



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

2

2025

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	ИВАНОВ Д. Л. – доктор географических наук, доцент; профессор кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь. E-mail: geoivanov@mail.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
Балтрунас В.	Центр изучения природы, Вильнюс, Литва.
Витченко А. Н.	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
Донерт К.	Европейский центр качества, Европейская ассоциация географов, Зальцбург, Германия.
Зуй В. И.	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
Калицкий Т.	Институт географии Университета Яна Кухановского в Кельце, Кельце, Польша.
Катровский А. П.	Смоленский государственный университет, Смоленск, Россия.
Курлович Д. М.	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
Лукашев О. В.	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
Маркс Л.	Варшавский университет, Варшава, Польша.
Нюсупова Г. Н.	Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алма-Ата, Казахстан.
Пирожник И. И.	Поморский университет, Слупск, Польша.
Родионова И. А.	Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.
Руденко Л. Г.	Институт географии Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.
Сарменто Ж. К. В.	Университет Минью, Брага, Португалия.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief	ANTIPOVA E. A. , doctor of science (geography), full professor; professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: antipova@bsu.by
Deputy editor-in-chief	IVANOV D. L. , doctor of science (geography), docent; professor at the department of general geography and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: geoivanov@mail.ru
Executive secretary	HAHINA N. V. , PhD (geography), docent; head of the department of geographical ecology, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: hahina@bsu.by
Baltrūnas V.	Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania.
Donert K.	European Centre of Excellence, EURO GEO, Salzburg, Germany.
Kalicki T.	Institute of Geography of the Jan Kochanowski University in Kielce, Kielce, Poland.
Katrovskii A. P.	Smolensk State University, Smolensk, Russia.
Kurlovich D. M.	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Lukashev O. V.	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Marks L.	University of Warsaw, Warsaw, Poland.
Nyusupova G. N.	al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
Pirozhnik I. I.	Akademia Pomorska, Slupsk, Poland.
Rodionova I. A.	Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia.
Rudenko L. G.	Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Sarmiento Zh. K. B.	University of Minho, Braga, Portugal.
Vitchenko A. N.	Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Zui V. I.	Belarusian State University, Minsk, Belarus.

УДК 911.6:504.0621(1.09)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

А. А. САЗОНОВ¹⁾

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

Аннотация. С использованием принципов геоинформационного моделирования и баз геоданных, методов компонентного и кластерного анализа проведена группировка агроландшафтов Беларуси по агроклиматическим, почвенно-эрозионным, почвенно-экологическим и почвенно-структурным условиям. Выделены по четыре кластера агроландшафтов схожего агроклиматического, почвенно-эрозионного, почвенно-структурного и агрохозяйственного состояния, шесть кластеров агроландшафтов подобного почвенно-экологического состояния и три кластера агроландшафтов одинакового почвенно-радиологического состояния. Впервые составлена фасетная схема классификации агроландшафтов Беларуси, которая позволяет охарактеризовать природно-антропогенные и антропогенно-техногенные условия их формирования и функционирования. На природно-антропогенном уровне выделены 169 типов агроландшафтов, с учетом антропогенно-техногенного уровня – 390 типов. Предложенная схема обладает рядом преимуществ, в частности гибкостью и масштабируемостью: для каждого уровня классификации можно разработать новые классы без ее перестройки, что особенно важно в условиях динамично изменяющегося климата и активного использования земель.

Ключевые слова: ГИС-технологии; классификация; агроландшафт; кластерный анализ; агроэкология; моделирование; база геоданных.

Образец цитирования:

Сазонов АА. Агроэкологическая типология агроландшафтов Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:3–15.
EDN: SWFUAE

For citation:

Sazonov AA. Agroecological typology of Belarusian agrolandscapes. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:3–15. Russian.
EDN: SWFUAE

Автор:

Алексей Александрович Сазонов – старший преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.

Author:

Aliaksei A. Sazonov, senior lecturer at the department of soil science and geographic information system, faculty of geography and geoinformatics.
alexey.szonov@gmail.com

AGROECOLOGICAL TYPOLOGY OF BELARUSIAN AGROLANDSCAPES

A. A. SAZONOV^a

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

Abstract. Using geoinformation modelling principles and geodatabases, as well as component and cluster analysis methods, Belarusian agrolandscapes were grouped by agroclimatic, soil-erosion, soil-ecological, and soil-structural conditions. Four clusters of agrolandscapes with similar agroclimatic, soil-erosion, soil-structural, and agroeconomic conditions were identified, along with six clusters of similar soil-ecological conditions and three clusters of similar soil-radiological conditions. A faceted classification scheme for Belarusian agrolandscapes was developed for the first time, which allows characterising the natural-anthropogenic and anthropogenic-technogenic conditions of their formation and functioning. At the natural-anthropogenic level, 169 types of agrolandscapes are distinguished, while 390 types are identified when taking into account the anthropogenic-technogenic level. The proposed scheme has a number of advantages, in particular flexibility and scalability: for each classification level, new classes can be developed without restructuring it, which is especially important in the context of a dynamically changing climate and active land use.

Keywords: GIS technologies; classification; agrolandscape; cluster analysis; agroecology; modelling; geodatabase.

Введение

Рациональное использование земельных ресурсов – актуальная и сложная проблема. Устойчивое развитие сельского хозяйства зависит от особенностей систем земледелия и качества информационного обеспечения сельскохозяйственного производства.

Сегодня в науке нет единого определения природно-антропогенных комплексов, формирующихся и изменяющихся в результате сельскохозяйственной деятельности. Комплексы, функционирование которых направлено на стабильное получение сельскохозяйственной продукции, могут толковаться как агрогеосистемы, агроландшафты и агроэкосистемы, при этом значение этих терминов остается неоднозначным и обуславливается целями и направлениями исследований [1].

Ю. Г. Саушкин рассматривал сельскохозяйственные ландшафты как часть антропогенных (культурных) ландшафтов. В особый класс антропогенных комплексов их выделил Ф. Н. Мильков [2]. Концепцию агроландшафтов предложил В. А. Николаев [3]. В географии сельского хозяйства агроландшафты представляют собой мозаику экотопов, возникшую в результате сознательной деятельности человека [4].

Такое свойство агроландшафтов, как полифункциональность [5, р. 3–21], объясняется тем, что они не только обеспечивают производство сельскохозяйственной продукции, но и оказывают экосистемные услуги, а также отражают историю и культуру сельских жителей, поскольку являются частью культурных ландшафтов.

Агроландшафты можно рассматривать как безразмерные образования. В пространственном отношении они способны занимать разные по площади территории (от отдельного поля до всех сельскохозяйственных земель административной единицы), в генетико-морфологическом плане – простираются от подурочища до ландшафта [3; 6]. В общем смысле под агроландшафтом понимается любой участок, вовлеченный в сельскохозяйственный оборот.

Структура агроландшафтов целостна, но внутренне неоднородна. Она представляет собой природно-сельскохозяйственную геосистему, которая включает не только обрабатываемые земли, но и земли иного назначения [3]. В структуре агроландшафтов выделяются территориально выраженные массивы – продукционные ядра, при этом природный каркас выступает как компенсирующее пространство [7].

На несоответствие границ природного и сельскохозяйственного ландшафтов указывает О. Н. Трапезникова [8], которая рассматривает элементарный агроландшафт как совокупность агроэкосистем и часть агрогеосистемы более высокого порядка [9]. Определение элементарной агрогеосистемы А. М. Носова [10] видится наиболее удачным и подходящим для целей настоящего исследования.

Любая классификация базируется на выделении из исходного множества объектов гомогенных подмножеств на основе заданных критериев. В географии классификации привязываются к объектам, находящимся на земной поверхности. При этом используются два подхода – иерархический и фасетный (многоаспектный)¹. К последнему относится классификация почв Беларуси по номенклатурному списку².

¹Чертко Н. К., Карпиченко А. А. Математические методы в географии : учеб. пособие. Минск : Изд. центр БГУ, 2008. 202 с.

²Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт. Порядок и технология работ : ТКП 651-2020 (33520) : утв. Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь 09.01.2020 : ввод. в действие с 01.07.2020. Минск : Госкомимущество, 2020. IV, 66 с. : табл., цв. ил.

Вопрос классификации ландшафтов достаточно проработан. В этом отношении широко применяются региональный и типологический подходы³. С позиций регионального подхода ландшафт – конкретная территориальная единица, с позиций типологического подхода – относительно однородная территория, класс типов местности [11].

Таксономическую систему агроландшафтов впервые представил Ф. Н. Мильков [2]. В ней, однако, не учитывается природная специфика агроландшафтов и выделяются границы не геосистем, а функциональных зон [3]. Для Беларуси детальная типологическая характеристика агроландшафтов разработана Г. И. Марцинкевич, схема функциональной типологии – В. М. Яцухно и Ю. Э. Мандером [7].

Как частный случай классификации можно рассматривать агроэкологическую типологию земель – метод, служащий для систематизации множества объектов, условий и факторов и их последующего сопоставления с требованиями, предъявляемыми к выращиванию сельскохозяйственных культур [12]. Типология и классификация земель осуществляются в двух аспектах. Агроэкологическая типология направлена на разработку агротехнологий, ландшафтно-экологическая классификация земель – на ранжирование параметров оценки элементарных ареалов агроландшафта [10]. Элементарные ареалы агроландшафта могут быть ограничены элементарным почвенным ареалом или почвенными комбинациями [13], включать одну или несколько фаций [6] либо располагаться в границах элементарных участков, находящихся в пределах рабочего участка.

Сегодня применение геоинформационного моделирования в многомерной среде пространства признаков считается общепризнанным подходом [5, р. 23–36] к изучению агроландшафта и его компонентов [5, р. 3–21], что достигается разработкой баз геоданных [14], которые должны обеспечивать моделирование вертикальной, горизонтальной и временной структуры агроландшафта⁴ [15]. В качестве операционно-территориальной единицы ГИС-моделирования могут выступать элементарные ареалы агроландшафтов и их структурно-функциональные иерархии, агроэкологические группы и виды земель. Контуры операционно-территориальных единиц указывают на общие свойства ареалов, которые обладают внутренней неоднородностью [16].

Полиструктурность, полифункциональность и мультимасштабность агроландшафтов во времени и пространстве диктуют необходимость сосредоточиться не на моделировании процессов, а на использовании ландшафтных индикаторов (признаков). Их набор ограничивается только доступностью данных и может включать большое количество условий и факторов [6; 17–20]. Основная сложность при этом заключается не столько в поиске новых показателей, сколько в определении наиболее репрезентативных из них [5, р. 23–36].

Цель исследования – классификация агроландшафтов Беларуси по условиям их формирования и функционирования с учетом объективных и статистически обоснованных критериев. Поставлены следующие задачи: получение базы геоданных с информацией, комплексно характеризующей природные и антропогенные условия формирования и развития агроландшафтов, снижение размерности данных и отбор наиболее значимых факторов, а также разработка классификационной схемы агроландшафтов Беларуси.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования выступают агроландшафты Беларуси – земли, находящиеся в пределах сельскохозяйственных предприятий. Они могут рассматриваться как агроландшафты по двум причинам. Во-первых, сельскохозяйственные предприятия, как хозяйствующие субъекты, представляют собой устойчивую административную рамку природно-территориальных комплексов с четкими границами. В них входят не только сельскохозяйственные (продукционные ядра), но и несельскохозяйственные земли, интегрированные в агроландшафтные комплексы, которым присущи пространственная целостность и связность: отдельные рабочие участки характеризуются территориальной замкнутостью, образуя сопряженные массивы сельскохозяйственных земель, объединенные инфраструктурной сетью дорог, мелиоративных каналов и производственных центров. Во-вторых, сельскохозяйственные предприятия являются управленческо-функциональными, энергетическими и технологическими природно-хозяйственными формированиями, отличающимися единым подходом к системам земледелия, координированным использованием рабочей силы, техники и орудий, постоянным притоком антропогенной энергии.

В настоящей статье сельскохозяйственные предприятия рассматриваются в качестве основных операционно-территориальных единиц. Для исследования выбраны 1316 сельскохозяйственных предприятий площадью более 1400 га. Данное значение соответствует 75-му перцентилю исходной выборки (нижняя граница) ранжированных по площади сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств, существовавших в 2021 г., общей площадью 8,8 млн га, или 42 % площади страны.

³Марцинкевич Г. И., Счастная И. И. Ландшафтоведение : учеб. пособие. Минск : ИВЦ Минфина, 2014. 252 с.

⁴Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов / под ред. Н. П. Масютенко. Курск : ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. 67 с.

Исследование состоит из трех этапов (рис. 1). На первом этапе была разработана база геоданных, которая включает 121 признак. Они распределены по четырем блокам атрибутивных данных.

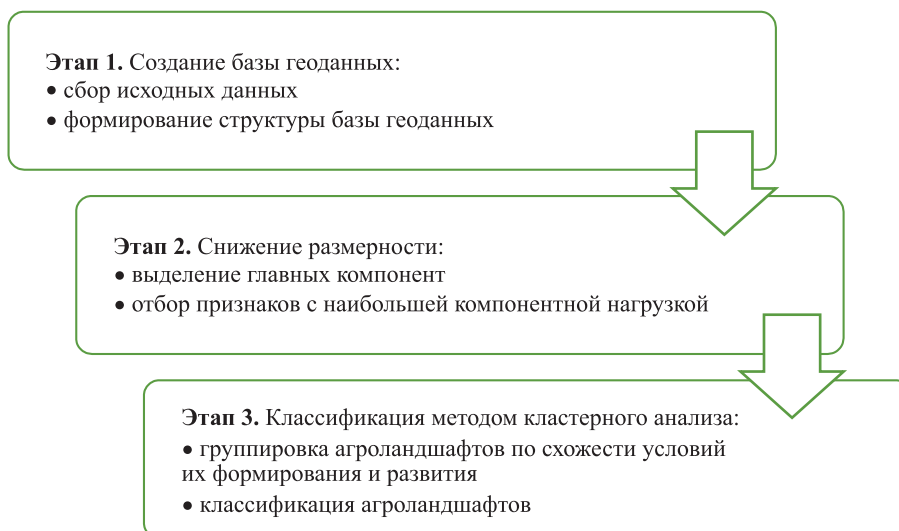


Рис. 1. Этапы исследования

Fig. 1. Research stages

Блок пространственных данных содержит 4 признака. К ним относятся границы основных операционно-территориальных единиц, их наименования, периметр и площадь.

Блок агроклиматических данных включает 17 признаков. С опорой на картографическое издание «Национальный атлас Беларуси»⁵ определены следующие показатели: средняя температура воздуха за январь и июль, °С; количество дней со средней суточной температурой выше 0; 5; 10 и 15 °С; количество безморозных дней на почве и в воздухе; сумма температур выше 5 и 10 °С; количество осадков за год, мм; количество осадков за теплый период, мм; число дней с устойчивым снежным покровом; гидротермический коэффициент за период с устойчивой температурой выше 10 °С. Вычислены их минимальное, среднее и максимальное значения, а также амплитуда. Значения производных индексов получены автором настоящего исследования: биоклиматический потенциал рассчитан по методике, предложенной в статье [21], в соответствии с данными агроэкологического атласа России и сопредельных стран⁶, индекс континентальности – по методике, описанной в публикации [22], индекс аридности – по методике, обоснованной в работе [23].

Блок агроэкологических данных складывается из подблока почвенных характеристик, подблока характеристик структуры почвенного покрова и педоразнообразия, подблока характеристик рельефа и эрозийного состояния. Для оценки неоднородности и разнообразия почвенного покрова разработан набор инструментов геообработки *SoilAnalyst*⁷ в среде *ArcGIS* [24].

В основе первого подблока лежат данные цифровых почвенных карт земельно-информационной системы Республики Беларусь⁸ (далее – ЗИС). Пространственная структура почв определена в разрезе типов почв (7 признаков), генезиса почвообразующих пород (8 признаков), гранулометрического состава почв (9 признаков), режима увлажнения (8 признаков), литологического строения профиля (3 признака), подстилающих пород (6 признаков).

Второй подблок, в свою очередь, состоит из подблока характеристик неоднородности структуры почвенного покрова и подблока характеристик педоразнообразия. Оценка неоднородности структуры почвенного покрова включает описание элементарного почвенного ареала и почвенных комбинаций. Особенности элементарного почвенного ареала установлены с помощью 11 признаков: минимального, среднего и максимального значений площади и длины контура (определены по базе геоданных), индекса дробности и степени дифференциации величины почвенных контуров (рассчитаны по методике, предложенной в статье [25]), коэффициента расчленения, коэффициента изрезанности и коэффициента кругообразности (получены по методике, описанной в публикации [26]). Специфика почвенных комбинаций

⁵Национальный атлас Беларуси / редкол.: У. Р. Гусакоў [и инш.]. Минск : Белкартаграфія, 2024. 348 с.

⁶Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения / под ред. А. Н. Афонина [и др.]. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008. 1500 с.

⁷Sazonau A. A. SoilAnalyst // Zenodo : website. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15346356> (date of access: 01.04.2025).

⁸Геопортал земельно-информационной системы Республики Беларусь. URL: <https://gismap.by/> (дата обращения: 01.04.2021).

установлена с помощью 8 признаков. Классический коэффициент сложности вычислен по методике ведения мониторинга земель в Республике Беларусь⁹, медианный коэффициент сложности – по усовершенствованной методике, в основе которой лежит медианное значение коэффициента расчленения, что обеспечивает меньшую чувствительность индекса к статистическим выбросам и лучше отражает сложность структуры почвенного покрова в масштабе исследования. Коэффициент контрастности определен по методике, обоснованной в публикации [27], и по методике ведения мониторинга земель в Республике Беларусь. Принята шкала контрастности почв Беларуси, разработанная Н. В. Клебановичем¹⁰. Коэффициент неоднородности получен по методике ведения мониторинга земель в Республике Беларусь, при этом учитывались вариации коэффициента контрастности и коэффициента сложности.

Оценка педоразнообразия агроландшафтов Беларуси осуществлена по методике, описанной в статье [25], впервые. Педоразнообразие характеризуется с помощью 11 признаков: индекса богатства, индекса разнообразия Шеннона, нормированного индекса разнообразия Шеннона, индекса разнообразия Джини – Симпсона, индекса разнообразия Маргалефа, индекса разнообразия Менхиника, индекса разнообразия Бриллюэна, индекса разнообразия Макинтоша, индекса разнообразия Симпсона, индекса разнообразия Бергера – Паркера, индекса латеральной дифференциации.

В основе третьего подблока лежат данные цифровой модели рельефа *AirBUS WorldDEM4Ortho* с пространственным разрешением 24 м и данные слоя «почвы» ЗИС. Стандартным образом определены средние морфометрические параметры (9 признаков): абсолютная высота, м; амплитуда высот, м; общая кривизна склонов, град; крутизна склонов, град; горизонтальное, вертикальное и общее расчленение рельефа, км/км² (по методике, описанной в статье [28]); длина склонов, м (по методу *Slope Length* в среде *SAGA*); LS-фактор (по методу *Moore & Nieber 1989* в среде *SAGA*).

Эрозионное состояние земель характеризовалось с точки зрения фактической водной и ветровой эрозии, общей эродированности (4 признака) и потенциальной дефляционной и водно-эрозионной опасности (4 признака). По итогам оценки фактического эрозионного состояния по данным ЗИС получены сведения об удельном весе земель по типу и степени проявления эрозионных процессов (смытости, намытости, дефлированности) и их общей доле в земельном фонде. Уровень потенциальной водно-эрозионной опасности измерен с помощью *K*-фактора, отражающего степень уязвимости почв к эрозии в зависимости от отношения содержания в них песка к сумме пыли и глины (по методике, предложенной в работе [29]), интегрального показателя водно-эрозионной опасности, а также с помощью интегрального показателя водно-эрозионной опасности с учетом среднемесячной эродирующей способности дождей (по методике, обоснованной в публикации [30]). Последний показатель определен по информации Европейского центра данных о почве [31]. В результате оценки потенциальной дефляционной опасности по методике, описанной в статье [32], получены сведения об удельном весе земель со средней и сильной степенью опасности и их общей доле в земельном фонде.

Блок агрохозяйственных данных включает 12 признаков, благодаря которым возможно измерение потенциальной продуктивности агроландшафтов, мелиоративного состояния земель, радиационной загрязненности и освоенности территорий. В соответствии с данными ЗИС определены средние значения балла бонитета почв, балла кадастровой оценки, а также кислотности почв по рабочим участкам. Индексы средней площади рабочего участка и ее отношения к средней площади элементарного почвенного ареала рассчитаны в среде *ArcGIS* по данным ЗИС. В ходе оценки мелиоративного состояния земель на основе данных ЗИС получены сведения об общей доле мелиорированных земель в земельном фонде в зависимости от типа мелиорации (осушения, орошения, двойного регулирования). Степень радиационной загрязненности и площадь загрязненных земель установлены с опорой на атлас последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции¹¹ по данным ЗИС. При этом учитывался только ¹³⁷Cs, что обусловлено его малой подвижностью в экосистемах [33]. В базе геоданных представлена информация об общей доле загрязненных земель в земельном фонде с дифференциацией территорий по степени радиационной загрязненности (от 1 до 5 Ки/км², от 5 до 15 Ки/км², от 15 Ки/км² и более).

На втором этапе осуществлялось снижение размерности данных методом главных компонент с вариакс-вращением (нормализация Кайзера) в программе *IBM SPSS Statistics* (версия 26). Важное свойство метода – ортогональность (независимость) главных компонент, что является необходимым условием кластерного анализа. Для оценки влияния исходной переменной (признака) на формирование главных компонент использовались значения компонентной нагрузки, которые представляют собой корреляции между

⁹Методика ведения мониторинга земель в Республике Беларусь. Минск : [б. и.], 1993. 66 с.

¹⁰Клебанович Н. В. Методы обследования земель: задания и методические указания по выполнению практикума по курсу «Земельный кадастр». Минск : БГУ, 2008. 48 с.

¹¹Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / под ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. М. : Фонд «Инфосфера» : НИА-природа, 2009. 140 с.

исходными переменными и главными компонентами. По значению компонентной нагрузки определялись признаки, оказывающие наибольшее влияние на компоненту.

На третьем этапе агроландшафты Беларуси классифицировались методом *k*-средних в среде *ArcGIS Pro*. Данный метод машинного обучения направлен на минимизацию дисперсии внутри выделяемых групп и максимизацию дисперсии между ними. Заданный набор центров кластеров (ядер кластеризации) напрямую влияет на конечный результат. Они могут быть определены вручную, случайно или с использованием алгоритмов оптимизации. Метод *k*-средних требует предварительного знания числа выделяемых кластеров, однако установлением их оптимального количества и оценкой качества кластеризации занимается эксперт. Если число кластеров заранее неизвестно, для поиска их оптимального количества используются особые метрики, в частности метод псевдо-*F*-статистики, или индекс Калински – Харабаша. Наибольшее значение метрики отвечает наилучшему количеству выделяемых кластеров.

Результаты и их обсуждение

Компонентный анализ. На основе разработанной базы геоданных признаки были объединены в группы, характеризующие агроклиматические, почвенно-эрозионные, почвенно-экологические, почвенно-структурные и агрохозяйственные условия формирования и развития агроландшафтов. Критериями отбора исходных признаков для анализа выступили их распространенность (более 5 % земель внутри операционно-территориальной единицы отвечают заданному параметру) и отсутствие сильной корреляции с другими признаками для исключения коллинеарности.

