 лет проработав по совместительству в должности профессора кафедры динамической геологии (в 2018 г. реорганизована в кафедру региональной геологии) факультета географии и геоинформатики БГУ. Под руководством А. К. Карабанова выполнен комплекс научно-исследовательских работ по обоснованию выбора площадки для размещения Белорусской атомной электростанции, сделан прогноз изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов Беларуси и разработаны основы этой стратегии. В последние годы Александр Кирил-

лович уделял много внимания радоновой проблематике. Совместно с академиком А. В. Матвеевым и М. И. Автушко он изучал особенности распределения на территории Беларуси объемной активности радона в наиболее распространенных типах четвертичных отложений и коренных пород платформенного чехла и кристаллического фундамента, а также выделил радоновые аномалии в приповерхностных отложениях, построил схему районирования территории Беларуси по степени радоновой опасности, обосновал мероприятия по минимизации возможного негативного влияния радоновых аномалий на геоэкологическую обстановку, разработал рекомендации по проведению постоянного мониторинга объемной активности радона и состояния здоровья населения в наиболее радоноопасных зонах.

А. К. Карабанов является автором более чем 400 научных и научно-популярных публикаций, в том числе 30 монографий и других книжных изданий, приблизительно 50 карт и атласов геологического содержания. Под его руководством была защищена одна диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Плодотворная деятельность Александра Кирилловича была признана обществом: он награжден медалью «За трудовую доблесть» (1973), премией Национальной академии наук Беларуси за цикл работ «Разломы земной коры Беларуси: теоретические и прикладные аспекты» (2008), медалью Франциска Скорины (2018), нагрудным знаком «Ганаровы эколаг» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (2019), многочисленными грамотами и благодарственными письмами.

Коллеги, друзья и ученики помнят А. К. Карабанова как доброжелательного, эрудированного, интеллигентного, добродушного и отзывчивого человека.

*А. А. Махнач¹, Я. Г. Грибик²,
Е. А. Кухарик³, В. С. Хомич⁴*

¹Анатолій Александрович Махнач – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Беларуси; главный научный сотрудник Института геологии Научно-производственного центра по геологии.

Anatoly A. Makhnach, doctor of science (geology and mineralogy), full professor, academician of National Academy of Sciences of Belarus; chief researcher, Institute of geology, Research and Production Center for Geology.

E-mail: amahnach1951@gmail.com

²Ярослав Гаврилович Грибик – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; заведующий лабораторией геотектоники и геофизики Института природопользования НАН Беларуси.

Yaroslav G. Gribik, PhD (geology and mineralogy), docent; head of the laboratory of geotectonics and geophysics, Institute of Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus.

E-mail: yaroslavgribik@tut.by

³Евгений Александрович Кухарик – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; заведующий лабораторией современной геодинимики и палеогеографии Института природопользования НАН Беларуси.

Evgeniy A. Kukharik, PhD (geology and mineralogy), docent; head of the laboratory of modern geodynamics and paleogeography, Institute of Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus.

E-mail: shzhk@mail.ru

⁴Валерий Степанович Хомич – доктор географических наук, доцент; главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси.

Valeriy S. Khomich, doctor of science (geography), docent; chief researcher, Institute of Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus.

E-mail: valery_khomich@mail.ru

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

УДК 91(06)+55(06)

Актуальные вопросы географии и геологии [Электронный ресурс] : материалы 79-й науч. конф. студентов, магистрантов и аспирантов фак. географии и геоинформатики БГУ (Минск, 27 апр. 2022 г.) / БГУ ; [редкол.: Д. С. Воробьёв (отв. ред.) и др.]. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 93 с. : ил. Библиогр. в тексте. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/290122>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 05.12.2022, № 011705122022.

В сборнике представлены материалы 79-й научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета по актуальным вопросам физической и социально-экономической географии, геоэкологии и геологии. Сборник предназначен для участников конференции, организаторов научно-исследовательской работы студентов, а также специалистов в области географии и геологии.