Агроклиматическое состояние агроландшафтов характеризуется с помощью 17 признаков (блок агроклиматических данных). Выявлены четыре компоненты, после вращения первая из них объясняет 34 % общей дисперсии, вторая – 27 %, третья – 20 %, четвертая – 13 % (суммарно 94 %). Первая компонента отражает влияние на агроландшафты холодного периода и условия перезимовки сельскохозяйственных культур. Средняя температура воздуха за январь имеет наибольшую компонентную нагрузку (0,933)¹². Высоким значением данного показателя отличается также продолжительность периода со средней суточной температурой выше 0 °C (0,914) и 5 °C (0,845). Установлена обратная связь (–0,928) с числом дней с устойчивым снежным покровом. Вторая компонента описывает влияние на агроландшафты теплого периода. Максимальной компонентной нагрузкой обладают индекс континентальности (0,963) и средняя температура воздуха за июль (0,816). Третья компонента отражает влияние на агроландшафты количества осадков. Наибольшая компонентная нагрузка отмечена у количества осадков за год (0,899) и за теплый период (0,820). Менее выражена связь с индексом аридности (0,760) и гидротермическим коэффициентом за период с устойчивой температурой выше 10 °C (0,678). Четвертая компонента описывает влияние на агроландшафты продолжительности безморозного периода на почве (0,886) и в воздухе (0,872). Некоторые признаки демонстрируют высокую корреляцию с двумя компонентами. Для первой и второй компонент такая связь установлена с продолжительностью периода со средней суточной температурой выше 10 и 15 °C, суммой температур выше 5 и 10 °C, биоклиматическим потенциалом, для второй и третьей компонент – с гидротермическим коэффициентом за период с устойчивой температурой выше 10 °C.

Почвенно-эрозионное состояние агроландшафтов характеризуется с помощью 14 признаков: доли фактически эродированных почв (смытых, намытых, дефлированных), %; общей доли эродированных почв в земельном фонде, %; доли земель с высоким потенциалом развития эрозии, %; интегрального показателя водно-эрозионной опасности с учетом среднемесячной эродирующей способности дождей; доли земель с высоким уровнем дефляционной опасности, %; абсолютной высоты, м; амплитуды высот, м; длины склонов, м; кривизны склонов, град; крутизны склонов, град; горизонтального, вертикального и общего расчленения рельефа, км/км².

Выявлены три компоненты, при этом первая из них объясняет 34 % общей дисперсии, вторая – 24 %, третья – 15 % (суммарно 73 %). Первая компонента описывает эрозионный потенциал агроландшафтов: длину склонов (0,869), вертикальное расчленение (0,857), амплитуду высот (0,829), крутизну склонов (0,801), общее расчленение (0,727), абсолютную высоту (0,697). Вторая компонента отражает фактическое проявление эрозии: общую долю эродированных почв в земельном фонде (0,913), долю намытых (0,897) и смытых (0,780) почв. Третья компонента описывает дефляцию: долю земель с высоким уровнем дефляционной опасности (–0,712), долю дефлированных земель (–0,617). При этом заметно выделяется такой признак, как горизонтальное расчленение рельефа (–0,691), что можно объяснить высокими значениями названного показателя на Полесье (по данным морфометрического районирования¹³ [28]), где дефляция наиболее распространена.

¹²Здесь и далее в рамках подраздела в скобках указано значение компонентной нагрузки.

¹³Национальный атлас Беларуси / редкал.: У. Р. Гусакоў [i інш.]. 348 с.

Почвенно-экологическое состояние агроландшафтов характеризуется с помощью 41 признака. Из них отобраны 11 признаков в разрезе типов почв (дерновые заболоченные и зональные почвы), гранулометрического состава почв (почвы тяжелого гранулометрического состава), режима увлажнения (переувлажненные и гидроморфные почвы), генезиса почвообразующих пород (моренные, водно-ледниковые, лессовые и лессовидные почвы), строения профиля (однородное, двухчленное строение профиля), подстилающих пород (подстиление связными породами).

Выявлены пять компонент, при этом первая из них объясняет 22 % общей дисперсии, вторая – 20 %, третья – 15 %, четвертая – 15 %, пятая – 13 % (суммарно 85 %). Первая компонента описывает дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные (0,909), а также гидроморфные (–0,838) почвы. Вторая компонента описывает лессовые и лессовидные почвообразующие породы (0,856) тяжелого гранулометрического состава (0,880). Третья компонента отражает почвы моренного генезиса (0,934). Четвертая компонента описывает почвы двухчленного строения профиля (0,850). Установлено, что почвы однородного строения демонстрируют обратную связь (–0,760). Пятая компонента отражает переувлажненные минеральные почвы (0,884), преимущественно дерново-заболоченные (0,683).

Почвенно-структурное состояние агроландшафтов оценивается с помощью 20 признаков (подблоки характеристик структуры почвенного покрова (9 признаков) и педоразнообразия (11 признаков) блока агро-экологических данных). Отобраны такие признаки структуры почвенного покрова, как средние значения площади и длины контура, индекс дробности, степень дифференциации величины почвенных контуров, коэффициент кругообразности, коэффициент изрезанности (средневзвешенный), медианный коэффициент сложности, коэффициент контрастности (по методике, обоснованной в публикации [27]), коэффициент неоднородности в вариации с медианным коэффициентом сложности. Из числа характеристик педоразнообразия взяты все признаки.

Выявлены четыре компоненты, при этом первая из них объясняет 27 % общей дисперсии, вторая – 24 %, третья – 18 %, четвертая – 9 % (суммарно 78 %). Первая компонента описывает педоразнообразие с помощью индекса богатства (0,877), индекса разнообразия Шеннона, индекса разнообразия Маргалёфа (0,914), индекса разнообразия Менхиника (0,764) и индекса латеральной дифференциации (0,869). Вторая компонента отражает сложность контуров элементарных почвенных ареалов, при этом учитываются средние значения площади (–0,904) и длины (–0,927) контура, индекс дробности (0,951), медианный коэффициент сложности (0,941). Третья компонента описывает дифференциацию числа и размера элементарных почвенных ареалов. Наибольшую компонентную нагрузку имеют степень дифференциации величины почвенных контуров (0,793), индекс Макинтоша (–0,688) и индекс Симпсона (0,681). Четвертая компонента отражает контрастность и неоднородность структуры почвенных покровов. Максимальной компонентной нагрузкой обладают коэффициент контрастности (0,839) и коэффициент неоднородности в вариации с медианным коэффициентом сложности (0,661).

Агрохозяйственное состояние агроландшафтов характеризуется с помощью 18 признаков: средних значений балла бонитета почв, балла кадастровой оценки, а также кислотности почв по рабочим участкам, индексов средней площади рабочего участка и ее отношения к средней площади элементарного почвенного ареала, общей доли мелиорированных земель в земельном фонде в зависимости от типа мелиорации (осушения, орошения, двойного регулирования), доли земель под древесно-кустарниковой растительностью в земельном фонде, общей доли луговых земель в земельном фонде с выделением луговых естественных, закустаренных, улучшенных, неиспользуемых и иных земель, а также общей доли загрязненных земель в земельном фонде с дифференциацией территорий по степени радиационной загрязненности (от 1 до 5 Ки/км², от 5 до 15 Ки/км², от 15 Ки/км² и более). Дифференциация земель с точки зрения их загрязнения радионуклидами (¹³⁷Cs) рассматривается отдельно.

Выявлены три компоненты, при этом первая из них объясняет 28 % общей дисперсии, вторая – 19 %, третья – 19 % (суммарно 66 %). Первая компонента описывает процесс выхода из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных и малоиспользуемых земель. Установлена обратная связь со средним значением балла бонитета почв по рабочим участкам (–0,865), индексом средней площади рабочего участка (–0,719) и долей земель под древесно-кустарниковой растительностью в земельном фонде (0,750). Данный факт обусловлен выведением малопродуктивных земель из сельскохозяйственного оборота и их зарастанием древесно-кустарниковой растительностью. Вторая компонента отражает среднее значение кислотности почв по рабочим участкам (–0,880) и долю мелиорированных земель с двойным регулированием в земельном фонде (0,812), что можно объяснить широким применением подобных систем на участках со сравнительно более кислыми торфяными почвами. Третья компонента описывает осушение земель. Для земель с осушительной мелиорацией значение компонентной нагрузки составляет 0,814, для луговых улучшенных земель – 0,798.

Классификация агроландшафтов. Предлагаемая типология основана на классификации по факетному принципу и кластерном анализе. По ранее определенным величинам компонентных нагрузок из шести групп признаков отобраны самые существенные – признаки с наибольшей компонентной нагрузкой и признаки, которые демонстрируют высокую корреляцию с двумя и более компонентами. Они комплексно характеризуют условия формирования и развития агроландшафтов и позволяют оценить их состояние.

Для каждой группы признаков проведен кластерный анализ методом k -средних. Оптимальное число кластеров рассчитано по индексу Калински – Харабаша (рис. 2).

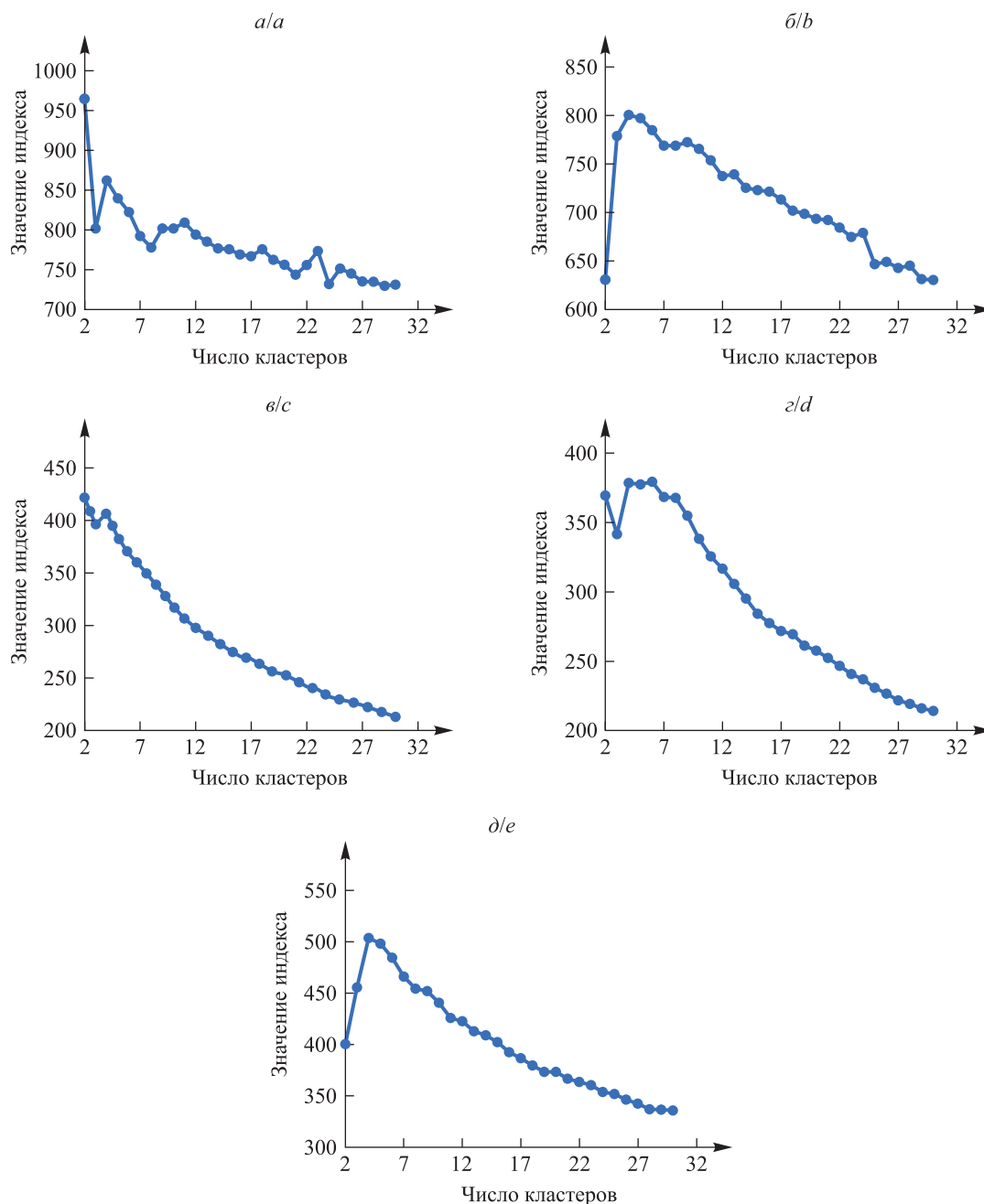


Рис. 2. Число кластеров по индексу Калински – Харабаша для отобранных признаков:

- a* – признаки агроклиматического состояния; *б* – признаки почвенно-эрозионного состояния;
в – признаки почвенно-структурного состояния; *г* – признаки почвенно-экологического состояния;
д – признаки агрохозяйственного состояния

Fig. 2. The number of clusters according to the Kalinski – Kharabash index for the selected characteristics:

- a* – characteristics of agroclimatic condition; *b* – characteristics of soil-erosion condition;
c – characteristics of soil-structural condition; *d* – characteristics of soil-ecological condition;
e – characteristics of agro-economic condition

Минимальное число кластеров, равное 2, часто соответствует наибольшим значениям индекса Калински – Харабаша. Однако такое разделение исходного множества не всегда является оптимальным, и при поиске наилучшего количества кластеров необходимо ориентироваться не только на наибольшее значение метрики, но и на локальные максимумы. Для подавляющей части групп признаков оптимальным является выделение четырех кластеров: для признаков агроклиматического состояния индекс Калински – Харабаша составляет 862, для признаков почвенно-эрозионного состояния – 800, для признаков почвенно-структурного состояния – 407, для признаков агрохозяйственного состояния – 500. Для признаков почвенно-экологического состояния выделены шесть кластеров, индекс Калински – Харабаша составляет 379. Для признаков почвенно-радиологического состояния эмпирически установлено оптимальное число кластеров, равное 3.

Степень влияния каждого признака на результат кластеризации оценивается по величине коэффициента детерминации. Наибольшее влияние на формирование кластеров агроклиматического состояния оказывают гидротермический коэффициент за период с устойчивой температурой выше 10 °C (0,78)¹⁴, индекс континентальности (0,74), продолжительность периода со средней суточной температурой выше 10 °C (0,68), продолжительность безморозного периода на почве (0,65), средняя температура воздуха за январь (0,62), количество осадков за год (0,52). Наибольшее влияние на формирование кластеров почвенно-эрозионного состояния оказывает доля земель с высоким уровнем дефляционной опасности (0,73). Менее ощутимо влияние доли фактически эродированных почв (смытых, намытых, дефлированных) (0,65) и длины склонов (0,56). Наибольшее влияние на формирование кластеров почвенно-экологического потенциала оказывает моренный генезис почвообразующих пород (0,92). Значения коэффициента детерминации более 0,60 характерны для тяжелого гранулометрического состава почв (0,69), однородного строения профиля (0,69), лессового и лессовидного генезиса почвообразующих пород (0,68), гидроморфного режима увлажнения (0,65), дерновых заболоченных типов почв (0,64), водно-ледникового генезиса почвообразующих пород (0,59), подстилания связными породами (0,45), двухчленного строения профиля (0,34), переувлажнения (0,21). Наибольшее влияние на формирование кластеров почвенно-структурного состояния оказывают индекс дробности и коэффициент контрастности (0,60). Менее выражено влияние индекса разнообразия Маргалефа (0,50). Степень дифференциации величины почвенных контуров практически не воздействует на формирование кластеров (0,07). Наибольшее влияние на формирование кластеров агрохозяйственного состояния оказывают средние значения балла бонитета почв (0,58), а также кислотности почв по рабочим участкам (0,52). Менее выражено влияние доли земель с осушительной мелиорацией (0,50). Для признаков почвенно-радиологического состояния характерны высокие значения коэффициента детерминации: для общей доли загрязненных земель в земельном фонде его значение равняется 0,92, для доли загрязненных земель со степенью радиационной загрязненности от 1 до 5 Ки/км² и от 5 до 15 Ки/км² – 0,88.

Таким образом, по выделенным кластерам методом фасетной классификации составлена агроэкологическая типология агроландшафтов Беларуси (см. таблицу).

Агроэкологическая типология агроландшафтов Беларуси

Agroecological typology of Belarusian agrolandscapes

Условия	Номер кластера	Число основных операционно-территориальных единиц	Площадь, млн га	Характеристика агроландшафтов
Агроклиматические	1	448	3,3	Агроландшафты умеренного климата с достаточным увлажнением
	2	226	1,7	Агроландшафты с высоким температурным потенциалом и недостаточным увлажнением
	3	223	1,8	Агроландшафты с более выраженной континентальностью климата и недостаточным увлажнением
	4	419	3,2	Агроландшафты с низким температурным потенциалом и достаточным увлажнением
Почвенно-эрозионные	1	621	4,8	Агроландшафты с низким эрозионным риском
	2	343	2,5	Агроландшафты с умеренным дефляционным риском
	3	275	2,2	Агроландшафты с умеренным водно-эрозионным риском
	4	77	0,6	Агроландшафты с высоким водно-эрозионным риском

¹⁴Здесь и далее в рамках подраздела в скобках указано значение коэффициента детерминации.

Окончание таблицы
Ending of the table

Условия	Номер кластера	Число основных операционно-территориальных единиц	Площадь, млн га	Характеристика агроландшафтов
Почвенно-структурные	1	563	4,2	Агроландшафты с низкой неоднородностью и сложностью структуры почвенного покрова, умеренным педоразнообразием
	2	360	2,6	Агроландшафты с низкой неоднородностью и контрастностью структуры почвенного покрова, низким педоразнообразием
	3	238	2,1	Агроландшафты с высокой неоднородностью и дробностью структуры почвенного покрова, высоким педоразнообразием
	4	155	1,2	Агроландшафты с высокой неоднородностью и контрастностью структуры почвенного покрова, низким педоразнообразием
Почвенно-экологические	1	192	1,7	Зональные легкие почвы на моренных отложениях двухчленного строения различного подстилания
	2	189	1,4	Зональные тяжелые почвы на лессовых и лессовидных отложениях двухчленного строения различного подстилания
	3	51	0,4	Зональные тяжелые почвы на лессовых и лессовидных отложениях однородного строения
	4	568	4,2	Зональные легкие почвы на водно-ледниковых отложениях двухчленного строения с подстиланием рыхлыми породами
	5	132	0,9	Заболоченные легкие почвы на водно-ледниковых и древнеаллювиальных отложениях двухчленного строения с подстиланием рыхлыми породами
	6	184	1,4	Заболоченные легкие и торфяные почвы на водно-ледниковых отложениях двухчленного строения с подстиланием рыхлыми породами
Агрохозяйственные	1	312	2,5	Умеренно мелиорированные агроландшафты с низким плодородием
	2	257	1,9	Умеренно мелиорированные агроландшафты с высоким плодородием
	3	280	2,1	Сильно мелиорированные агроландшафты с умеренно высоким плодородием
	4	467	3,5	Слабо мелиорированные агроландшафты с умеренно низким плодородием
Почвенно-радиологические	1	1152	8,8	Агроландшафты без радиационного загрязнения земель ¹³⁷ Cs
	2	129	1,0	Агроландшафты с низким и умеренным радиационным загрязнением земель ¹³⁷ Cs
	3	35	0,2	Агроландшафты с высоким радиационным загрязнением земель ¹³⁷ Cs

Пространственное положение таксономических единиц представлено на рис. 3. В соответствии с предложенной типологией место агроландшафта в схеме можно охарактеризовать кодом из шести переменных:

$$C = a.b.c.d.e(f),$$

где C – классификационный код агроландшафта; a – агроклиматическое состояние; b – почвенно-эрозийное состояние; c – почвенно-структурное состояние; d – почвенно-экологическое состояние; e – агрохозяйственное состояние; f – почвенно-радиологическое состояние.

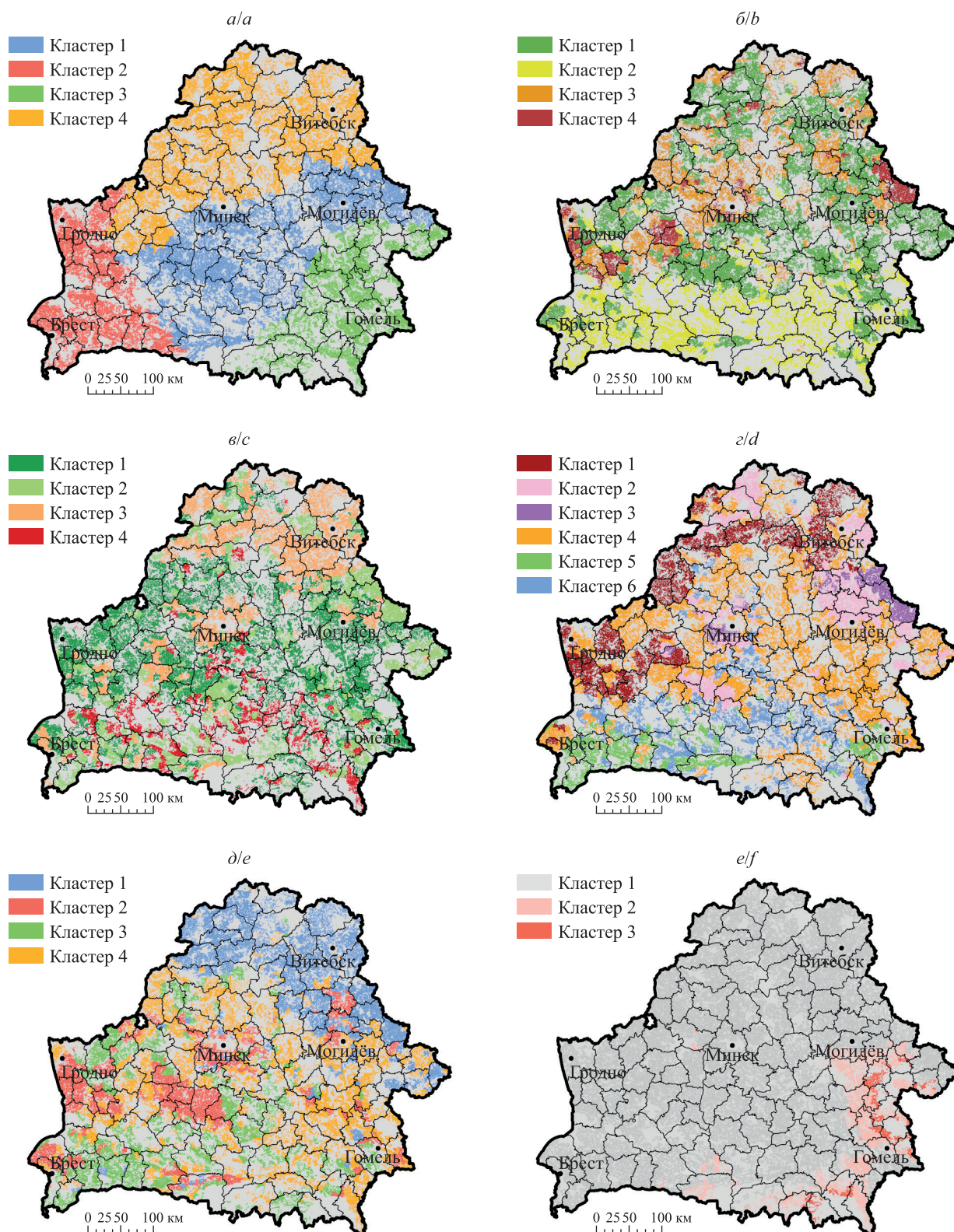


Рис. 3. Кластеры агроэкологического состояния агроландшафтов Беларуси:

a – кластеры агроклиматического состояния; *б* – кластеры почвенно-эрозийного состояния;
в – кластеры почвенно-структурного состояния; *г* – кластеры почвенно-экологического состояния;
д – кластеры агрохозяйственного состояния; *е* – кластеры почвенно-радиологического состояния

Fig. 3. Clusters of agroecological conditions of Belarusian agrolandscapes:

a – clusters of agroclimatic condition; *b* – clusters of soil-erosion condition; *c* – clusters of soil-structural condition;
d – clusters of soil-ecological condition; *e* – clusters of agro-economic condition; *f* – clusters of soil-radiological condition

Код переменной соответствует номеру кластера. Первые четыре знака кода (*a*, *b*, *c*, *d*) описывают природно-антропогенные условия формирования и функционирования агроландшафтов, два последних (*e*, *f*) – антропогенно-техногенные условия.

На природно-антропогенном уровне выделяются 169 типов агроландшафтов, с учетом антропогенно-техногенного уровня – 390 типов. Агроландшафты умеренного климата с достаточным увлажнением, высоким водно-эрозионным риском, низкой неоднородностью структуры почвенного покрова, заболоченными легкими и торфяными почвами на водно-ледниковых и органогенных отложениях (код 1.4.1.6), а также агроландшафты континентального климата с недостаточным увлажнением, высоким водно-эрозионным риском, низкой неоднородностью структуры почвенного покрова, заболоченными легкими и торфяными почвами на водно-ледниковых и органогенных отложениях (код 3.4.1.6) являются наиболее распространенными природно-антропогенными типами агроландшафтов (65 и 50 контуров соответственно).

Заключение

Оценка условий формирования и развития агроландшафтов Беларуси на основе методов компонентного и кластерного анализа позволила обоснованно выявить ведущие группы факторов. Агроклиматические условия характеризуются средней температурой воздуха за январь, количеством осадков за год, продолжительностью безморозного периода на почве и периода со средней суточной температурой выше 10 °С, гидротермическим коэффициентом за период с устойчивой температурой выше 10 °С и индексом континентальности. Почвенно-эрозионные условия определяются длиной склонов, долей земель с высоким уровнем дефляционной опасности и общей долей фактически эродированных земель в земельном фонде. Почвенно-экологические условия характеризуются долевым соотношением почв в разрезе их основных свойств: типовой принадлежности (дерновые заболоченные, зональные типы), тяжелого гранулометрического состава, режима увлажнения (переувлажненные, гидроморфные), генезиса почвообразующих пород (моренные, водно-ледниковые, лессовые и лессовидные), однородного и двухчленного строения профиля, подстилания связными породами. Почвенно-структурные условия определяются индексом дробности, дифференциацией величины почвенных контуров, коэффициентом контрастности и индексом видового разнообразия Маргалефа. Агрохозяйственные условия характеризуются баллом бонитета почв, средней кислотностью почв, степенью осушительной мелиорации. Почвенно-радиологические условия характеризуются общей долей загрязненных земель в земельном фонде с дифференциацией территорий по степени радиационной загрязненности (от 1 до 5 Ки/км², от 5 до 15 Ки/км², от 15 Ки/км² и более).

На основе выделенных факторов впервые составлена агроэкологическая типология агроландшафтов Беларуси по фасетному принципу, что позволяет охарактеризовать природно-антропогенные и антропогенно-техногенные условия формирования и функционирования агроландшафтов. На природно-антропогенном уровне выделяются 169 типов агроландшафтов, с учетом антропогенно-техногенного уровня – 390 типов.

Разработанная типологическая схема обладает рядом преимуществ, особенно гибкостью и масштабируемостью: для каждого уровня классификации можно разработать новые классы без необходимости перестройки всей схемы. Применяемые подходы могут быть использованы для дальнейшего совершенствования и расширения типологии, в частности для учета социально-экономических факторов. Схема должна послужить основой для поиска общих подходов к проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом выявленных особенностей агроландшафтов.

Библиографические ссылки

1. Масляев ВН, Евсеев АД, Кулагов СА, Светкин АС, Терехин ДЮ. О соотношении понятий «агрогеосистема», «агроландшафт» и «агроэкосистема» как основных дефиниций в геоэкологических исследованиях. *Московский экономический журнал*. 2025;10(1):484–504.
2. Мильков ФН. *Вопросы географии. Сборник 124, Природные комплексы и сельское хозяйство*. Москва: Мысль; 1984. Сельскохозяйственные ландшафты, их специализация и классификация; с. 24–34.
3. Юртаев АА. Агроландшафтные исследования: теория и практика. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2011;15:217–221.
4. Mueller L, Sychev VG, Dronin NM, Eulenstein F, editors. *Exploring and optimizing agricultural landscapes*. Cham: Springer; 2021. Agricultural landscapes: history, status and challenges; p. 3–54 (Innovations in landscape research).
5. Mirschel W, Terleev VV, Wenkel K-O, editors. *Landscape modelling and decision support*. Cham: Springer; 2020. 616 p. (Innovations in landscape research).
6. Кирюшин ВИ, Кирюшин СВ. *Агротехнологии*. Москва: Лань; 2022. 464 с.

7. Яцухно ВМ, Мандер ЮЭ. *Формирование агроландшафтов и охрана природной среды*. Минск: Институт геологических наук АНБ; 1995. 122 с.
8. Трапезникова ОН. Геоэкологическая концепция агроландшафта. *Известия Русского географического общества*. 2014; 146(1):73–85.
9. Трапезникова ОН. *Парадоксы северного земледелия: история и география агроландшафтов лесной зоны Восточно-Европейской равнины*. Москва: Геос; 2019. 256 с.
10. Носонов АМ. *Территориальные системы сельского хозяйства (экономико-географические аспекты исследования)*. Москва: Янус-К; 2001. 324 с.
11. Лысанова ГИ. *Ландшафтный анализ агроприродного потенциала геосистем*. Новосибирск: Издательство Института географии Сибирского отделения РАН; 2001. 188 с.
12. Новиков ДВ. Агроэкологическая типизация земель как информационная основа современного землеустройства. *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2010;1:29–35.
13. Алманова ЖС. Агроэкологическая типология земель для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в Северном Казахстане. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017;9:22–24.
14. Баденко ВЛ, Иванов ДА, Топаж АГ. Информационное обеспечение агроландшафтных исследований. *Информация и космос*. 2014;4:52–54.
15. Ольшевский АВ. Геоинформационное моделирование агроландшафтов Белорусского Полесья. *Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2, Химия. Биология. География*. 2009;2:71–75.
16. Родоман ББ. *География, районирование, картоиды*. Смоленск: Ойкумена; 2007. 368 с.
17. Nabati J, Nezami A, Neamatollahi E, Akbari M. GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. *Ecological Indicators*. 2020;117(5):106646.
18. Червань АН, Нарожняя АГ. Технология проведения геосистемного анализа для территориального планирования природопользования. *Современные проблемы науки и образования* [Интернет]. 2016 [прочитано 1 апреля 2025 г.];6. Доступно по: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25855>.
19. Кирюшин ВИ. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель. *Почвоведение*. 2020;7:871–879.
20. Дыдышко СВ, Азарёнок ТН, Матыченкова ОВ. Агроэкологическая оценка пригодности почв пахотных земель Мстиславского района для возделывания зерновых культур. *Почвоведение и агрохимия*. 2022;1:7–20.
21. Логинов ВФ, Хитриков МА. Оценка биоклиматического потенциала Беларуси с использованием данных дистанционного зондирования и компьютерного моделирования. *Природные ресурсы*. 2019;2:82–93.
22. Котляров ДА. Анализ индекса континентальности климата на территории Северо-Востока России. *Вестник Балтийского федерального университета имени И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. 2024;1:92–103.
23. Даждо Р. *Основы экологии: природа и человек*. Москва: Прогресс; 1975. 415 с.
24. Сазонов АА. Автоматизация процессов создания и анализа тематических почвенных карт. В: Пересадыко ВА, редактор. *Збірник матеріалів конференції «ГІС-форум 2017»; 22–24 лютого 2017 р.; Харків, Україна. Випуск 1*. Харків: Хмельницький національний університет; 2017. с. 67–71. Спільно з видавництвом «Смугаста типографія».
25. Смирнова МА, Геннадиев АН. Количественная оценка почвенного разнообразия: теория и методы исследования. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2017;4:3–11.
26. Сазонов АА, Пенкрат ИВ, Рудаковский ИА. Структура почвенного покрова Национального парка «Нарочанский». *Территория науки*. 2018;3:12–18.
27. Юодис ЮК. О структуре почвенного покрова Литовской ССР. *Почвоведение*. 1967;11:50–55.
28. Курлович ДМ. Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси. *Земля Беларуси*. 2014;4:42–48.
29. Афанасьев НИ, Юхновец АВ. Коэффициенты устойчивости почв Беларуси к водной эрозии. *Почвоведение и агрохимия*. 2010;2:49–54.
30. 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.
31. Panagos P, van Liedekerke M, Borrelli P, Köninger J, Ballabio C, Orgiazzi A, et al. European Soil Data Centre 2.0: soil data and knowledge in support of the EU policies. *European Journal of Soil Science*. 2022;73(6):13315.
32. Цыбулько НН, Цырибко ВБ, Алексейчик ЕВ, Жукова ИИ. Генетические особенности, типизация и распространение дефляционно опасных почв на сельскохозяйственных землях Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2023;3:78–87.
33. Яцухно ВМ. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. *Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2, Химия. Биология. География*. 2011;1:107–108.

Получена 17.07.2025 / исправлена 15.08.2025 / принята 18.08.2025.
Received 17.07.2025 / revised 15.08.2025 / accepted 18.08.2025.

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ДИНАМИКУ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ОТДЕЛЬНЫХ ОЗЕРАХ ПОЛЬШИ И БЕЛАРУСИ ПО ДЕСЯТИЛЕТИЯМ В ПЕРИОД ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Р. СКОУРОН¹⁾, Н. Ю. СУХОВИЛО²⁾, Т. ЯЩУК³⁾

¹⁾Независимый исследователь, г. Торунь, Польша

²⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

³⁾Независимый исследователь, г. Торонто, Канада

Аннотация. Рассматриваются изменения температуры поверхностного слоя воды 13 озер, расположенных в Беларуси и на севере Польши, за 60-летний период (1961–2020), а также причины этих изменений. С помощью графических программ *Excel*, *Corel Quattro Pro* (версия 8) и *Corel Draw* (версия 9) были рассчитаны и представлены среднегодовые и среднемесячные значения, экстремальные значения, а также среднегодовые и среднемесячные тренды изменения температуры поверхностных вод по десятилетиям (дополнены данными о среднемесячных температурах воздуха для 13 метеорологических станций). Исследование показало, что температура во всех озерах характеризуется положительным трендом: в среднем она изменяется на 0,044 °С в год. Наибольшее повышение температуры воды отмечено в оз. Червоное в Беларуси (0,066 °С в год), а наименьшее – в оз. Ганча в Польше (0,029 °С в год). Эти значения коррелируют со средними температурами воздуха в декабре – марте и с зимним индексом североатлантического колебания.

Ключевые слова: озеро; температура поверхностного слоя воды озера; изменение климата; Польша; Беларусь.

Образец цитирования:

Скоурон Р, Суховило НЮ, Ящук Т. Факторы, определяющие динамику температуры поверхностных вод в отдельных озерах Польши и Беларуси по десятилетиям в период изменения климата. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:16–29 (на англ.). EDN: VXUBLB

For citation:

Skowron R, Sukhovilo NYu, Jaszczyk T. Determinants of the course of decadal surface water temperatures in selected lakes in Poland and Belarus during the period of climate change. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:16–29. EDN: VXUBLB

Авторы:

Раймонд Скоурон – доктор географических наук; независимый исследователь.

Нина Юрьевна Суховило – кандидат географических наук; заведующий научно-исследовательской лабораторией озераведения факультета географии и геоинформатики.

Томаш Ящук – независимый исследователь.

Authors:

Rajmund Skowron, doctor of science (geography); independent researcher.

rskowron@umk.pl

<https://orcid.org/0000-0001-7411-5239>

Nina Yu. Sukhovilo, PhD (geography); head of the laboratory of lake research, faculty of geography and geoinformatics.

sukhovilony@bsu.by

<https://orcid.org/0000-0003-0629-126X>

Tomasz Jaszczyk, independent researcher.

tomasz.adrian.jaszczyk@gmail.com

DETERMINANTS OF THE COURSE OF DECADAL SURFACE WATER TEMPERATURES IN SELECTED LAKES IN POLAND AND BELARUS DURING THE PERIOD OF CLIMATE CHANGE

R. SKOWRON^a, N. Yu. SUKHOVILO^b, T. JASZCZYK^c

^aIndependent researcher, Torun, Poland

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

^cIndependent researcher, Toronto, Canada

Corresponding author: N. Yu. Sukhovilo (sukhovilony@bsu.by)

Abstract. The paper presents the results of surface water temperature measurements from 13 lakes located in northern Poland and Belarus over a 60-year period (1961–2020) and the reasons of these changes. Using the *Excel*, *Corel Quattro Pro* (version 8) and *Corel Draw* (version 9) graphic programmes, annual and monthly average values, extreme values, average annual and monthly trends over a decade were calculated and presented. It is supplemented by average monthly air temperatures for 13 meteorological stations. Research has shown that the temperature in all lakes is characterised by a positive trend of 0.044 °C per year. The highest increase of water temperature was noted in Chervonoe Lake in Belarus (0.066 °C per year), while the smallest temperature was noted in the deep Hancza Lake in Poland (0.029 °C per year). These values correlate with average air temperatures in December – March and with the winter North Atlantic oscillation index.

Keywords: lake; lake surface water temperature; climate change; Poland; Belarus.

Introduction

The temperature of lake water plays a critical role in regulating the physical, chemical, and biological characteristics of aquatic ecosystems. It influences the distribution and abundance of aquatic organisms, nutrient cycling, and overall ecosystem productivity. Changes in lake surface water temperature can also serve as an indicator of climate change impacts on freshwater bodies, making it a valuable parameter for monitoring and assessing environmental health and resilience. Therefore, investigating lake surface water temperature is crucial for gaining insights into the dynamics of aquatic systems and their responses to environmental stressors. The upper layer is a zone of interaction of water mass and atmosphere. Understanding of heat exchange between air and water helps us to study heat balance and the hydrological regime [1; 2].

It is known that the water temperature in lakes is characterised by a positive trend for the entire multi-year period of 1961–2020, the authors of the study determine these trends for individual decades in its course. The aim of the work is to assess the natural conditions for decadal periods.

Materials and methods

The analysis of surface water temperature concerns 13 lakes. One of them is located in the Greater Poland lake district (Slawskie), three in the Pomeranian lake district (Lubie, Lebsko and Charzykowskie), four in the Masurian lake district (Jeziorak, Mikolajskie, Nidzkie and Hancza). Three lakes are situated in the area of the Belarusian lake district (Naroch, Drivyaty, Lukomskoe) two – in the area of Polesie (Vygonoshchanskoe, Chervonoe). Figure 1 shows the location of studied lakes.

All lakes except those located in Polesie are post-glacial lakes. Their location is marked in the west by Lubie Lake (15.9° E.), in the east by Lukomskoe Lake (29.1° E.), in the north by Drivyaty Lake (55.6° N.), and in the south by Chervonoe Lake (52.4° N.). The distance between the location of the extreme lakes from west to east is approximately 1130 km [3].

The largest lakes are Naroch (7960.0 ha) and Lebsko (7020.0 ha), while the smallest are Hancza (291.5 ha). In terms of depth, the deepest lakes are Hancza (106.1 m) and Lubie (46.2 m), and the shallowest lakes are Vygonoshchanskoe (2.3 m) and Chervonoe (2.9 m). In terms of capacity, the analysed lakes are also clearly differentiated. Naroch (710.40 mln m³) and Lukomskoe (249.0 mln m³) lakes have the largest capacity, and Chervonoe Lake (27.35 mln m³) has the smallest capacity. Other morphometric data are presented in table 1.

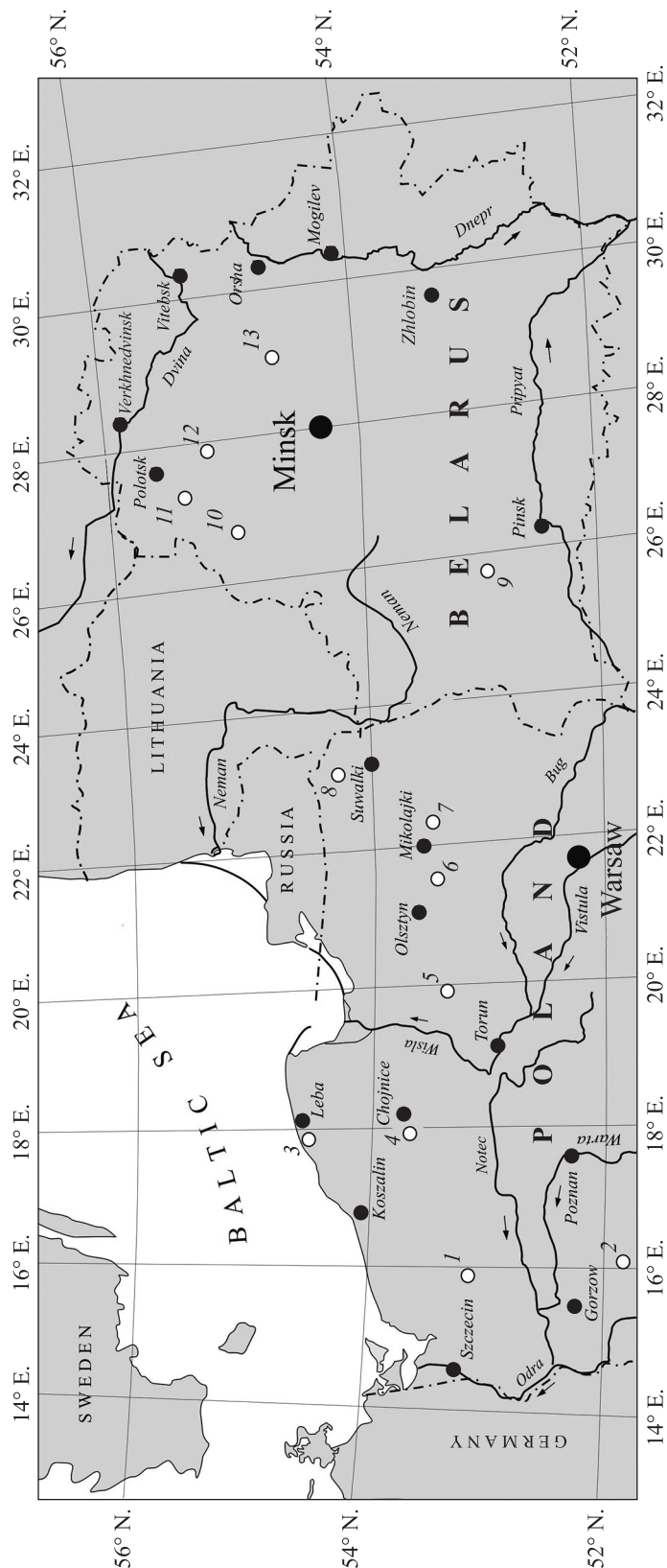


Fig. 1. Location of lakes for surface water temperature measurements and for ice phenomena measurements recorded in 1961–2020 in Poland (1 – Lubie, 2 – Slawskie, 3 – Lebsko, 4 – Chojnice, 5 – Jeziorak, 6 – Mikołajskie, 7 – Nidzkie, 8 – Hancza), in Belarus (9 – Vygonshehanskoe, 10 – Naroch, 11 – Drivyaty, 12 – Chervonoe, 13 – Lukomskoe), and meteorological stations (black points)

Table 1

Location and morphometry of the studied lakes

Lake	Geographic location		Area, ha	Lake volume, mln m ³	Maximum depth, m	Mean depth, m	Average width, m
	Latitude, degree	Longitude, degree					
Lubie	52.5	15.9	1487.5	16.98	46.2	11.6	1040
Slawskie	51.9	16.0	822.5	42.66	12.3	5.2	898
Lebsko	54.7	17.4	7020.0	117.52	6.3	1.6	4366
Charzykowskie	53.8	17.5	1336.0	134.53	30.5	9.8	1360
Jeziorak	53.7	19.6	3152.5	141.59	12.9	4.1	1172
Mikolajskie	53.8	21.6	424.0	55.74	25.9	11.2	866
Nidzkie	53.6	21.6	1750.0	113.87	23.7	6.2	790
Hancza	54.3	22.8	291.5	120.36	106.1	38.7	688
Vygonoshchanskoe	52.7	26.0	2600.0	32.10	2.3	1.2	3710
Naroch	54.9	26.8	7960.0	710.40	24.8	8.9	6200
Drivyaty	55.6	27.0	3614.0	223.52	12.0	6.1	3570
Chervonoe	52.4	28.0	4032.0	27.35	2.9	0.7	3500
Lukomskoe	54.7	29.1	3771.0	249.0	11.5	6.6	3500

The analysis of surface water temperature for eight lakes located in Poland was presented based on daily temperature measurements from the Institute of Meteorology and Water Management in Warsaw for the period of 1961–2020, and for lakes located in Belarus from the Hydrometeorological Service of the Republic of Belarus in Minsk (in every volume 3 of State Water Cadastre for 1972–2019), for the period of 1971–2020. In Poland, surface water temperature measurements were taken at a depth of 0.4 m in the coastal zone at 7:00 a. m. (6:00 GMT), in Belarus – at 8:00 a. m. (5:00 GMT). On the basis of these data, average annual and monthly values and trends in the decade ranges of the analysed multi-year period, as well as their amplitudes, were calculated.

Taking into account the clear differences in the surface water temperature in lakes over the analysed period, the authors distinguished decadal intervals to emphasise their differences. The location of the lakes in a region with a transitional climate, from more oceanic in the western part to more continental in the eastern part, which is expressed by distinct climatic conditions. Therefore, the aim of this work is to present changes in the course of surface water temperature in six decadal periods of the analysed multi-year period in selected lakes in Poland in 1961–2020 and in Belarus in 1971–2020, its spatial diversity and natural conditions during the period of climate change.

The reconstructions of climate change, mainly air temperature in the northern hemisphere and in Poland and neighbouring areas, indicate that its course is easy to notice clear fluctuations. Based on instrumental observations, it can be concluded that in the last 200 years the maximum and minimum temperatures have been increasing, and the average annual air temperatures have been characterised by a significant increase [4–6], as fig. 2 shows.