УДК 502.171(06)+330.15(06)

Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИЛ экологии ландшафтов фак. географии и геоинформатики БГУ (Минск, 9–11 нояб. 2022 г.) / БГУ ; [редкол.: Д. С. Воробьёв (отв. ред.) и др.]. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 482 с. : ил., табл. Библиогр. в тексте. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/290478>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 09.12.2022, № 012309122022.

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение», посвященной 60-летию научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, по актуальным вопросам исследований и оценки современного состояния природной среды, рационального и экологически безопасного использования и охраны природных ресурсов в различных секторах экономики.

УДК 552.5(075.8)

Литоология [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» / БГУ ; сост. Т. А. Жидкова. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 45 с. : табл. Библиогр.: с. 44–45. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/291426>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 04.01.2023, № 000204012023.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-51 01 01 «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Литоология» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов-геологов.

УДК 624.131(075.8)

Механика грунтов, основания и фундаменты [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-51 80 04 «Геология» / БГУ ; сост. Т. А. Жидкова. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 39 с. : ил. Библиогр.: с. 38–39. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/291427>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 04.01.2023, № 000304012023.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для магистрантов, обучающихся по специальности 1-51 80 04 «Геология». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой магистрантов по освоению учебной дисциплины «Механика грунтов, основания и фундаменты» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов-геологов.

УДК 502/504:004.92(075.8)

Антипова О. С. Дизайн и компьютерная графика в экологии [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креативным компонентом для спец. 1-33 01 02 «Геоэкология» / О. С. Антипова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 85 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 82–83. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/294554>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 17.02.2023, № 001317022023.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) с креативным компонентом предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 02 «Геоэкология». В теоретическом разделе ЭУМК изложены основы компьютерной графики, применения элементов и принципов графического дизайна, современные направления в области визуализации информации средствами статичной графики и компьютерной анимации, особенности отображения в экологии пространственных данных. В ЭУМК представлены задания, необходимые для проведения лабораторных и практических занятий, управляемой самостоятельной работы студентов, вопросы к зачету и тестовые задания. Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Дизайн и компьютерная графика в экологии» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, в том числе с выраженным креативным компонентом.

УДК 528.46:631.16(075.8)

Методы обследований земель [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-56 02 02 «Геоинформационные системы» / БГУ ; сост.: Н. В. Клебанович, А. С. Семенюк, Д. А. Чиж. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2022. 132 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 131–132. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/294630>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 22.02.2023, № 001422022023.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 1-56 02 02 «Геоинформационные системы». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Методы обследований земель» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов.

УДК 528.85:004(075.8)

Топаз А. А. Цифровая обработка космических снимков [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А. А. Топаз, Н. А. Шестаков ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2023. 95 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 94–95. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/296337>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 14.04.2023, № 003714042023.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности «космоаэрокартография». В ЭУМК представлены теоретический материал, необходимый для освоения основных этапов и методов обработки космических изображений, тематика практических занятий, темы рефератов, перечень заданий в тестовой форме и вопросы для итогового контроля знаний.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ

<i>Антипова Е. А., Ли Чэнь.</i> Территориальная дифференциация демографического старения населения Китая в XXI в.	3
<i>Гагина Н. В., Курлович Д. М., Синач В. А.</i> Цифровое ландшафтное картографирование как элемент геоинформационного обеспечения Национального парка «Браславские озера»	19
<i>Черенко А. С., Курлович Д. М.</i> Использование геоинформационных технологий для формирования специальной карты условий проходимости	33
<i>Шушкова Е. В., Сидорович А. А., Лукина И. И.</i> Проницаемость ландшафтов и сред обитания для животных: обзор существующих подходов	47
<i>Антипова Е. А., Розжаловец О. А.</i> Географические сдвиги в сельском расселении Беларуси и новые подходы к картографированию этого процесса.....	57
<i>Курриянов Д. А., Писарчук Н. М., Шатунов А. Е., Бородин К. А.</i> Реконструкция эволюции растительного покрова и периодичности лесных пожаров Себежского Поозерья	71
<i>Ридевский Г. В.</i> Атрибутивные свойства географического пространства и закономерности пространственного развития	83