It was also noted that in the last 20 years of the 20th century and at the beginning of the 21st century there was a significant increase in the warming rate, which was noticeable not only in the winter and spring months, but also in summer [7]. In turn, A. Marsz and A. Styszyńska state the impact of two main climatic phenomena. The first of them is the winter atmospheric circulation, described by the winter North Atlantic oscillation (NAO) index (DJFM) and well reflecting the nature of short-term changes, the second important factor in long-term changes is the variable activity of the Sun, defined by the average number of sunspots [8].

Solar radiation is of fundamental importance for the thermal regime of aquatic ecosystems. Almost all of the energy that controls the lakes' metabolism comes directly from solar energy. The absorption of solar energy and its distribution in lakes play a fundamental role in the mechanisms shaping the thermal structure of surface waters, the degree of stratification of water masses, water circulation, and then influence the circulation of nutrients.

The distribution of annual sums of total solar radiation in the area of the Polish Lowlands ranges from below 3600 MJ/m² to above 3800 MJ/m². Its lowest values (<3600 MJ/m²) occur in the area of the Mysliborskie, Waleckie and Lagowskie lakes districts, as well as the Suwalki lake district and the Augustow Plain. However, the highest values are (>3800 MJ/m²) in the Baltic Sea zone and in the Gniezno and Kujawy lakes districts. Research by J. Uscka-Kowalkowska [9] showed that in the analysed area in 1951–2005 they showed a clearly positive trend (fig. 3).

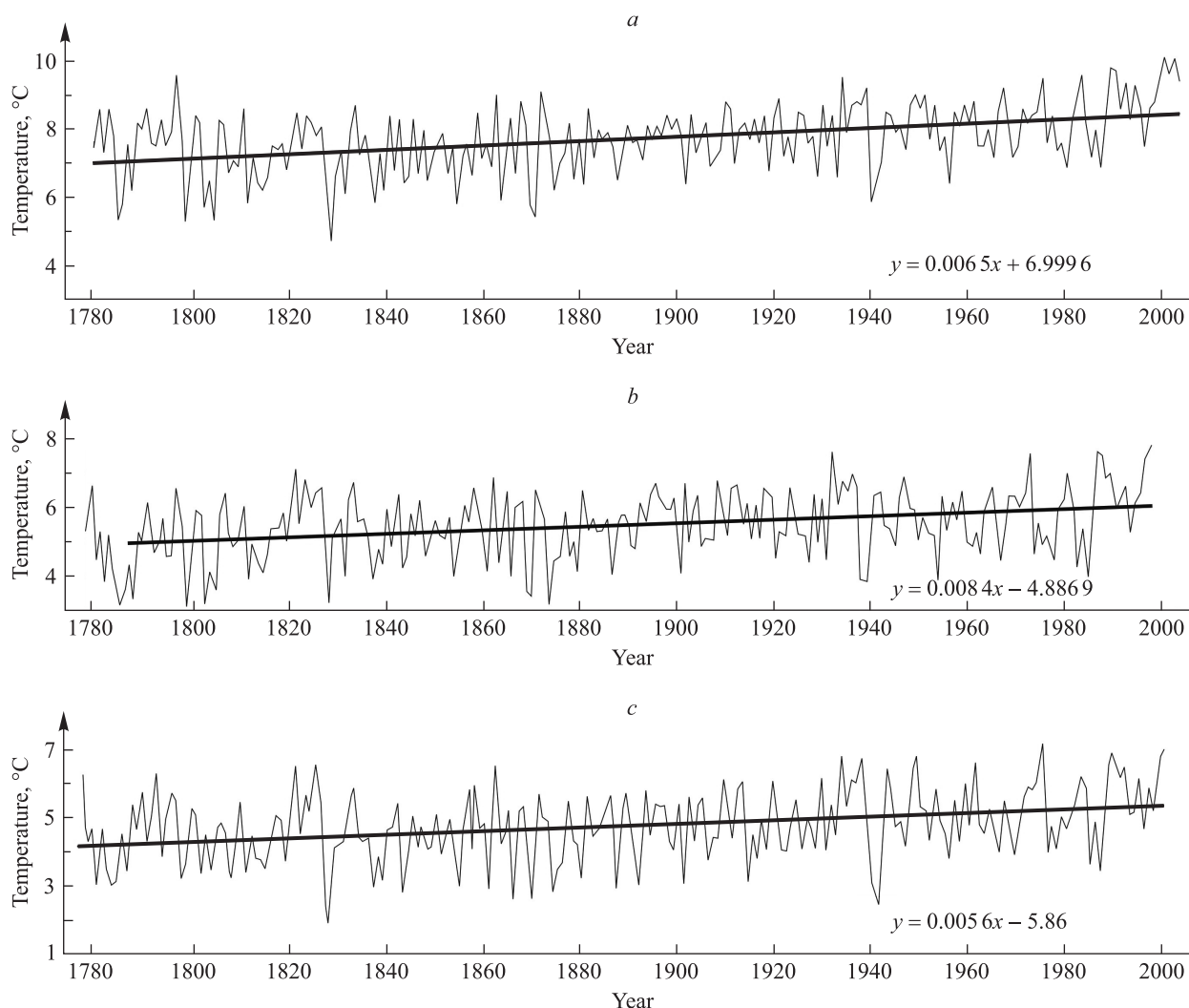


Fig. 2. Course of annual air temperature values and the trend line in Warsaw (a), Vilnius (b) and Tallinn (c).
Sources: [10–12]

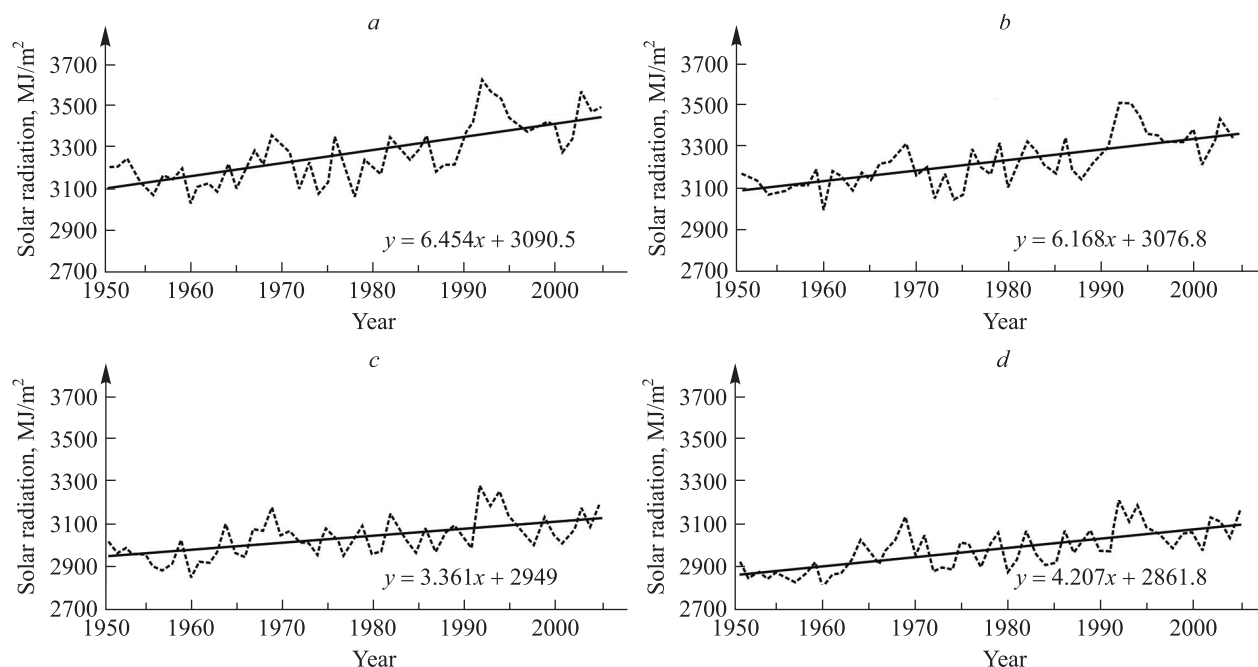


Fig. 3. Multi-annual course of total solar radiation for selected grid points in Central Europe in the period of 1951–2005: a – 54.29° N., 16.88° E.; b – 54.29° N., 20.63° E.; c – 50.48° N., 16.88° E.; d – 50.48° N., 20.63° E.
Source: [9]

Changes in the course of average annual air temperatures are confirmed by measurements in Belarus, where I. Danilovich indicates a significant increase by 1.1 °C [13], while for the areas of Karelia to the end of the first decade of 21st century the linear trend for annual air temperature was positive, and the average annual air temperature increased by 1.0–1.2 °C [14]. The nature of these changes is shown for Warsaw, Vilnius and Tallinn (see fig. 2).

Transitional climate features characterise the area where the analysed lakes are located: from more oceanic in its western part to more continental in its eastern part, which is expressed by a clear difference in climatic conditions. This is noticeable in the course of average annual air temperatures at posts in northern Poland and Belarus (fig. 4) in the period of 1961–2020, which is characterised by high variability.

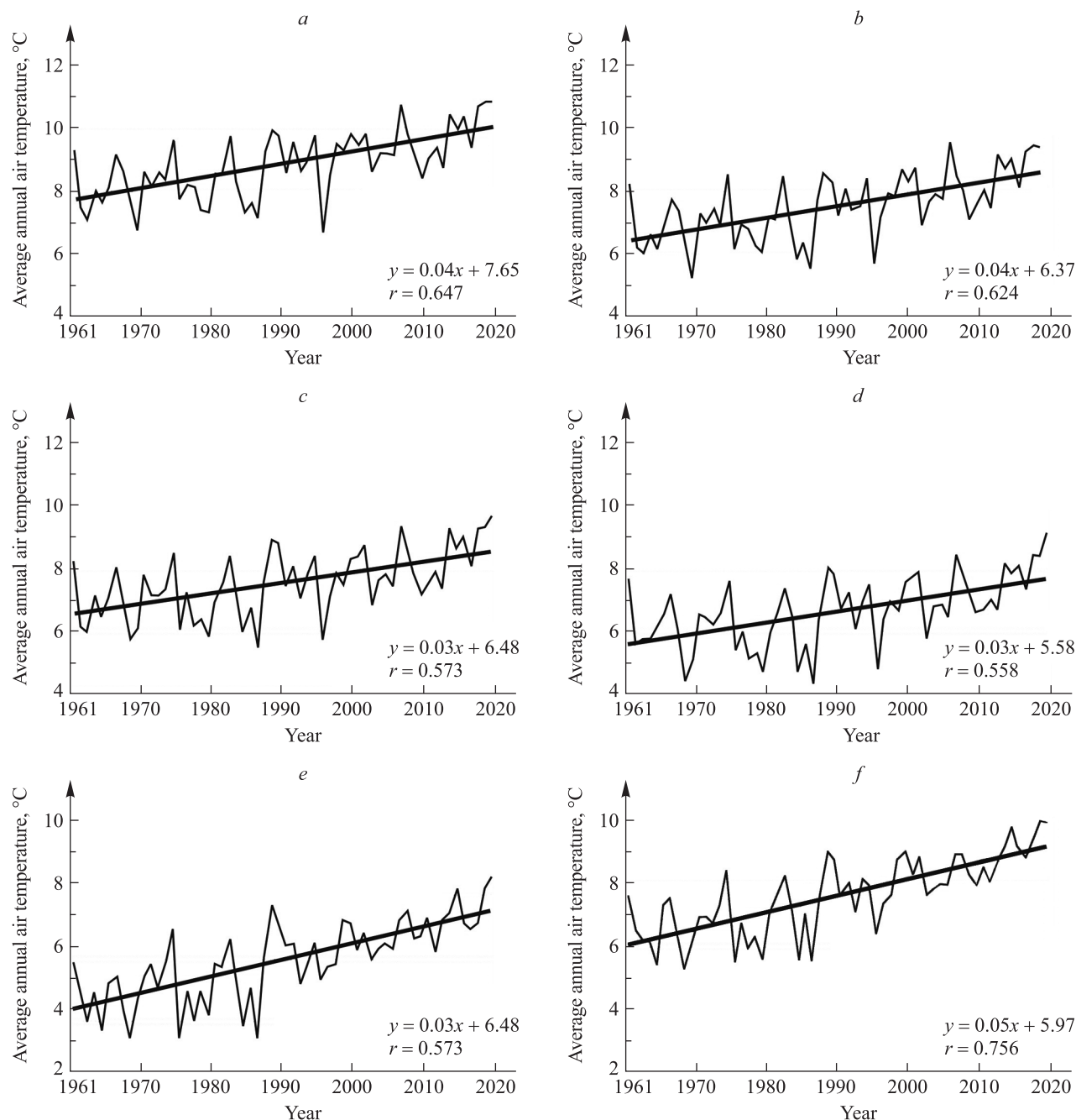


Fig. 4. The course of average annual air temperatures at selected meteorological stations in Poland and Belarus in 1961–2020 and trend lines: Gorzow (a) and Chojnice (b), Olsztyn (c) and Suwalki (d), Vitebsk (e) and Pinsk (f)

Results

Generally, the average annual air temperature in the period of 1961–2020 in the area west of the Vistula River was higher than 8.3 °C, in the Masurian and Suwalki lakes districts it was approximately 7.2 °C, clearly

decreasing in the northern part of the Belarusian lake district to below 6.0 °C (Orsha). Only in the area of Polesie Volhynia it was approximately 7.7 °C. This difference is even more visible for average monthly temperatures. In December – March, the area east of the Vistula River is characterised by clearly negative air temperatures, while west of the river it rarely drops below 0 °C. Average decadal air temperatures range from 0.92 °C in the area west of the Vistula, through –1.63 °C in Masuria and the Suwalki region, decreasing to –4.4 °C in the Belarusian lake district reaching –4.73 °C at the Orsha station in January. In its decadal course, a systematic decline is observed at all meteorological stations (tables 2 and 3). In 2011–2020, the values of decadal air temperature west of the Olsztyn station are characterised by positive values.

Table 2

**Average air temperatures during December – March
in decadal ranges in 1961–2020 at selected meteorological stations in Poland, °C**

Period	Meteorological station									
	Szczecin	Gorzow	Koszalin	Poznan	Leba	Chojnice	Torun	Olsztyn	Mikolajki	Suwalki
1961–1970	0.45	–0.85	–0.83	–1.22	–0.68	–2.42	–2.14	–2.73	–3.44	–4.38
1971–1980	1.17	0.71	0.61	0.51	0.50	–0.80	0.14	–1.15	–1.58	–2.59
1981–1990	1.26	0.72	0.97	0.51	0.66	–0.80	–0.02	–1.0	–1.58	–2.54
1991–2000	1.8	1.29	1.37	0.98	1.20	–0.12	0.37	–0.51	–0.80	–1.88
2001–2010	1.41	1.14	1.26	0.87	1.03	–0.16	0.27	–0.69	–1.11	–2.03
2011–2020	2.21	2.0	1.91	1.87	1.64	0.52	1.03	0.12	–0.26	–1.16

Table 3

**Average air temperatures during December – March
in decadal ranges in 1961–2020 at selected meteorological stations in Belarus, °C**

Period	Meteorological station						
	Verkhnedvinsk	Polotsk	Pinsk	Orsha	Vitebsk	Zhlobin	Mogilev
1961–1970	–6.50	–6.50	–6.88	–6.94	–6.88	–5.87	–6.33
1971–1980	–4.47	–4.58	–5.12	–5.10	–5.12	–4.02	–4.88
1981–1990	–4.26	–4.15	–4.51	–4.71	–4.51	–3.50	–4.54
1991–2000	–3.03	–2.99	–3.43	–3.59	–3.43	–2.40	–3.44
2001–2010	–3.54	–3.53	–3.83	–4.03	–3.83	–2.82	–3.93
2011–2020	–2.18	–2.32	–2.69	–3.91	–2.68	–1.90	–3.0

This spatial variation in air temperature is emphasised by average annual amplitudes. In the western part of Poland, they are approximately 21 °C (Szczecin), while in the eastern part of the Belarusian lake district they reach 27 °C (Mogilev and Vitebsk).

The spatial thermal pattern over the discussed area, especially during December – March, also well highlights the course of ice phenomena on lakes. It also determines the significant impact of air temperature on the surface water temperature. Climatic conditions during the winter months are of particular importance for the formation of ice phenomena. These conditions are well represented by the course of thermal winter, treated as a daily air temperature equal to or lower than 0 °C. The beginnings of thermal winters and their course in 1961–2015 confirm the very high variability of thermal conditions in the cold season. Only in the north-eastern part of Poland a thermal winter was recorded every year. However, in the remaining areas, the course of thermal winter is most often interrupted by periods of warming [15]. However, the variability of the dates of the beginning and end of thermal winter in the analysed period does not show statistically significant changes. However, there was a slight tendency to shorten the thermal winter. Almost every winter, cold and frosty periods are interrupted by thaw periods, which vary in intensity and duration. This pattern well reflects the dependence of the average air temperature in December – March on the winter NAO index (fig. 5). Climatological winter, however, is the time of year in which the greatest interannual fluctuations occur, but also the greatest spatial variability of air temperatures [16].

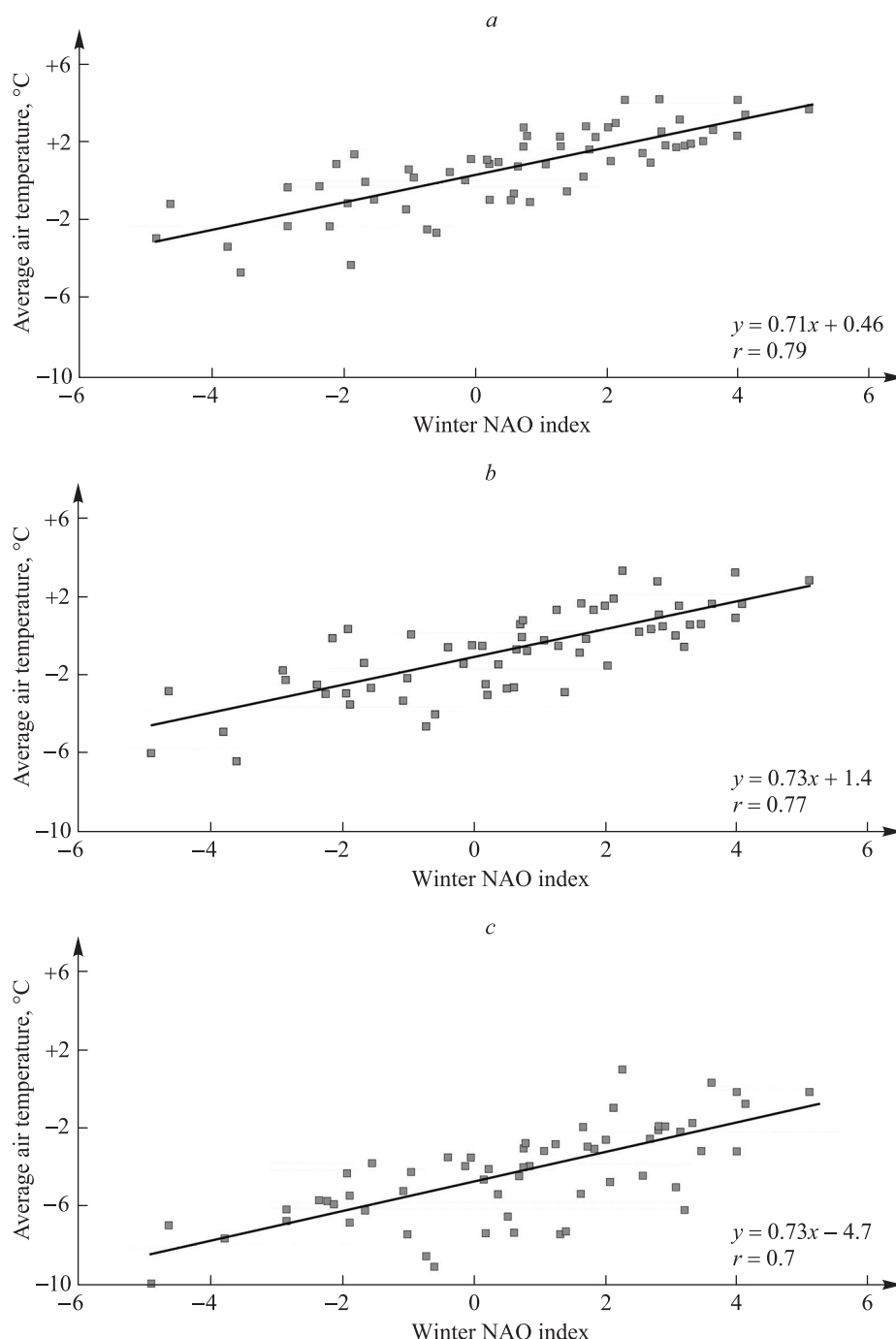


Fig. 5. The relationship between the average air temperature in December – March and the winter NAO index (DJFM) in the period of 1971–2020 for the stations Gorzow (a), Olsztyn (b), Vitebsk (c)

Already preliminary information about the occurrence of ice cover in the analysed area indicates significant differences in its appearance dates. The beginning of the appearance of ice cover on lakes was between 14 December in the lakes in Belarusian lake district and 28 December in the lake districts in Poland [3]. In turn, the dates of its disappearance fall on average between 8 March in the lakes west of the Vistula River, 17 March east of it and 22 March in the Belarusian lake district. This spatial differentiation is emphasised by its duration, which ranges from 61 days in lakes located west of the Vistula River, 75 days in the Masurian lake district to 108 days in lakes located in the Belarusian lake district. The duration of its retention is significantly reduced, which confirms the trend of -0.63 days per year on average [3].

Two directions of changes can be noticed in the course of average decadal annual air temperatures for 1961–2020. The first results from the geographical location of individual stations and the second from decadal changes in 1961–2020. The decrease in the average annual air temperature from west to east is confirmed by

the average annual air temperatures, which vary in Poland from 8.99 °C in Szczecin to 6.68 °C in Suwalki, and in Belarus from an average of 5.85 °C in Orsha up to 7.77 °C in Pinsk (tables 4 and 5).

Table 4

**Average annual air temperatures in decadal ranges
in 1961–2020 at selected meteorological stations in Poland, °C**

Period	Meteorological station									
	Szczecin	Gorzow	Koszalin	Poznan	Leba	Chojnice	Torun	Olsztyn	Mikolajki	Suwalki
1961–1970	8.07	7.96	7.31	7.96	7.25	6.67	7.37	6.79	6.61	5.99
1971–1980	8.45	8.21	7.64	8.18	7.43	6.94	7.75	6.95	6.97	6.01
1981–1990	8.84	8.58	8.11	8.46	7.78	7.23	8.16	7.35	7.21	6.31
1991–2000	8.99	8.92	8.39	8.74	7.97	7.60	8.46	7.50	7.59	6.68
2001–2010	9.15	9.34	8.75	9.34	8.41	8.03	8.80	7.94	7.97	7.14
2011–2020	9.69	9.94	9.31	10.09	8.93	8.59	9.45	8.57	8.52	7.74

Table 5

**Average annual air temperatures in decadal ranges
in 1961–2020 at selected meteorological stations in Belarus, °C**

Period	Meteorological station						
	Verkhnedvinsk	Polotsk	Pinsk	Orsha	Vitebsk	Zhlobin	Mogilev
1961–1970	4.79	4.85	6.43	4.66	4.65	5.79	5.41
1971–1980	5.27	5.29	6.62	5.03	5.08	6.17	5.26
1981–1990	5.60	5.05	7.30	5.36	5.66	6.63	5.60
1991–2000	6.10	6.90	7.77	5.85	6.14	7.20	6.06
2001–2010	6.36	6.46	8.21	6.31	6.62	7.59	6.45
2011–2020	7.10	8.06	10.11	6.98	8.24	8.26	7.02

One more important feature of air temperature patterns is their variability in individual decades of the analysed period. The calculated average decadal air temperatures at virtually all stations, both in Poland and Belarus, show a systematic increase from decade to decade. The lowest values were recorded in 1961–1970, while the highest in the last decade covering the years 2011–2020. At the posts located in Poland, the trend was characterised by positive values at the level of 0.32–0.42 °C per decade, while in Belarus it was 0.28–0.74 °C per decade.

The transitional nature of the climate on the European continent is characterised by a clearly marked degree of continentalism, showing the significant influence of oceanic air masses in its western, central and northern parts [17]. The degree of continentalism varies spatially and fluctuates over time and it is related to the observed global warming and changes in atmospheric circulation [18; 19]. The thermal index of continentalism in Europe varies from 15 to over 80 %, while in Poland and Belarus it ranges from below 38 % in the Szczecin Lowland to over 60 % in the eastern part of the Belarusian upland. The continentalism index is confirmed by average annual air temperature amplitudes. Air amplitudes as the difference between the average maximum and minimum monthly air temperatures in the discussed area are clearly differentiated. The lowest values are characteristic of the Baltic Sea coastline and amount to 19.52 °C in Leba and 21.05 °C in Szczecin. As you move further east, they increase significantly and amount to 23.38 °C in Mikolajki and 23.84 °C in Suwalki. The highest values exceed 26 °C and are 26.92 °C in Mogilev and 27.05 °C in Vitebsk.

The course of average annual surface water temperatures in all analysed lakes is characterised by a positive trend of 0.044 °C per year. The highest is characteristic of Chervonoe Lake (0.066 °C per year), and the smallest (0.029 °C per year) for the deep Hancza Lake [3].

The average annual surface water temperatures in the analysed period of 1971–2020 were clearly diversified and ranged from 8.45 °C for Drivyaty Lake in the Belarusian lake district to 11.04 °C for Slawskie Lake in the

Greater Poland lake district. In the individual years of the analysed multi-year period, the highest values were recorded in 1990, 2002 and 2007, and by far the warmest year was 2007. The coldest year was 1980, when in all lakes the average annual water temperature was lower than 9.5 °C [3].

In the course of average monthly surface water temperatures, the highest values were most often recorded in July, less often in August. They ranged from 18.91 °C in Lebsko Lake to 21.84 °C in Chervonoe Lake. The highest values of the average monthly surface water temperature on lakes in Poland occurred in July 1994, when the monthly average exceeded 24 °C in Jeziorak Lake (25.2 °C) and Slawskie Lake (24.1 °C).

The course of average annual surface water temperatures in all the lakes presented in this work is characterised by a positive trend of 0.044 °C per year. The highest temperature is found in Chervonoe Lake (0.066 °C per year), while the lowest temperature is 0.029 °C per year in the deep Hancza Lake. There is also a positive trend in the course of average monthly water temperatures, ranging from 0.015 °C per year in January to 0.069 °C per year in May.

The course of average decadal values (tables 6 and 7) of water surface temperatures in the analysed lakes shows significant differences between them. The lowest water temperatures on lakes in Poland occurred in 1971–1980 and ranged from 8.01 °C (Hancza Lake) to 10.20 °C (Slawskie Lake). The following decades were characterised by a systematic increase, reaching the highest values in 2011–2020. The highest temperature was recorded in Slawskie Lake (12.09 °C), while the lowest temperature was recorded in Hancza Lake (9.36 °C). In Belarusian lakes, the lowest surface water temperatures also occurred in 1971–1980 and ranged from 7.71 °C in Naroch Lake to 8.59 °C in Chervonoe Lake. In turn, the highest temperatures also characterised the decade 2011–2020 and its range was from 9.26 °C (Drivyaty Lake) to 10.96 °C (Chervonoe Lake). The average increase in decadal water temperature in Polish and Belarusian lakes was characterised by a positive trend of 0.37 and 0.38 °C per decade, respectively.

Table 6

**Average annual surface water temperatures in decadal ranges
in 1961–2020 in selected lakes in Poland, °C**

Period	Lake							
	Lubie	Slawskie	Lebsko	Charzykowskie	Jeziorak	Mikolajskie	Nidzkie	Hancza
1961–1970	9.50	10.35	8.60	9.33	9.54	9.38	9.18	8.54
1971–1980	8.52	10.20	8.73	9.06	9.43	9.08	9.26	8.01
1981–1990	9.28	10.56	9.19	9.24	9.96	9.45	9.58	8.40
1991–2000	9.73	10.90	9.31	9.49	10.48	9.60	9.69	8.56
2001–2010	10.31	11.43	9.66	10.05	10.63	10.16	10.33	8.90
2011–2020	11.11	12.09	10.12	11.06	11.50	10.72	10.96	9.36

Table 7

**Average annual surface water temperatures in decadal ranges
in 1971–2020 in selected lakes in Belarus, °C**

Period	Lake				
	Vygonoshchanskoe	Naroch	Drivyaty	Chervonoe	Lukomskoe
1971–1980	8.38	7.71	7.89	8.59	8.25
1981–1990	8.58	8.23	8.08	8.86	9.25
1991–2000	8.75	8.31	8.29	9.85	9.44
2001–2010	9.26	8.98	8.78	10.12	10.25
2011–2020	10.12	9.61	9.26	10.96	10.45

Selected patterns of average decadal surface water temperatures in lakes in Poland and Belarus are presented in fig. 6 and 7.

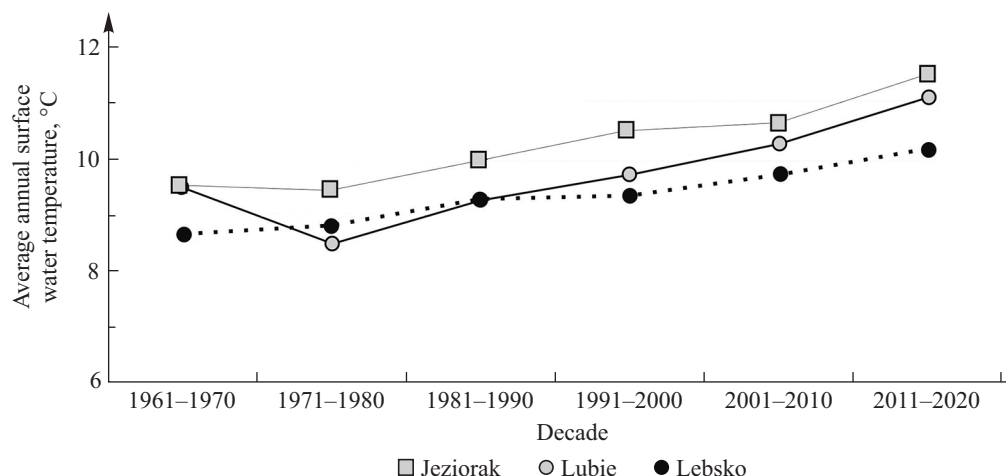


Fig. 6. Average annual surface water temperatures in selected lakes in Poland in decade intervals in 1961–2020

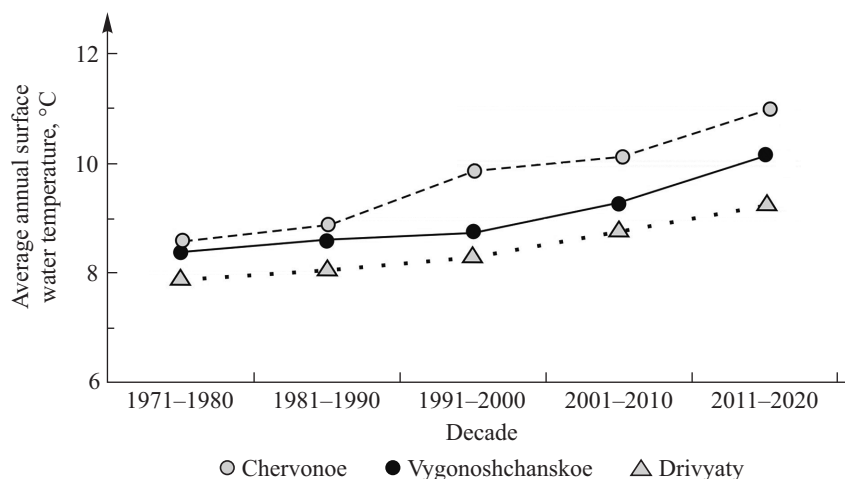


Fig. 7. Average annual surface water temperatures in selected lakes in Belarus in decade intervals in 1971–2020

A measurable aspect of the thermal regime of the studied lakes is their regional diversity. As table 8 shows, there is a clear regional variation in its value in individual decades of the 1971–2020 period. Temperatures show a clear increase in individual decades and a decrease in their values in the spatial distribution from west to east. Interdecadal differences between water temperatures in lakes located west of the Vistula and in the lakeland in Belarus they reach an average of 1.32 °C.

Table 8

Average decadal surface water temperatures in lakes located in selected regions of the Baltic Sea catchment area in 1971–2020, °C

Period	Region		
	West of the Vistula	Masurian and Suwalki lakes districts	Belarusian lake district
1971–1980	9.13	8.78	7.99
1981–1990	9.57	9.14	8.30
1991–2000	9.86	9.28	8.45
2001–2010	10.36	9.80	9.02
2011–2020	11.10	10.35	9.66

These results are consistent with the warming efficiency of Belarusian lakes. The warming efficiency coefficient in summer averages 1.45 and varies from 1.09 for Drivyaty Lake to 2.47 for Naroch Lake. Summer warming efficiency is directly dependent on the water surface area. The correlation coefficient in this case

was 0.96. On an annual basis, the increase in air temperature most actively affects the increase in water temperature in shallow Chervonoe Lake, the warming efficiency for which is 1.42, i. e. the water temperature increases 1.42 times faster than the air temperature. It should be noted that Vygonoshchanskoe Lake is characterised by the slowest increase in water temperature compared to air temperature (0.68), which can most likely be explained by the watershed position of the lake. The large area of bogs in the catchment area and the active inflow of cold groundwater form a large percentage in the reservoir's nutrition. The average value of the coefficient was 1.07, which is 0.28 lower than in summer.

If in summer the warming efficiency is closely dependent on morphometric parameters, then for annual coefficients such interrelations were not revealed. No connection of this indicator with the catchment area and the period of water exchange was also found. The assumption about the dependence of the warming efficiency of a lake on the structure of its catchment and the ratio of water balance components requires further detailed studies.

Discussion

The analysis of long-term changes in surface water temperature in many lakes in Europe indicates a significant increase since the early 1990s and the 2020s [20–24]. Research in Poland also confirmed a similar trend [1; 2; 16].

The increase in air temperature causes significant changes in the entire lake ecosystem. This applies especially to the temperature of surface water in lakes, its thermal structure of water (increase in epilimnion temperature and its range, deepening of the thermocline, increase in temperature gradients in the thermocline) [1; 16; 24; 25].

This is confirmed by the increasing trends in surface water temperature in Windermere Lake (England) in 1960–2000 (an increase of 1.4 °C), and in Lough Feeagh Lake (western Ireland) in 1960–1997 (an increase of 0.7 °C). The average water temperature in Zurich Lake (Switzerland) in 1950–1990 increased at a rate of 0.16 °C per decade, and in Constance Lake by about 0.1 °C [23; 26]. This trend is complemented by exceptionally high increases of 1.6 °C per decade in Stensjon Lake (Sweden) [27]. Also, the surface water temperature in many lakes in Finland, Austria and Switzerland increased on average by 0.38; 0.43 and 0.29 °C per decade during summer, respectively [23; 28]. These conclusions are confirmed by more detailed results of regional studies [29; 30].

In the lakes Latvian, in 1946–2002, the long-term average annual surface water temperature in lakes showed a statistically significant positive trend of 0.4–0.8 °C [31]. This is confirmed by studies on large lakes in Estonia (Peipus and Vortsjarv), where the temporal variability of climatic seasons was determined in 1946–2000 [21]. The most significant trend was obtained for winter (ice cover period), which was shortened by 17 days. In Ladoga Lake, a positive trend was found at the level of 0.05–0.07 °C per year [32].

The results of research conducted on Lithuanian lakes showed that the average annual surface water temperature in 1991–2000 was by 0.6 °C higher than the average in 1981–1990 [33]. In turn, the increase in water temperature in Lithuanian lakes began in the years 1981–1985 and continues to this day [34]. Similar increases in water temperature were found in lakes and artificial reservoirs in Belarus [13]. The effect of these changes is the earlier occurrence of water temperatures of 0.2; 4.0 and 10.0 °C in spring, even from 5 to 11 days, and in autumn by 7 days.

Surface water temperature studies conducted in Polish lakes, covering the period of 1961–2000, also confirm the positive trend occurring in European lakes. For most lakes it ranges from 0.2 to 0.9 °C per decade and only in Lebsko and Jeziorak lakes they exceed 1 °C per decade [1; 2; 35; 36].

The obtained results coincide with the results of calculating the warming efficiency of the American Great Lakes, where the highest coefficient was noted for Superior Lake, which is the largest in the lake system. For the period from May to July it was 1.8, for the period from July to September it was about 2.0. From May to July, a high value (above 1.8) was also recorded in Ontario Lake, while in other months and for the year as a whole it does not exceed 1.4, but is generally close to 1.0 [37].

Conclusions

To highlight changes in shorter time periods, decadal periods were adopted. Measurements of water temperature in European lakes have confirmed the increasing influence of zonal atmospheric circulation, especially since the early 1990s [23; 26; 38]. The intensity of the inflow of air masses over the area of Western Europe, the Baltic Coast and the East European Low is determined by the activity of permanent atmospheric pressure systems – the Icelandic Low and the Azores High, expressed by the NAO coefficient. Studies have shown that the NAO has a significant impact on the thermal regime of lake waters in the analysed area, especially in winter [1; 39].

The course of surface water temperatures in lakes in Poland and Belarus over the last 50 years is characterised by large variations in their values. This mainly concerns their annual and monthly average values [3].

The largest annual changes in the surface water temperature in lakes occur on average in the range of 9.7–14.7 °C at the turn of April and May, while its largest decreases occur on average in the range of 7.6–9.6 °C at the turn of October and November. The results of calculations of temperature trends in the course of decadal averages are consistent with average increases and decreases in water temperature.

It is widely accepted that after 1980 in the areas of Central Europe, winter periods generally became warmer compared to earlier winters. The authors agree that in the southern and eastern parts of the Baltic Sea catchment area (Poland and Belarus), the main cause of climate change is the variability of atmospheric circulation and the properties of air masses that shape the climate of Central Europe.

Surface water temperatures show a significant increase in each decade of the 1971–2020 period and decrease in spatial distribution from west to east. Research has shown that the water temperature in all lakes is characterised by a positive trend of an average of 0.044 °C per year. The highest is characteristic of Chervonoe Lake (0.066 °C per year), and the smallest is characteristic of Hancza Lake (0.029 °C per year). The course of average monthly water temperatures is characterised by a positive trend ranging from 0.015 °C per year in January to 0.069 °C per year in May.

These features are related to the revival of zonal atmospheric circulation and the increase in oceanic climate features, which results in warmer winter periods, especially in January and February.

References

1. Skowron R. *Zroźnicowanie i zmienność wybranych elementów reżimu termicznego w jeziorach na Niżu Polskim*. Toruń: Wydawnictwo Uniwersytetu M. Kopernika; 2011. 345 s.
2. Sobolewski W, Borowiak D, Borowiak M, Skowron R. *Baza danych jezior Polski i jej wykorzystanie w badaniach limnologicznych*. Lublin: Picador Komunikacja Graficzna; 2014. 198 s.
3. Skowron R, Sukhovilo N. The surface temperature of water in Polish and Belarusian lakes during the period of climate change. *Limnological Review*. 2022;22(1):35–43. DOI: 10.2478/limre-2022-0004.
4. Trepińska J. Termiczne skrajności w «umiarkowanym» klimacie Polski. W: Bogdanowicz E, Kossowska-Cezak U, Szkutnicki J, redaktorzy. *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Geofizyczne; 2005. s. 55–63.
5. Przybylak R, Majorowicz J, Wojcik G, Zielski A, Chorażyczewski W, Marciniak K, et al. Temperature changes in Poland from the 16th to the 20th centuries. *International Journal of Climatology*. 2005;25:773–791. DOI: 10.1002/joc.1149.
6. Kaszewski B. Zmiany klimatu Polski w pracach polskich klimatologów. *Przegląd Geofizyczny*. 2015;3–4:217–235.
7. Fortuniak K, Kożuchowski K, Żmudzka E. Trendy i okresowość temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku. *Przegląd Geofizyczny*. 2001;4:283–303.
8. Marsz A, Styszyńska A. Surface temperature changes of the southern Baltic Sea (1854–2005). W: Kejna M, Przybylak R, redaktorzy. *Streszczenia Międzynarodowej konferencji naukowej «Klimat ziem polskich w czasach historycznych na tle klimatu Europy»; 11–13 października 2007 r.; Toruń, Polska*. Toruń: Uniwersytet Mikołaja Kopernika; 2007. s. 42–45.
9. Uscka-Kowalkowska J. *Bezpośrednie promieniowanie słoneczne w Polsce w latach 1966–2010*. Toruń: Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika; 2019. 257 s.
10. Boryczka J. Mit efektu cieplarnianego. *Przegląd Geofizyczny*. 2004;49:43–56.
11. Bukantis A, Geubinas Z, Kazakevicius S, Kilkus K, Mikeliniskienė A, Mokrunaitė R ir kitas. *Klimato svyraminu poveikis fiziniamis geografiniams procesams Lietuvoje*. Vilnius: Vilnius Universitetas; 2001. 280 p.
12. Bijak S. Wahania temperatury powietrza w Warszawie i Tallinnie w latach 1779–2000. W: Bogdanowicz E, Kossowska-Cezak U, Szkutnicki J, redaktorzy. *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*. Warszawa: Polskie Towarzystwo Geofizyczne; 2005. s. 81–88.
13. Danilovich I. Influence of climate warming on hydrological regime of lakes and reservoirs in Belarus. In: Jankowski AT, Rzętała M, editors. *Lakes and artificial water reservoirs – natural processes and socio-economic importance*. Sosnowiec: Polish Limnological Society; 2005. p. 53–58.
14. Nazarova L. Climate of the Republic of Karelia (Russia): air temperature, variability and changes. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*. 2014;1:746–749.
15. Czarnecka M, Nidzgorska-Lencewicz J. Zmienność termicznej zimy w Polsce w latach 1960–2015. *Acta Agrophysica*. 2017; 24(2):205–220.
16. Skowron R. *Letnia stratyfikacja termiczna wody w jeziorach na Niżu Polskim*. Toruń: Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika; 2022. 330 s.
17. Witek M, Bednorz E, Forycka-Lawniczak H. Kontynentalizm termiczny w Europie. *Badania Fizjograficzne. Seryja A, Geografia fizyczna*. 2015;6:171–182.
18. Kożuchowski K, Żmudzka E. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku. *Przegląd Geofizyczny*. 2001;1–2:81–90.
19. Wypych A. Variability of the European climate on the basis of differentiation of indicators of continentalism. In: Przybylak R, editor. *The Polish climate in the European context: an historical overview*. Dordrecht: Springer; 2010. p. 473–484.
20. Gronskaya TP, Lemeshko NA, Arvola L, Jarvinen M. Lakes of European Russia and Finland as indicators of climate change. *World Resource Review*. 2002;2:189–203.
21. Järvet A. Climatological calendar of Estonian lakes and its long-term changes. *Nordic Hydrological Programme Report*. 2002; 47(2):677–687.
22. Nöges T, Tuvikene L, Nöges P. Contemporary trends of temperature, nutrient loading, and water quality in large Lakes Peipsi and Võrtsjärv, Estonia. *Aquatic Ecosystem Health & Management*. 2010;13(2):143–153. DOI: 10.1080/14634981003788987.

23. Dokulil MT. Impact of climate warming on European inland waters. *Inland Waters*. 2013;4:27–40. DOI: 10.5268/IW-4.1.705.
24. Woolway RI, Dokulil MT, Marszelewski W, Schmid M, Bouffard D, Merchant ChJ. Warming of Central European lakes and their response to the 1980s climate regime shift. *Climatic Change*. 2017;142:505–520. DOI: 10.1007/s10584-017-1966-4.
25. Choiński A, Ptak M, Skowron R, Strzelczak A. Changes in ice on Polish lakes from 1961 to 2010 related to location and morphometry. *Limnologia*. 2015;53:42–49.
26. Straile D, Livingstone DM, Weyhenmeyer GA, George DG. The response of freshwater ecosystems to climate variability associated with the North Atlantic oscillation. Freshwater ecosystem response to NAO variability. *Geophysical Monograph Series*. 2003; 134:263–279.
27. Adrian R, O'Reilly CM, Zagarese H, Baines SB, Essen DO, Keller W, et al. Lakes as sentinels of climate change. *Limnology and Oceanography*. 2009;54(6):2283–2297.
28. Arvola L, George DG, Livingstone DM, Järvinen M, Blenckner T, Dokulil MT, et al. The impact of the changing climate on the thermal characteristics of lakes. In: George DG, editor. *The impact of climate change on European lakes*. Dordrecht: Springer; 2010. p. 85–101.
29. Livingstone DM, Dokulil MT. Eighty years of spatially coherent Austrian lake surface temperatures and their relationship to regional air temperature and the North Atlantic oscillation. *Limnology and Oceanography*. 2001;5:1220–1227.
30. Суховило НЮ. Влияние метеорологических и климатических условий на термические процессы в разнотипных озерах Беларуси. *Acta Geographica Silesiana*. 2019;13(3):47–60.
31. Apsite E, Elferts D, Zubaničs A, Latkovska I. Long-term changes in hydrological regime of the lakes in Latvia. *Hydrology Research*. 2014;3:308–321.
32. Naumenko MA, Guzivaty VV, Karetnikov SG. Climatic trends of the water surface temperature in Lake Ladoga during ice-free periods. *Doklady Earth Sciences*. 2006;409(5):675–678.
33. Pernaravičiūtė B. The impact of climate change on thermal regime of Lithuanian lakes. *Ekologija*. 2004;2:58–63.
34. Kilkus K, Valiuskevičius G. Klimato svyravimų atspindžiai ežerų ir upių hidrologiniuose bei hidrofizikiniuose rodikliuose. In: Bukantis A, Gulbinas Z, Kazakevičius S, Kilkus K, Mikelinskienė A, Morkūnaitė R, et al., editors. *Klimato svyravimų poveikis fiziniams geografiniams procesams Lietuvoje*. Vilnius: Vilniaus universitetas; 2001. p. 194–232.
35. Skowron R. Surface water thermal seasons in Polish lakes, their distribution and spatial differentiation. *Limnological Review*. 2001;1:251–263.
36. Skowron R, Jaszczuk T. Thermal regime of lakes in the southern and eastern part of the Baltic Sea catchment area during the period of climate change. *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*. 2023;25:39–50. DOI: 10.12775/bgeo-2023-000.
37. Toffolon M, Piccolroaz S, Calamita E. On the use of averaged indicators to assess lakes' thermal response to changes in climatic conditions. *Environmental Research Letters*. 2020;15:034060.
38. Hurrell JW. Decadal trends in the North Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*. 1995;269: 676–679.
39. Wrzesiński D, Chojiński A, Ptak M, Skowron R. Effect of the North Atlantic oscillation on the pattern of lake ice phenology in Poland. *Acta Geophysics*. 2015;63:1664–1684. DOI: 10.1515/acgeo-2015-0055.