ГЕОЛОГИЯ

<i>Зуй В. И.</i> Геотермическое поле Гродненского региона Республики Беларусь	93
<i>Маевская А. Н., Богдасаров М. А., Петров Д. О., Шешко Н. Н.</i> Геолого-генетическое моделирование кайнозойских отложений Брестской области с применением информационных технологий	107

ИСТОРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ

<i>Слука Н. А., Антипова Е. А.</i> Социально-экономическая география зарубежного мира в координатах творчества А. Е. Слуки: к 100-летию юбилею ученого – уроженца Беларуси.....	119
---	-----

ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ

Александр Кириллович Карабанов (1952–2019)	130
Аннотации депонированных в БГУ работ	132

CONTENTS

GEOGRAPHY

<i>Antipova E. A., Li Chen.</i> Territorial differentiation of China's demographic ageing in the 21 st century....	3
<i>Hahina N. V., Kurlovich D. M., Sipach V. A.</i> Digital landscape mapping as an element of geoinformational support of the Braslavskie Ozyora National Park.....	19
<i>Cherenko A. S., Kurlovich D. M.</i> The use of geoinformation technologies for the formation of a special passability map.....	33
<i>Shushkova A. V., Sidorovich A. A., Lukina I. I.</i> The landscape and habitat permeability for animals: reviewing existing approaches.....	47
<i>Antipova E. A., Rozzhalovets O. A.</i> Geographic shifts in the rural settlement of Belarus and new approaches to the mapping of this process	57
<i>Kupriyanov D. A., Pisarchuk N. M., Shatunov A. E., Borodina K. A.</i> Reconstruction of the evolution of the vegetation cover and the frequency of forest fires of the Sebezh Poozerie	71
<i>Rydzeuski H. V.</i> Attributive properties of geographical space and patterns of spatial development	83

GEOLOGY

<i>Zui V. I.</i> Geothermal field of the Grodno region of the Republic of Belarus	93
<i>Mayeuskaya H. M., Bahdasarau M. A., Piatrou D. A., Sheshka M. M.</i> Geological and genetic modeling of the Cenozoic deposits of the Brest region using information technologies	107

HISTORY OF GEOGRAPHICAL SCIENCE

<i>Sluka N. A., Antipova E. A.</i> Socio-economic geography of the foreign world in the coordinates of A. E. Sluka: to the 100 th anniversary of the scientist – native of Belarus.....	119
--	-----

OUTSTANDING SCIENTISTS

Alexander Kirillovich Karabanov (1952–2019).....	130
Indicative abstracts of the papers deposited in BSU.....	132

Журнал включен Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по географическим и геолого-минералогическим наукам.

Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), China National Knowledge Infrastructure.

**Журнал Белорусского
государственного университета.
География. Геология.
№ 1. 2023**

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск.

Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск.

Тел. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by

URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«Журнал Белорусского государственного
университета. География. Геология»
издается с января 1969 г.
До 2017 г. выходил под названием «Вестник БГУ.
Серия 2, Химия. Биология. География»
(ISSN 2308-9164).

Редакторы *М. И. Дикун, М. А. Подголина*
Технический редактор *Д. Ф. Когут*
Корректор *Л. А. Меркуль*

Подписано в печать 31.05.2023.

Тираж 80 экз. Заказ 161.

Республиканское унитарное предприятие
«Издательский центр Белорусского
государственного университета».
ЛП № 02330/117 от 14.04.2014.
Ул. Красноармейская, 6, 220030, г. Минск.

© БГУ, 2023

**Journal
of the Belarusian State University.
Geography and Geology.
No. 1. 2023**

Founder:
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030.

Correspondence address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030.

Tel. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by

URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«Journal of the Belarusian State University.
Geography and Geology»
published since January, 1969.
Until 2017 named «Vestnik BGU.
Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya»
(ISSN 2308-9164).

Editors *M. I. Dikun, M. A. Podgolina*
Technical editor *D. F. Kogut*
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 31.05.2023.

Edition 80 copies. Order number 161.

Republic Unitary Enterprise
«Publishing Center of the Belarusian State University».
License for publishing No. 02330/117, 14 April, 2014.
6 Chyrvonaarmiejskaja Str., Minsk 220030.

© BSU, 2023