Received 27.12.2024 / revised 02.06.2025 / accepted 17.09.2025.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВОДИМОСТИ И РИСКИ РАСПАДА БРАКОВ И ПАРТНЕРСКИХ СОЮЗОВ В БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДВУХ ВОЛН ОБСЛЕДОВАНИЯ «ПОКОЛЕНИЯ И ГЕНДЕР»

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, Е. Е. МАКАРЕВИЧ²⁾

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

²⁾Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь

Аннотация. На основе официальной статистической информации Евростата, Национального статистического комитета Республики Беларусь и результатов двух волн обследования «Поколения и гендер» (2017 и 2023 гг.), осуществленного Европейской экономической комиссией ООН, впервые проведен междисциплинарный анализ географии разводимости и рисков распада браков и партнерских союзов в Беларуси. С использованием сравнительно-географического метода установлено, что Беларусь характеризуется более высоким уровнем разводов по сравнению со странами Европы (3,7 ‰). Применение картографического метода позволило выявить, что уровень разводов среди городских жителей выше, чем среди сельских, и выделить три ареала зоны более высокой разводимости: центральный ареал, сформированный районами Минской области, которые находятся в зоне притяжения столицы; северо-восточный ареал, включающий отдельные районы Витебской области; юго-восточный ареал, объединяющий некоторые районы Гомельской области. Проанализированные данные о рисках распада браков и партнерских союзов в Беларуси в определенной мере схожи с аналогичными показателями, зафиксированными в странах Европы. В число таких рисков входят длительность союза, возраст партнеров на момент его формирования, наличие детей, неблагополучный семейный опыт (опыт партнерских отношений) родителей, а также наличие мыслей о расставании. Оценка риска распада браков и партнерских союзов в зависимости от их длительности показала, что максимальный риск смещается на первые годы совместной жизни (прежде всего в партнерских союзах, заключенных после 2010 г.). Оценка риска распада союзов в зависимости от возраста партнеров на момент их формирования продемонстрировала, что с увеличением возраста респондентов риск распада союзов снижается. Оценка риска распада браков и партнерских союзов в зависимости от наличия детей позволила сделать вывод о том, что наличие детей существенно снижает риски расставания и особенно развода. В проведенном исследовании на примере Беларуси установлено, что риск распада партнерских союзов значительно превосходит риск распада браков.

Ключевые слова: Беларусь; география разводимости; пространственные различия; риски распада браков и партнерских союзов.

Благодарность. Статья подготовлена на основе результатов научно-исследовательской работы, которая проведена в рамках проекта международной технической помощи «Укрепление научного и образовательного потенциала Республики Беларусь в области сбора, анализа и использования демографических данных для достижения

Образец цитирования:

Антипова ЕА, Макаревич ЕЕ. Географические особенности разводимости и риски распада браков и партнерских союзов в Беларуси на основе материалов двух волн обследования «Поколения и гендер». *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:30–47. EDN: WPEVUY

For citation:

Antipova EA, Makarevich EE. Geographic patterns of divorce rates and risks of marriage and partnership dissolution in Belarus based on data from two waves of the Generations and Gender Programme. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:30–47. Russian. EDN: WPEVUY

Авторы:

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

Елена Евгеньевна Макаревич – кандидат экономических наук; доцент кафедры статистики факультета цифровой экономики.

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

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

Elena E. Makarevich, PhD (economics); associate professor at the department of statistics, faculty of digital economy.

elenamakarevich@mail.ru

Целей устойчивого развития», одобренного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2021 г. № 141 «Об одобрении проектов международной технической помощи» и зарегистрированного в базе данных проектов и программ международной технической помощи Министерства экономики Республики Беларусь 15 марта 2021 г. (№ гос. регистрации 2/21/001130).

GEOGRAPHIC PATTERNS OF DIVORCE RATES AND RISKS OF MARRIAGE AND PARTNERSHIP DISSOLUTION IN BELARUS BASED ON DATA FROM TWO WAVES OF THE GENERATIONS AND GENDER PROGRAMME

E. A. ANTIPOVA^a, E. E. MAKAREVICH^b

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

^b*Belarus State Economic University, 26 Partyzanski Avenue, Minsk 220070, Belarus*

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

Abstract. Based on official statistical information from Eurostat, the National Statistical Committee of the Republic of Belarus and the results of two waves of the survey conducted within the framework of the UNECE Generations and Gender Programme (2017 and 2023), an interdisciplinary analysis of the geography of divorce and the risks of marriage and partnership dissolution in Belarus was conducted for the first time. Using the comparative geographical method, it was found that Belarus is characterised by a higher crude divorce rate compared to European countries (3.7 ‰). The application of the cartographic method made it possible to reveal that the crude divorce rate among urban residents is higher than among rural residents, and to identify three areas of zone of higher crude divorce rates: the central area, formed by the districts of the Minsk Region, which are located in the gravitational zone of the capital; the north-eastern area, including certain districts of the Vitebsk Region; the south-eastern area, uniting some districts of the Gomel Region. The analysed data on the risks of marriage and partnership dissolution in Belarus are to some extent similar to similar indicators recorded in European countries. Such risks include the duration of the union, age of partners at the time of its formation, the presence of children, dysfunctional family experience (experience of partnerships) of parents, as well as the presence of thoughts of separation. An assessment of the risk of dissolution of marriages and partnership unions depending on their duration showed that the maximum risk shifts to the first years of life together (primarily in partnership unions concluded after 2010). An assessment of the risk of union dissolution depending on the age of partners at the time of its formation demonstrated that the risk of unions dissolution decreases with increasing age of respondents. An assessment of the risk of dissolution of marriages and partnership unions depending on the presence of children allowed us to conclude that the presence of children significantly reduces the risk of separation and especially divorce. The study conducted using the example of Belarus found that the risk of breakup in partnership unions significantly exceeds the risk of marriage dissolution.

Keywords: Belarus; geography of crude divorce rates; spatial differences; risks of marriage and partnership dissolution.

Acknowledgements. The article was prepared based on the results of research work carried out within the framework of the international technical assistance project «Strengthening the scientific and educational potential of the Republic of Belarus in the field of collection, analysis and use of demographic data to achieve the Sustainable Development Goals», approved by the Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus dated 12 March 2021 No. 141 «On approval of international technical assistance projects» and registered in the database of international technical assistance projects and programs of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus on 15 March 2021 (state registration No. 2/21/001130).

Введение

В условиях второго демографического перехода в экономически развитых странах Европы трансформируется институт семьи. Данный процесс характеризуется наличием малого количества детей в семьях или их отсутствием, сосуществованием различных типов союзов (зарегистрированных браков, гражданских союзов, партнерских союзов и др.), увеличением возраста вступления в брак и возраста рождения первого ребенка и т. д. На этом фоне все чаще проявляется тенденция нестабильности браков и партнерских союзов, что в совокупности с низкой рождаемостью и старением населения оказывает негативное влияние на сокращение его численности и демографическую устойчивость. Рост количества разводов в странах Европы и их высокий уровень в Беларуси обостряют проблематику разводимости и распада

браков и партнерских союзов. Новая парадигма качественного развития человеческого потенциала, сформулированная в Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года¹, базируется на принципах устойчивого демографического развития, роста потенциала семьи и детей и включает повышение рождаемости, укрепление института семьи и традиционных семейных ценностей. В этих условиях не теряет актуальности выявление причин распада браков и партнерских союзов. Еще больший интерес приобретают исследования, которые посвящены рассмотрению факторов, влияющих на риск распада браков и партнерских союзов, и направлены на его предупреждение для обеспечения устойчивого демографического развития. В связи с этим цель исследования – определение тенденций, географических особенностей разводимости и рисков распада браков и партнерских союзов в Беларуси в зависимости от их признаков (длительности союза, возраста партнеров на момент его формирования, наличия детей, неблагополучного семейного опыта (опыта партнерских отношений) родителей).

Материалы и методы исследования

Теоретические основы исследования. Современные демографические реалии экономически развитых стран отличаются сокращением числа браков и (или) увеличением возраста вступления в брак или партнерский союз, а также ростом количества разводов. Под влиянием второго демографического перехода значимость брака как института снизилась, а значимость сожительства, как и частота расторжения партнерских союзов, повысилась [1]. В связи с этим приобретают актуальность исследования причин и факторов разводов, рисков распада браков и партнерских союзов [2]. Под распадом брака (партнерского союза) в широком смысле понимается его прекращение вследствие развода (расставания) либо смерти одного из супругов (партнеров). Термин «риск распада брака (партнерского союза)» может иметь несколько толкований. В рамках наиболее комплексного подхода учитываются вероятность распада брака (партнерского союза) и его возможные негативные последствия, при этом предполагается, что последствия могут быть позитивными (вступление в новый, более гармоничный союз, рождение детей, уменьшение стресса и эмоциональной нагрузки на бывших супругов (партнеров) и детей) [3].

Исследователи отмечают, что риски распада браков и партнерских союзов различаются в зависимости от типа местности, пола, продолжительности, количества детей и возраста родителей, социально-экономического статуса и др. [4–6]. По мнению ученых, причинами разводов выступают: 1) аддикции (алкоголизм, наркомания, игровая зависимость и интернет-зависимость); 2) несовместимость характеров; 3) неверность; 4) межличностные конфликты; 5) наличие второй семьи; 6) потеря доверия, взаимного уважения, дефицит чувства любви; 7) сексуальная несовместимость, отсутствие сексуальных отношений; 8) влияние на супругов родителей или других родственников (в том числе отсутствие собственной жилплощади); 9) болезнь одного из супругов; 10) фиктивность брака; 11) вынужденная разлука; 12) отсутствие детей или нежелание одного из супругов их иметь² [7]. Среди новых причин распада браков особенно выделяют насилие в отношениях, а именно физическое, эмоциональное (психологическое)³, экономическое и сексуальное насилие, а также ранний возраст вступления в брак. Кроме того, причинами разводов могут быть легкомысленный брак, неблагоприятные жилищные условия, бесплодие, душевные заболевания, безработица, депрессия и нестабильность как характерная черта состояния общества в России⁴ [8].

К наиболее распространенным факторам, влияющим на риск распада браков и партнерских союзов, относят поздний или ранний возраст вступления в брак, деидеализацию партнера, высокую личностную конфликтность одного или обоих супругов, неравный уровень образования и социального статуса, профессиональную занятость женщины (бикарьерная семья), отсутствие доверия, бесплодие одного из супругов, добрачную беременность (стимулированные браки)⁵. Также исследователи отмечают, что факторами риска выступают эгоистичность партнеров, вмешательство родителей и нереальные ожидания⁶.

Анализу факторов, влияющих на риск распада браков и партнерских союзов, уделяют большое внимание ученые из развитых стран, где распад союзов представляет серьезную проблему. Так, когортное сравнение предикторов формирования и распада молодежных союзов в США по результатам национальных лонгитюдных опросов 1979 и 1997 гг. показало, что основными предикторами являются ранний возраст формирования союза, беременность, взросление в неполной семье и наличие

¹Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года // Министерство экономики Республики Беларусь : сайт. URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/NSUR-2035-1.pdf> (дата обращения: 12.01.2025).

²Бабосов Е. Н. Конфликтология : учеб. пособие. М. : Амалфея, 2012. 324 с.

³Варга А. Я. Системная семейная психотерапия : кр. лекц. курс. СПб. : Речь, 2001. 557 с.

⁴Македон Т. А. Психология семьи: проблемы, профессиональные подходы к их решению : учеб. пособие. Биробиджан : Изд-во ФГБОУ ВПО «ДВДСГА», 2011. 146 с. ; 10 причин развода в современных семьях [Электронный ресурс] // Вестник психологии. URL: <https://psychologyjournal.ru/public/10-prichin-razvoda-v-sovremennykh-semyakh/> (дата обращения: 24.01.2025).

⁵Карабанова О. А. Психология семейных отношений : учеб. пособие. М. : Гардарики, 2006. 320 с.

⁶Андреева Т. В. Психология семьи : учеб. пособие. СПб. : Питер, 2013. 336 с. ; Goldstein H. The 6 most common reasons why couples get divorced // Osbornes Law : website. URL: <https://osborneslaw.com/blog/top-reasons-divorced/> (date of access: 24.01.2025).

менее образованной матери, а также различия в уровне образования, религии и занятости [9]. В ряде исследований дополнительно в качестве факторов риска отмечаются неверность (89 % пар назвали ее причиной развода), разность взглядов на брак, финансовые трудности [10; 11], проблемы со здоровьем, наличие детей, опыт предшествующего развода⁷. Выделяются также такие факторы риска распада браков и партнерских союзов, как опыт прошлых отношений, сожительство до брака⁸ и проблемы общения⁹.

В обобщенном виде все факторы, влияющие на риск распада браков и партнерских союзов, делятся на статические и динамические. Под статическими (неизменными) факторами подразумеваются заданные условия развития брака или партнерского союза (уровень образования, религия и др.). Динамические факторы связаны с тем, как партнеры относятся друг к другу, общаются между собой и думают о своем союзе (негативный стиль разговора, трудности в общении, проблемы с разрешением разногласий, низкий уровень преданности друг другу и др.). Они могут увеличивать риск распада брака или партнерского союза. Однако влияние динамических факторов можно нивелировать путем приложения достаточных усилий. Таким образом, можно преодолеть негативное воздействие статических факторов [12; 13].

Методика исследования. С методической точки зрения исследование носит междисциплинарный характер и проводится в Беларуси впервые. В нем показана тесная взаимосвязь между геодемографией, социологией и статистикой. Работа включала четыре этапа. На первом этапе был осуществлен сравнительно-географический анализ разводимости в странах Европы с использованием официальных статистических данных Отдела народонаселения ООН и Евростата¹⁰. В его основе лежало изучение общего коэффициента разводимости и индекса разводимости. На втором этапе были систематизированы результаты теоретических и выборочных лонгитюдных исследований причин и рисков распада браков и партнерских союзов в странах Европы для последующего сравнения их с результатами обработки данных двух волн проведенного в Беларуси обследования «Поколения и гендер»¹¹. На третьем этапе были охарактеризованы динамика и географические особенности разводимости населения Беларуси.

Четвертый этап включал анализ рисков распада браков и партнерских союзов в Беларуси с использованием статистических методов. Настоящее исследование сконцентрировано на изучении только одного аспекта – развода или расставания супругов или партнеров, которые находились в зарегистрированном браке либо проживали совместно. Информационную базу составили данные двух волн обследования «Поколения и гендер» (2017 и 2023 гг.) обо всех респондентах, когда-либо проживавших с партнером или состоявших с ним в браке. В результате реструктуризации исходной объединенной базы данных был получен массив данных о партнерских отношениях в жизни всех респондентов, участвовавших в опросах 2017 и 2023 гг. После чистки данных и корректировки логических ошибок в определении длительности союзов были оставлены союзы со значением этого показателя от 0 до 65 лет. В результате численность выборки по взвешенным данным составила 8980 прошлых и текущих союзов в жизни 6381 респондента, а также 8018 прошлых и текущих браков в жизни 5978 респондентов. Однако для отдельных блоков анализа и построения моделей с различным набором переменных эта численность могла сократиться за счет пропущенных значений (например, отказов отвечать) либо очевидных ошибок в значениях переменных. Последующая группировка союзов по их длительности и вариантам исхода позволила рассчитать вероятность расставания.

Основными показателями риска распада союза вследствие расставания, которые использовались в данном исследовании, выступили вероятность расставания в течение следующего за y года длительности союза и удельный вес союзов, закончившихся расставанием к году длительности y , в исходной численности когорты вступивших в союз.

Вероятность расставания в течение следующего за y года длительности союза – это отношение числа расставаний в интервале длительности союза от года y до года $y + 1$ к количеству союзов, сохранившихся к году длительности y . Данный показатель учитывается при построении специальной таблицы разводимости¹². В контексте обследования «Поколения и гендер» он может быть рассчитан

⁷10 risk factors for divorce // Family Law Brief : website. URL: <https://www.securitylawbrief.com/10-risk-factors-for-divorce/> (date of access: 22.01.2025).

⁸Factors that increase the risk of divorce // Cowhey + Ward : website. URL: <https://cowheyward.com/factors-that-increase-the-risk-of-divorce/> (date of access: 26.01.2025).

⁹Causes of divorce in USA // TherapyDen : website. URL: <https://www.therapyden.com/blog/divorce-statistics> (date of access: 16.01.2025).

¹⁰Demographic yearbook 2023 / The United Nations. New York : U. N. Publ., 2024. 999 p. ; Marriage and divorce statistics // Eurostat : website. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Marriage_and_divorce_statistics (date of access: 24.01.2025).

¹¹The Generations and Gender Programme : website. URL: <https://www.ggp-i.org/about/> (date of access: 01.12.2024) ; Data Catalog // The Generations and Gender Programme : website. URL: <https://www.ggp-i.org/data-catalog/72/> (date of access: 01.12.2024).

¹²Дарский Л. Е., Тольц М. С. Демографические таблицы : учеб. пособие / под ред. М. Б. Денисенко. М. : МАКС Пресс, 2013. С. 85.

как отношение числа разводов или расставаний, имевших место в жизни респондентов на данном году длительности их брака или партнерского союза, к общему количеству как текущих, так и прошлых браков или партнерских союзов, сохранившихся к данному году их длительности. При определении последней переменной принимались во внимание все возможные варианты исхода партнерских союзов, а именно расставание, смерть партнера либо сохранение отношений на момент интервью. Исходная общая численность сохранившихся браков или партнерских союзов для длительности 0 лет – это число всех браков или партнерских союзов в жизни всех респондентов, т. е. сумма всех союзов любой длительности, имевших тот или иной исход. При переходе к каждому следующему году длительности союза $y + 1$ данное число уменьшается на количество расставаний, смертей для года длительности союза y и на количество текущих отношений, достигших длительности y к моменту интервью. Хотя такой анализ не отражает распада союзов для конкретного поколения, он позволяет обобщенно оценить ход этого процесса за последние 6 десятилетий, а при последующем выделении когорт по времени формирования союза может служить доступным эквивалентом лонгитюдного наблюдения за реальными поколениями.

Удельный вес союзов, закончившихся расставанием к году длительности y , в исходной численности когорты вступивших в союз – это накопленный до года y процент расставшихся от общей численности вступивших в союз. Он позволяет установить, какая часть союзов распадается к определенному году их длительности. Расчет был выполнен на основе таких показателей специальной таблицы разводимости, как вероятность расставания по годам длительности союза и условная исходная численность когорты вступивших в союз, равная 10 000.

Для оценки реализации намерения расстаться использовались данные только о тех респондентах, которые участвовали в обеих волнах обследования, что дало возможность сопоставить ответы на момент первого и второго интервью, а также оценить влияние событий в жизни респондентов на ход их мыслей. Подвыборка составила 1097 браков и 1139 партнерских союзов.

В процессе классификации респондентов по вероятности распада союзов вследствие расставания и формирования группы риска были применены методы дискриминантного анализа и бинарной логистической регрессии. В качестве обучающей выборки использовались данные о союзах, полученные от респондентов, которые участвовали в обеих волнах обследования (2017 и 2023 гг.) и проживали с партнером в одном домохозяйстве на момент первого интервью (2017 г.). Исход этих союзов (распались или не распались в течение следующих 5 лет) стал известен к моменту второго интервью (2023 г.).

Результаты и их обсуждение

Сравнительно-географический анализ разводимости в странах Европы. В 1960-х гг. общий коэффициент разводимости в странах Европы был относительно низким и держался на уровне 0,8 ‰. Однако с конца 1960-х гг. он начал расти. В начале XXI в. наблюдались самые высокие значения этого показателя – 2 развода на 1000 человек. В дальнейшем происходило постепенное снижение общего коэффициента разводимости, и, по данным за 2022 г., в странах Европы он составил 1,6 ‰ (рис. 1).

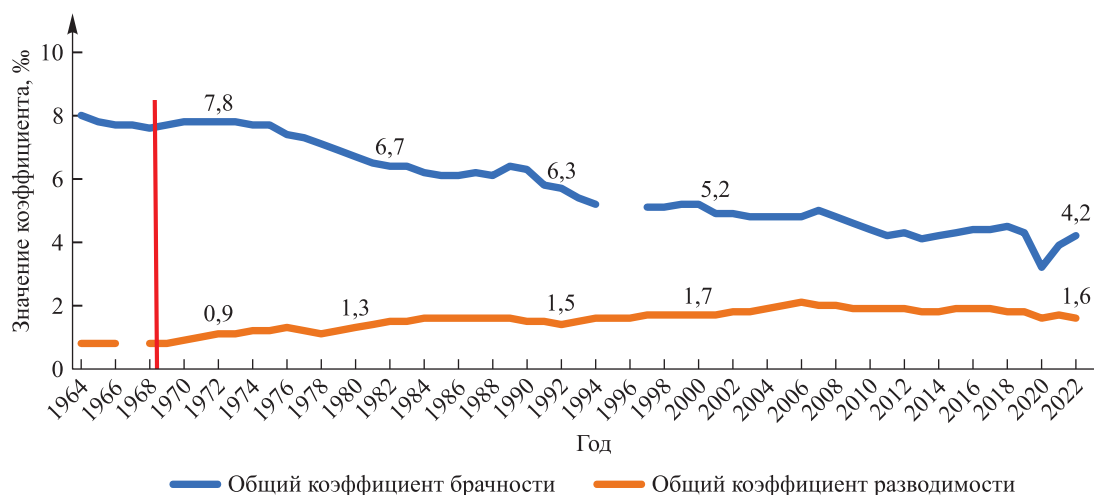


Рис. 1. Динамика общего коэффициента брачности и общего коэффициента разводимости в странах Европы в 1964–2022 гг. (красным цветом обозначена линия начала роста уровня разводимости и снижения уровня брачности в условиях второго демографического перехода)

Fig. 1. Dynamics of crude marriage rate and crude divorce rate in European countries in 1964–2022 (the line indicating the beginning of the increase in the divorce rate and the decrease in the marriage rate during the second demographic transition is marked in red)

В странах Европы наблюдается пространственная дифференциация по показателям разводимости, связанная с различиями в характере второго демографического перехода, разницей в отношении к институту семьи и традициям. На карте Европы (без учета России и Украины, данные о которых не представлены) выделяются четыре зоны: 1) зона с высоким коэффициентом разводимости, включающая отдельные страны Восточной Европы (Беларусь, Молдову, Литву и Латвию); 2) зона с коэффициентом разводимости выше среднего, сформированная странами Северной Европы (Швецией, Финляндией, Эстонией, Данией); 3) зона со средним коэффициентом разводимости, охватывающая преимущественно страны Западной Европы; 4) зона с низким коэффициентом разводимости, представленная странами Южной Европы и Ирландией (рис. 2).

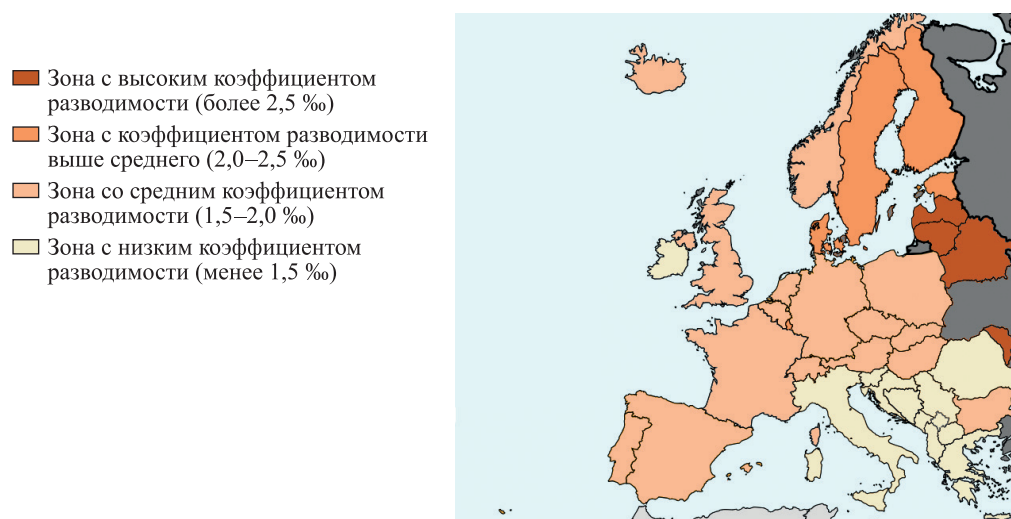


Рис. 2. Общий коэффициент разводимости в странах Европы в 2021 г.

Fig. 2. Crude divorce rate in European countries in 2021

В 2021 г. наименьшей разводимостью отличались Мальта и Словения. Странами с самыми высокими значениями общего коэффициента разводимости являлись Молдова, Беларусь и Латвия (рис. 3).

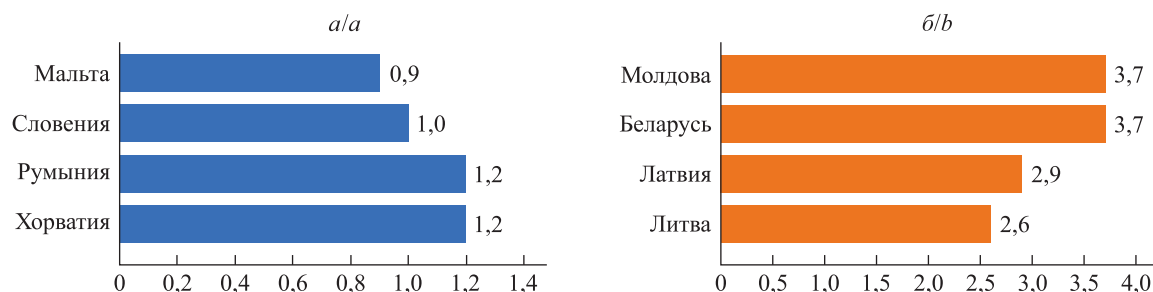


Рис. 3. Минимальные (а) и максимальные (б) значения общего коэффициента разводимости в 2021 г. по странам Европы, ‰

Fig. 3. Lowest (a) and highest (b) values of the crude divorce rates in 2021 in European countries, ‰

Важным показателем при оценке разводимости выступает число разводов, приходящихся на 100 браков, или индекс разводимости. В целом в этом отношении в мире лидируют страны Европы. В 2021 г. список стран Европы с самым высоким индексом разводимости возглавил Люксембург (72 развода на 100 браков). За ним следуют Финляндия и Швеция (62,1 и 60,0 разводов на 100 браков соответственно).

Сохраняющийся высокий уровень разводов в ряде стран Европы обуславливает проведение исследований, нацеленных на выявление причин и факторов риска распада браков. Консорциум ученых Великобритании, представляющих социальные и медицинские науки, в рамках третьего национального исследования сексуальных отношений и образа жизни (Natsal-3), проведенного путем вероятностной выборки (15 162 человека в возрасте от 16 до 74 лет) в 2010–2012 гг., оценил степень распространенности и различий зарегистрированных причин недавнего распада браков и прекращения сожительства в стране. Специалисты установили причины разрыва партнерских отношений за последние 5 лет и их различия в зависимости от пола респондентов и типа партнерства (брак или сожительство). Причинами распада браков и партнерских союзов явились отчуждение, ссоры, неверность или супружеская измена, отсутствие уважения и признательности, разные интересы, переезд, финансовые проблемы, неравномерное распределение домашних обязанностей, трудности в сексуальной жизни, домашнее насилие, отсутствие детей и т. д. [14].

Примерно одинаковая доля мужчин и женщин сообщили об отчуждении (39,4 и 35,6 % соответственно), ссорах (27,0 и 30,3 %), разных интересах (13,3 и 15,7 %), других причинах (5,4 и 5,8 %), трудностях в сексуальной жизни (4,9 и 6,3 %), отсутствии детей (2,3 и 1,5 %) и употреблении партнером алкоголя, наркотиков, пристрастии к азартным играм (2,2 и 3,0 %). Женщины чаще, чем мужчины, отмечали неверность (23,6 % против 18,0 %), отсутствие уважения и признательности (24,8 % против 17,1 %), финансовые проблемы (11,8 % против 7,3 %) и неравномерное распределение домашних обязанностей (14,4 % против 6,8 %). О домашнем насилии женщины сообщали в 4 раза чаще, чем мужчины (15,9 % против 3,7 %) [14]. При этом в причинах распада браков и партнерских союзов было выявлено больше сходств, чем различий.

В рамках опроса «Развод в Нидерландах» в 1998 г. было проведено Национальное исследование причин распада браков и партнерских союзов. Опрос основывался на стратифицированной выборке женатых, разведенных (в период с 1949 по 1996 г.) и повторно вступивших в брак респондентов в возрасте от 30 до 75 лет из 19 муниципалитетов Нидерландов. Общее количество разведенных составило 1718 человек. Анализируемые значения были взвешены, чтобы сделать полученную выборку сопоставимой с популяцией разведенных по возрасту, полу, региону, уровню урбанизации и семейному положению (находится респондент в повторном браке или нет). В результате было установлено влияние на распад браков и партнерских союзов таких причин, как отношения между партнерами (отчуждение, недостаточное внимание, неспособность разговаривать, сексуальные проблемы), поведенческие мотивы (разные досуг, привычки, расходы, проблемы с алкоголем или наркотиками, физическое насилие, личные трудности), неверность, особенности разделения труда (неравные время и объем работы, неравномерное распределение домашних обязанностей) и другие факторы (разногласия по поводу рождения и воспитания детей, проблемы с друзьями или родственниками, различия во вкусах и предпочтениях, религиозные различия).

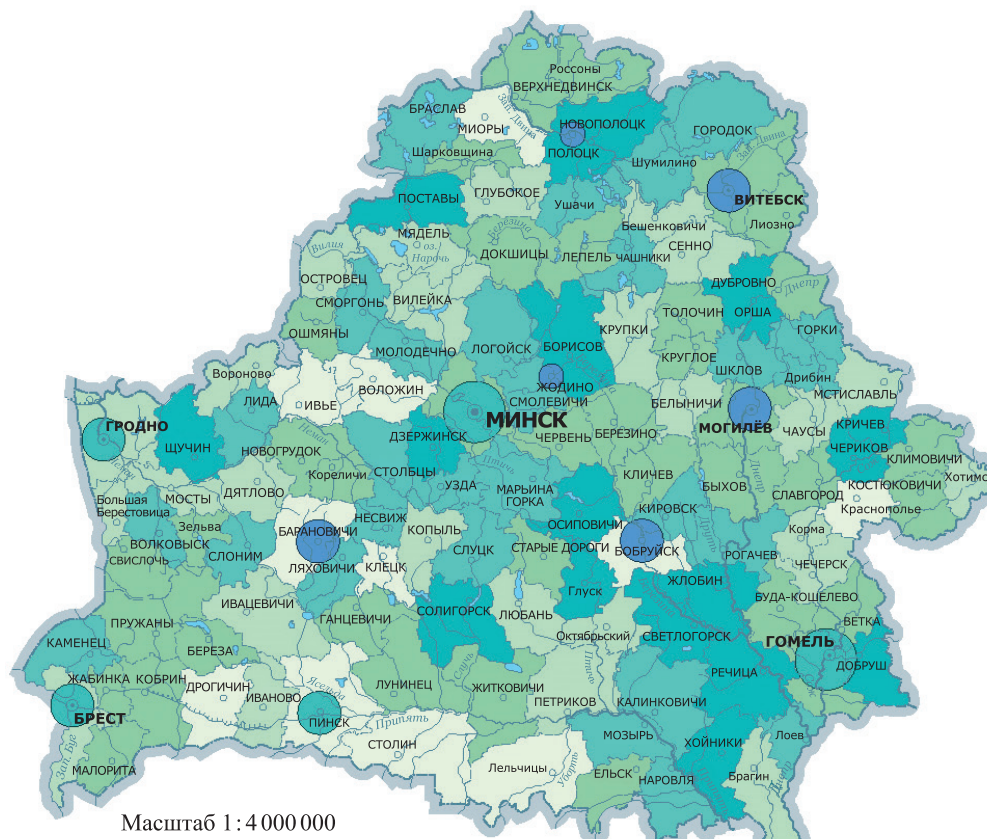
В основном мужчины и женщины в качестве основных причин распада браков и партнерских союзов указывали отчуждение (79 и 76 % соответственно), недостаточное внимание (69 и 78 %), привычки (42 и 63 %). О проблемах, связанных с неравномерным распределением домашних обязанностей, особенно часто сообщали женщины. При этом регулярность апелляции к таким причинам разрыва отношений, как неверность и домашнее насилие, со временем снизилась [15].

Среди стран Скандинавии в Норвегии наблюдается самый низкий уровень разводов, причем граждане предпочитают сожительство браку. Эти мотивы выступили основанием для проведения исследования по выявлению факторов риска распада союзов с акцентом на изучение индивидуальной неудовлетворенности ими [16]. Анкеты заполняли беременные женщины и их партнеры, у которых спрашивали о неудовлетворенности отношениями, чувстве напряжения, демографических данных и других факторах риска. За исключением более молодого возраста женщины, неудовлетворенность отношениями у женщин и более низкий уровень образования у мужчин оказались самыми сильными предикторами распада союзов.

Географические различия разводимости в Беларуси. По данным переписи населения 2019 г., в стране насчитывалось 2,2 млн брачных пар. Общий коэффициент брачности сократился на треть: с 9,7 % в 1990 г. до 6,6 % в 2019 г. При этом общий коэффициент разводимости увеличился с 3,4 % в 1990 г. до 3,6 % в 2019 г. В сравнении со странами Европы такое значение показателя считается высоким. Удельный вес разведенных среди женщин всех возрастов намного больше, чем среди мужчин, поскольку последние чаще вступают в повторный брак. Среди всего населения страны каждая третья женщина (31 %) и каждый восьмой мужчина (13 %) имеют опыт развода или вдовствуют.

В Беларуси быстро растет вероятность распада брака из-за развода. Общий коэффициент разводимости значительно выше в городах по сравнению с сельской местностью. В таких населенных пунктах, как города Жодино (4,7 %), Бобруйск (4,3 %) и Витебск (4,3 %), зафиксированы максимальные показатели разводимости в стране. На территории Беларуси выделяются зоны более высокой и более низкой разводимости. Так, по данным за 2021 г., в Дрогичинском, Пинском и Столинском районах (Брестская область) наблюдаются одни из самых низких показателей разводимости (около 2 %). Схожей ситуацией характеризуются Бобруйский, Краснопольский (Могилёвская область), Ивьевский (Гродненская область), Лельчицкий (Гомельская область), Клецкий, Воложинский (Минская область) и Миорский (Витебская область) районы. Они должны стать объектами дополнительных исследований для изучения опыта сохранения семейных традиций и ценностей. Зона наиболее высокой разводимости имеет три ареала: 1) центральный; 2) северо-восточный; 3) юго-восточный. Самая неблагоприятная ситуация сложилась в Борисовском, Дзержинском, Солигорском (Минская область), Оршанском, Полоцком, Поставском (Витебская область), Добрушском, Жлобинском, Речицком, Светлогорском и Хойникском (Гомельская область) районах. В них общий коэффициент разводимости превышает 4 % (рис. 4).

a/a



Разводимость на 1000 чел.
в 2021 г. по г. Минску и городам
областного подчинения

- Более 4,0 ‰
- 3,5–4,0 ‰

Разводимость на 1000 чел.
в 2021 г. по районам

- Более 4,0 ‰
- 3,5–4,0 ‰
- 3,0–3,5 ‰
- 2,5–3,0 ‰
- Менее 2,5 ‰

б/б

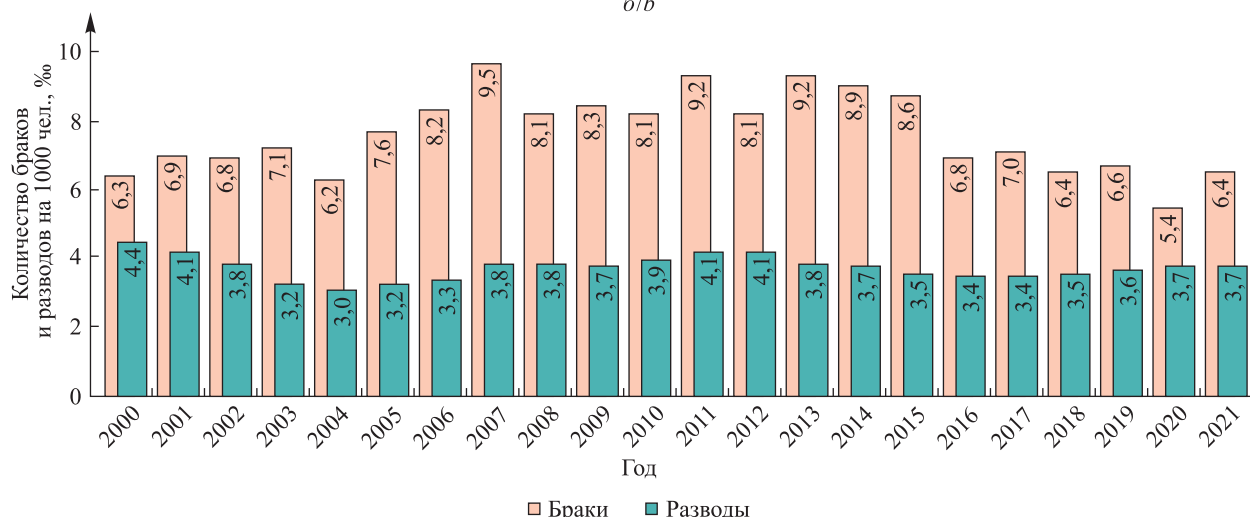


Рис. 4. Разводимость в Беларуси на 1000 человек в 2021 г. (a)
и динамика количества браков и разводов в стране на 1000 человек в 2000–2021 гг. (б).

Источник: Анципава К. А. Разводнасць насельніцтва // Нацыянальны атлас Беларусі :
карта / рэдкал.: У. Р. Гусакоў [і інш.]. Мінск : Белкартаграфія, 2024. С. 243

Fig. 4. Divorce rate in Belarus per 1000 people in 2021 (a) and the dynamics
of the number of marriages and divorces in the country per 1000 people in 2000–2021 (b).

Source: Antipova E. A. The dispersion of the nobility // National atlas of Belarus :
map / ed. board: V. G. Gusakov [et al.]. Minsk : Belkartagrafija, 2024. P. 243

Дифференциация и визуализация рисков распада союзов. Группировка союзов по их длительности и вариантам исхода послужила информационной основой для расчета вероятности распада союзов по следующим признакам: типу союза, когортам по времени его формирования, возрасту партнеров на момент создания союза, наличию детей, неблагоприятному семейному опыту (опыту партнерских отношений) родителей.

Анализ динамики риска развода или расставания с увеличением продолжительности союза показал, что риск распада партнерских союзов значительно превосходит риск распада браков, особенно в первые 8 лет (рис. 5). Для партнерских союзов максимальный риск расставания равняется 13,7 %. Он проявляется после года совместного проживания. При этом риск развода после года брака составляет всего 1,1 %. Необходимо отметить, что здесь учитываются те союзы, которые так и не стали браками, поэтому высокий процент расставаний легко объясним. Для браков максимальный риск развода проявляется с 3-го по 8-й год семейной жизни. Такая картина имеет крайне негативный характер, так как к этому времени, как правило, в семье рождаются дети. В целом первые 10 лет считаются самыми сложными с точки зрения сохранения брака. После 30 лет брака случаи развода редки, а после 45 лет они практически отсутствуют.

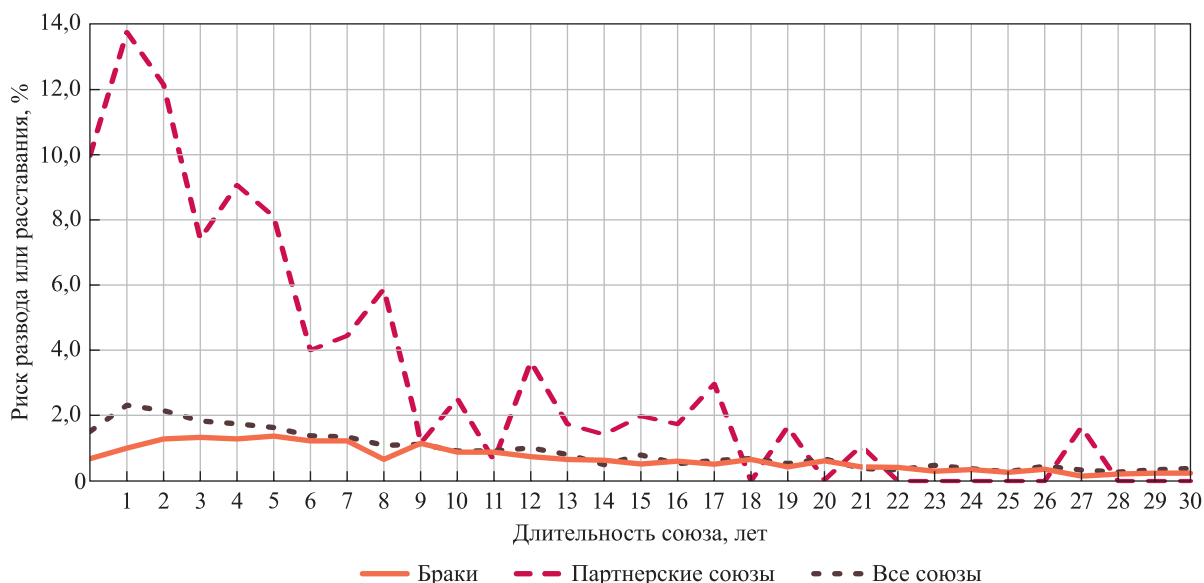


Рис. 5. Риск развода или расставания для браков или партнерских союзов длительностью от 0 до 30 лет
($N = 8980$ союзов, из них 8018 браков и 962 партнерских союза)

Fig. 5. Risk of divorce or separation for marriages or partnership unions duration from 0 to 30 years
($N = 8980$ unions including 8018 marriages and 962 partnership unions)

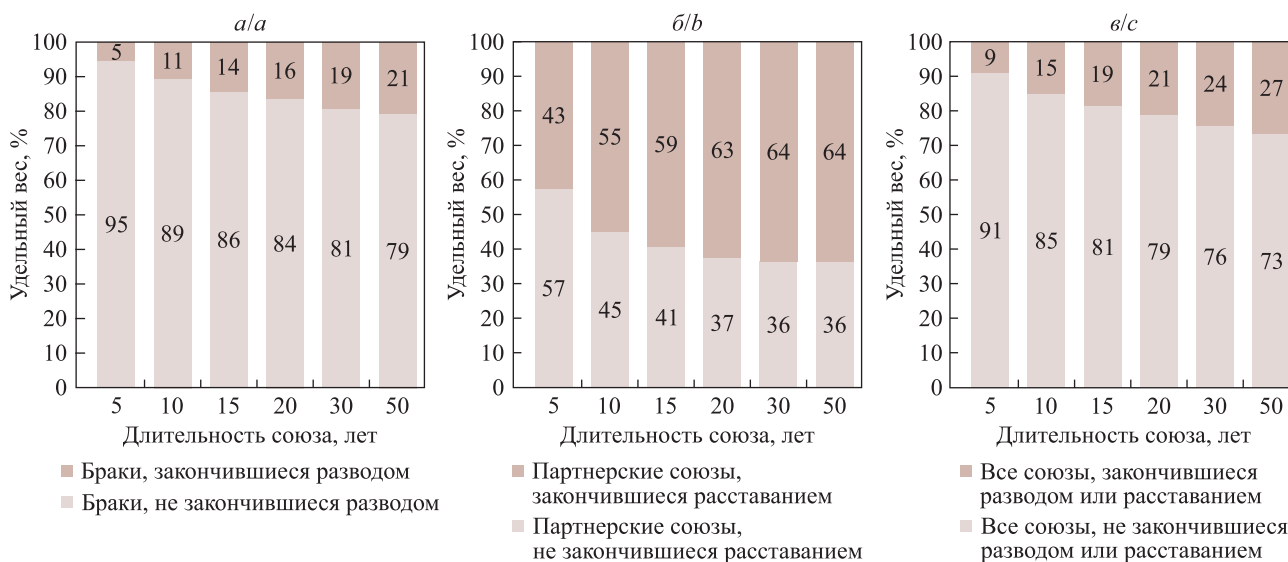


Рис. 6. Удельный вес браков (а), партнерских союзов (б) и всех союзов (в), закончившихся либо не закончившихся разводом или расставанием к определенному году их длительности

Fig. 6. Proportion of marriages (a), partnership unions (b) and all unions (c) that ended or did not end in divorce or separation by a certain year of their duration

В существующих исследованиях наиболее часто в качестве общепринятой обобщающей оценки риска распада союзов используется длительность брака или совместного проживания 30 лет [17]. Но если говорить об итоговой оценке доли распавшихся браков или партнерских союзов в их общем числе, то, по данным настоящего исследования, такой длительностью является период 45–50 лет. Так как после 50 лет совместной жизни вероятность развода минимальна, можно утверждать, что разводами заканчиваются около 21 % заключенных в течение последних 60 лет браков (см. рис. 6).

Накопленный удельный вес расставаний к 5, 10, 15 и 20 годам отношений является важным показателем с точки зрения последствий распада союзов для детей разного возраста. Следует отметить, что на рис. 6 доля нераспавшихся союзов не равняется доле союзов, в которых партнеры по-прежнему живут вместе, так как она включает союзы, закончившиеся овдовением.

Представленный выше анализ обобщает риски распада союзов за 6 десятилетий по различным реальным поколениям. Однако характер рисков для различных поколений изменился. Браки и партнерские союзы с течением времени становятся менее прочными. В таблице представлена тепловая карта со сглаженными значениями рисков развода или расставания в течение года после 1–12-го года длительности отношений для всех союзов и отдельно для браков. Цветовая шкала изменяется от зеленого цвета (минимальный риск) к красному цвету (максимальный риск).

Данные таблицы визуализируют меньший риск распада браков по сравнению с риском распада всех союзов и устойчивую тенденцию к росту риска распада союзов одинаковой длительности по когортам по времени формирования союза. Также для всех союзов характерно смещение максимального риска на первые годы совместной жизни (прежде всего для партнерских союзов, сформированных после 2010 г.). Для браков вероятность развода достигла наибольших значений в когорте 2000–2009 гг. Браки, заключенные в этом десятилетии, оказались самыми непрочными. Так, в интервале длительности брака от 6 до 7 лет максимальный сглаженный риск развода для данной когорты составил 2,0 %, в то время как для когорты 1990–1999 гг. – 1,5 %, а для когорты до 1970 г. – 0,7 %.

**Риски развода или расставания в течение года после 1–12-го года длительности отношений
для всех союзов и отдельно для браков, распределенных по когортам
по времени формирования союза, %**

**Risks of divorce or separation within a year after the 1st–12th year of relationship duration
for all unions and separately for marriages, divided into cohorts
by the time of union formation, %**

Длительность союза, лет	Когорты по времени формирования союза, в том числе брачного						Когорты по времени вступления в брак					
	До 1970 г.	1970–1979 г.	1980–1989 г.	1990–1999 г.	2000–2009 г.	2010 г. и позже	До 1970 г.	1970–1979 г.	1980–1989 г.	1990–1999 г.	2000–2009 г.	2010 г. и позже
1	0,5	0,7	1,3	1,8	2,4	3,8	0,2	0,6	1,1	1,3	1,2	0,9
2	0,9	0,8	1,3	2,2	2,7	3,4	0,6	0,8	1,1	1,6	1,6	1,0
3	0,9	0,9	1,3	2,2	2,7	2,8	0,9	0,8	1,1	1,8	1,7	1,2
4	0,9	1,1	1,2	2,1	2,6	2,2	0,8	0,9	1,2	1,7	1,7	1,3
5	0,7	1,0	1,2	1,8	2,3	2,0	0,8	0,9	1,1	1,5	1,8	1,2
6	0,8	1,1	1,1	1,8	2,1	1,4	0,7	1,1	1,0	1,5	2,0	0,9
7	0,8	0,8	1,1	1,4	1,9	1,4	0,7	0,8	0,8	1,2	1,7	0,5
8	0,9	0,7	0,9	1,4	1,9	1,1	1,0	0,8	0,9	1,2	1,4	0,6
9	0,8	0,5	0,8	1,2	1,6	1,3	0,8	0,5	1,0	0,9	1,2	0,5
10	0,7	0,4	0,9	1,3	1,4	1,0	0,8	0,6	1,0	1,1	1,3	0,8
11	0,6	0,4	1,1	1,1	1,4	0,8	0,4	0,4	0,9	1,0	1,3	0,6
12	0,4	0,5	1,2	1,0	1,2	1,3	0,3	0,4	0,9	0,9	1,1	2,0

Примечание. Сравнение по всем когортам проводится только для союзов длительностью от 0 до 13 лет, так как эта продолжительность отношений является максимально возможной для респондентов, вступивших в союз в 2010 г. и участвовавших в обследовании 2023 г. Метод трехлетней скользящей средней позволяет сгладить резкие различия или пропуски в уровне риска вследствие ограниченности выборки и случайных колебаний между соседними годами длительности союза.

Наиболее актуальными данными для когорты 2000–2009 гг. является распад каждого 5-го брака к 20-му году и каждого 4-го брака к 24-му году (рис. 7).

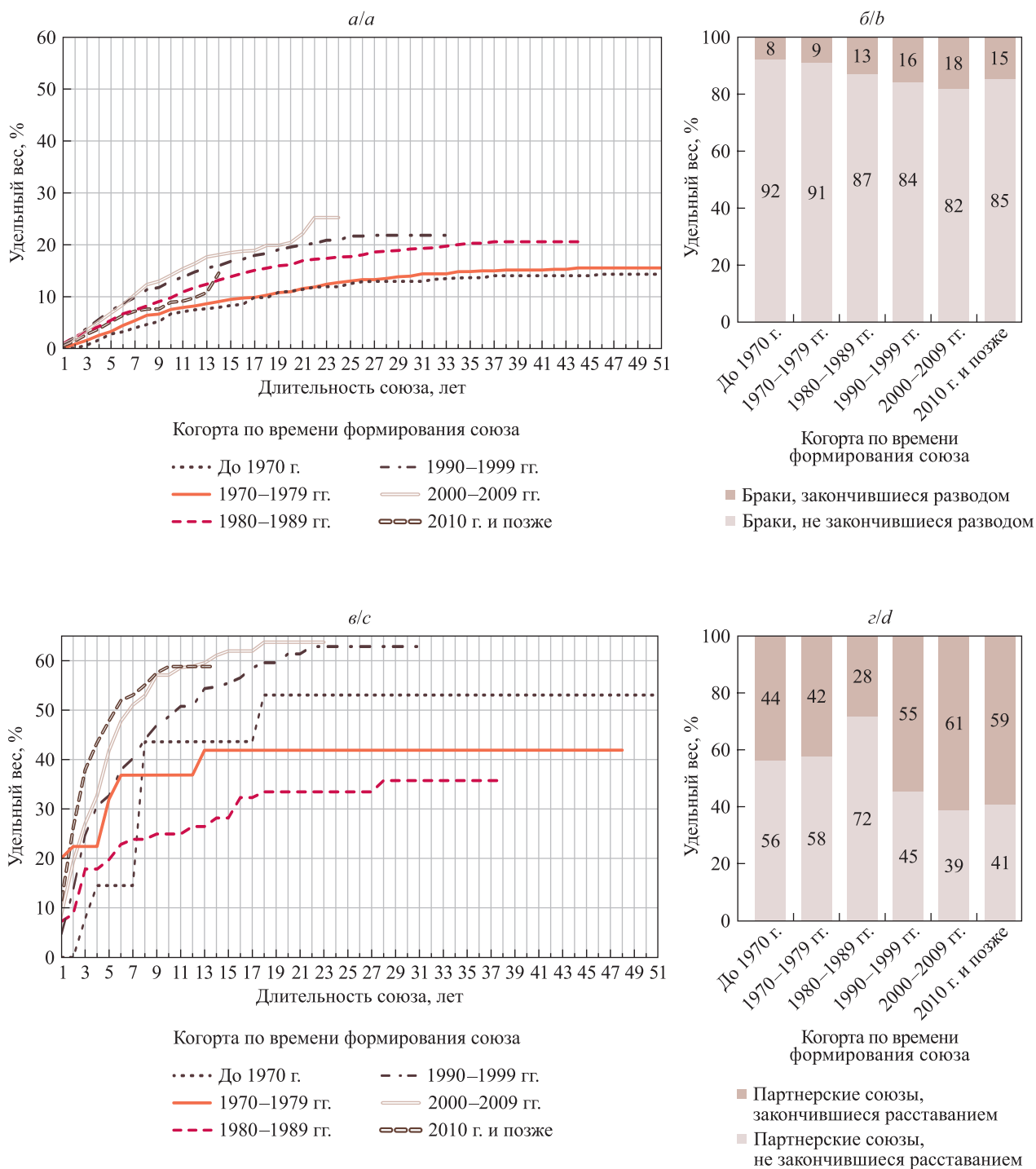


Рис. 7. Накопленный удельный вес разводов или расставаний к определенному году длительности браков (а) и партнерских союзов (в), а также к 14-му году длительности браков (б) и партнерских союзов (г) по когортам по времени формирования союза (начало)

Fig. 7. Accumulated proportion of divorces or separations by a certain year of duration of marriages (a) and partnership unions (c), as well as by the 14th year of duration of marriages (b) and partnership unions (d) by cohorts by the time of union formation (beginning)

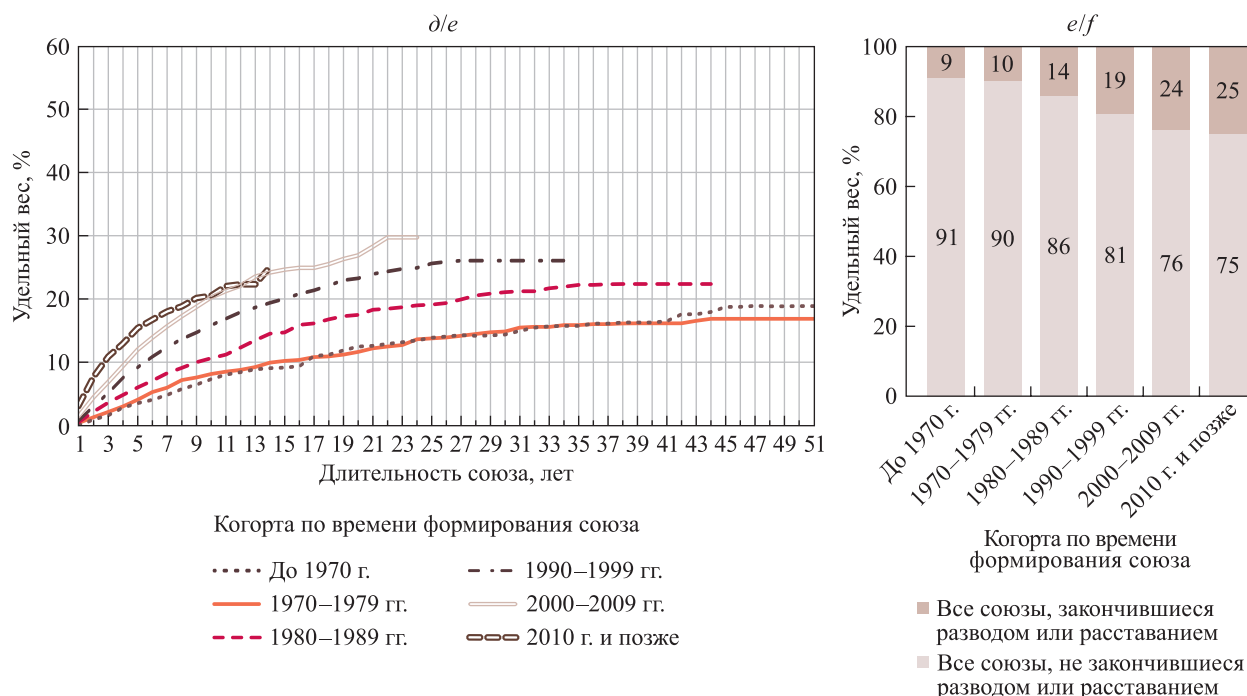


Рис. 7. Накопленный удельный вес разводов или расставаний к определенному году длительности всех союзов (d), а также к 14-му году длительности всех союзов (e) по когортам по времени формирования союза (окончание)

Fig. 7. Accumulated proportion of divorces or separations by a certain year of duration of all unions (e), as well as by the 14th year of duration all unions (f) by cohorts by the time of union formation (ending)

Следует отметить, что основная масса респондентов (66,4 %) вступали в брак или партнерский союз до 25 лет, 27,4 % респондентов – в возрасте от 25 до 34 лет и только 6,2 % респондентов – в 35 лет и позже. Анализ рисков развода или расставания по указанным трем возрастным группам показал, что с увеличением возраста респондентов на момент создания партнерского союза риск его распада снижается. Данная тенденция не совсем совпадает с выявленными общемировыми закономерностями, в соответствии с которыми при образовании союза в 35 лет и позже риск расставания возрастает по сравнению с риском распада союза, заключенного в возрасте от 25 до 34 лет. Накопленный удельный вес расставаний к 30 годам длительности отношений для респондентов, вступивших в союз в 35 лет и позже, оказался минимальным (20 %), для респондентов, создавших союз в возрасте от 25 до 34 лет, составил 23 %, а для респондентов, сформировавших союз до 25 лет, достигал 25 %. Если говорить о накопленном удельном весе разводов, то различия между названными возрастными группами еще более выражены. К 30 годам длительности отношений доля разводов для респондентов, заключивших брак до 25 лет, составляет 20 %, для респондентов, вступивших в брак в возрасте от 25 до 34 лет, – 17 %, а для респондентов, заключивших брак в 35 лет и позже, – всего 12 %. Современная тенденция к смещению возраста партнеров на момент создания союза в сторону 25–30 лет уменьшает риск развода или расставания, хотя и ограничивает возможность пары иметь большое число детей.

Особенно неблагоприятными последствия распада партнерских союзов оказываются для детей. Как видно из рис. 8, наличие детей существенно снижает риски расставания и особенно развода, но они остаются весьма высокими.

К 30 годам (сроку, достаточному для воспитания нескольких детей) распадаются вследствие расставания 20 % союзов с детьми и 48 % союзов без детей. Доля разводов к 30 годам длительности брака составила 18 % для браков с детьми и 34 % для браков без детей. Отсутствие детей в партнерском союзе повышает риск расставания к 30 годам его длительности с 47 до 73 %.

Для проверки гипотезы о том, что семейное неблагополучие часто наследуется от родителей и дети, пережившие расставание родителей, имеют более высокий риск распада собственных отношений в будущем, было выполнено распределение браков и партнерских союзов по их исходу – распаду или отсутствию распада, которое включает такие варианты, как сохранение отношений или овдовение (рис. 9). Для сопоставления шансов распада союзов из дальнейшего анализа исключались союзы, в которых родители респондентов никогда не были вместе.

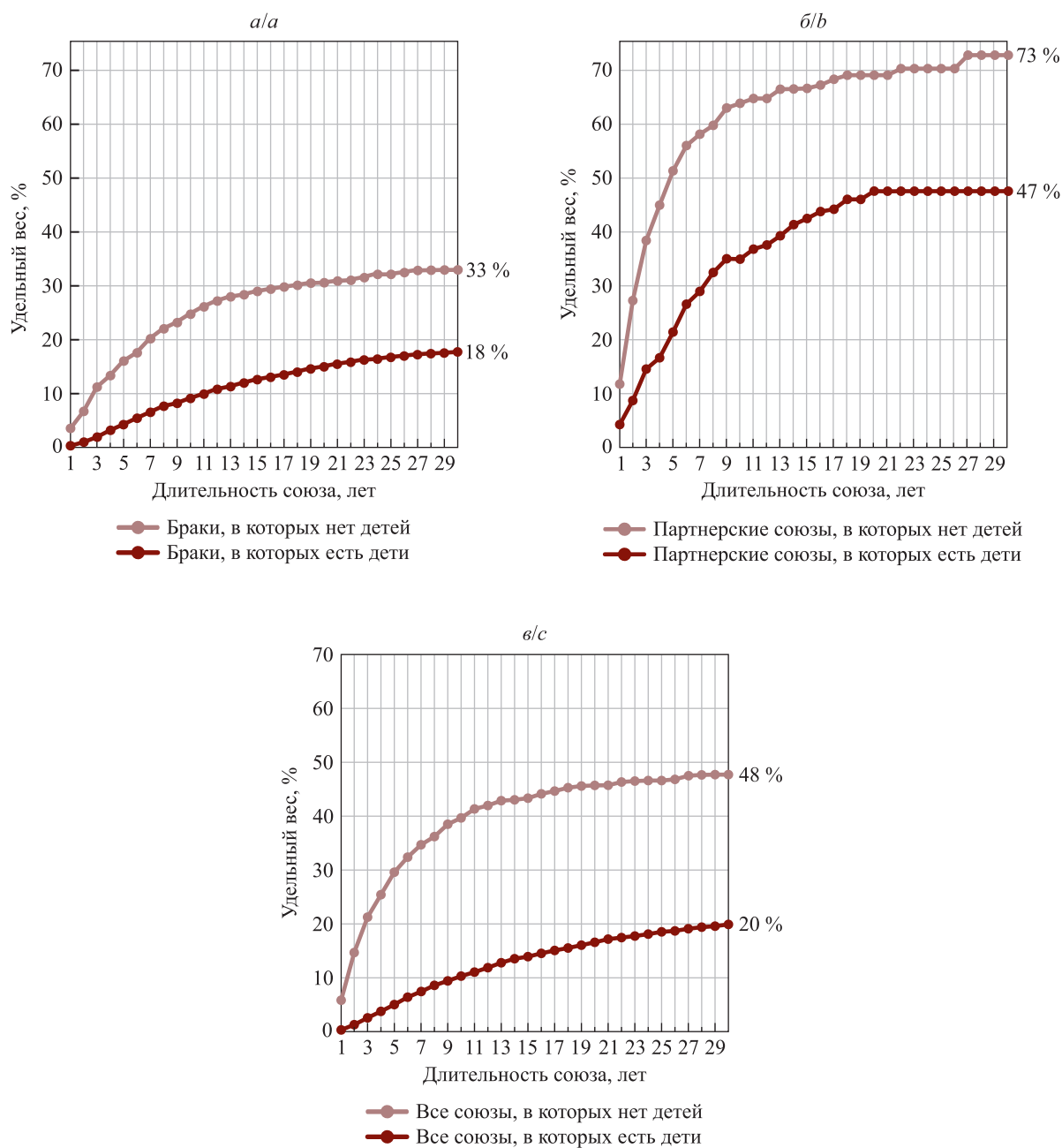


Рис. 8. Накопленный удельный вес разводов или расставаний к определенному году длительности браков (а), партнерских союзов (б) и всех союзов (в) в зависимости от наличия общих с партнером детей (как биологических, так и приемных)

Fig. 8. Accumulated proportion of divorces or separations by a certain year of duration of marriages (a), partnership unions (b) and all unions (c) depending on the presence of children in common with the partner (both biological and adopted)

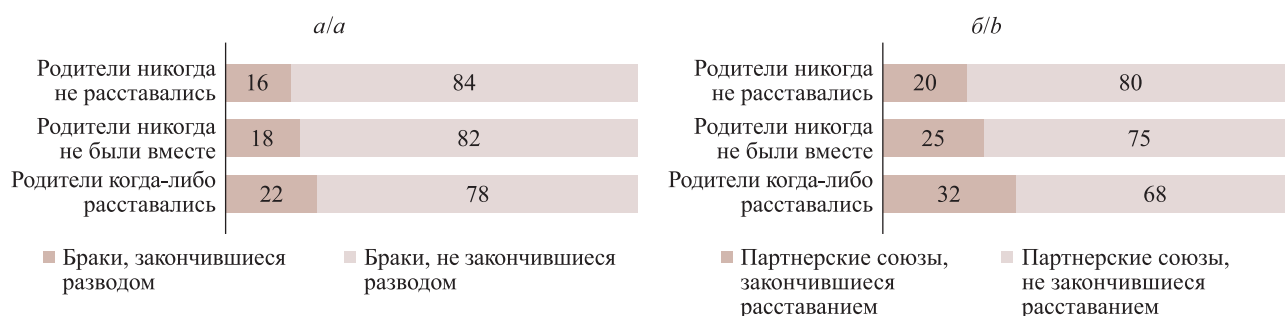


Рис. 9. Распределение браков (а) и партнерских союзов (б) по их исходу в зависимости от наличия факта расставания в прошлом биологических родителей респондентов, %

Fig. 9. Distribution of marriages (a) and partnership unions (b) by their outcome depending on the presence of the fact of separation in the past of biological parents of respondents, %

Если родители когда-либо расставались, относительный риск того, что партнерский союз их ребенка распадется, на 58 % выше, а риск обратной ситуации на 15 % ниже по сравнению с вероятностью распада партнерского союза ребенка в случаях, когда его родители не имели такого опыта. Влияние неблагоприятного опыта семейных отношений родителей на исход брака их ребенка не такое выраженное: расставание родителей статистически значимо увеличивает риск развода ребенка на 40 % и снижает вероятность сохранения брака на 8 % по сравнению с ситуациями, в которых родители никогда не расставались.

Оценка реализации намерения расстаться в течение 5 лет с момента первого интервью. Во время первой волны обследования «Поколения и гендер» респондентам был задан вопрос: «Даже люди, которые хорошо ладят со своими партнерами, иногда задумываются, есть ли у их брака или отношений будущее. За последние 12 месяцев Вы задумывались о разрыве отношений?» Сравнение данных двух волн обследования позволяет оценить, в какой степени мысли о расставании реализуются в будущем.

Как видно из рис. 10, в 7,1 % браков и 10,0 % партнерских союзов партнеры реализовали мысли о расставании в течение 5 лет с момента первого интервью. В целом можно сказать, что влияние мыслей о расставании на исход союза не особенно выражено: 90,0 % пар сохраняют свой союз, несмотря на наличие таких мыслей. Риск расстаться для респондентов, имевших мысли о прекращении партнерского союза, в 4,1 раза (т. е. статистически значимо) выше, чем аналогичная вероятность для респондентов, не задумывавшихся об этом. Риск развода для респондентов, имевших мысли о прекращении брака, в 4,3 раза превосходит вероятность развода для респондентов, не сообщавших о подобном намерении.

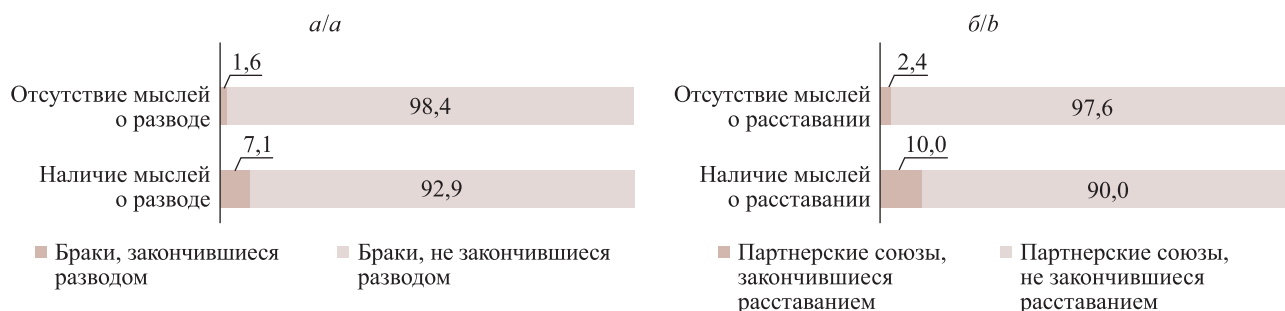


Рис. 10. Накопленный удельный вес разводов (а) и расставаний (б) к моменту второго интервью в зависимости от наличия мыслей о расставании на момент первого интервью, % (численность подвыборки для оценки степени реализации мыслей о расставании составила 1097 браков, из которых разводом закончились 22 брака (2,4 %), и 1139 партнерских союзов, из которых расставанием закончились 32 партнерских союза (2,8 %))

Fig. 10. Accumulated proportion of divorces (a) and separations (b) by the time of the second interview depending on the presence of thoughts about separation at the time of the first interview, % (the size of the subsample for assessing the degree of realisation of thoughts about separation was 1097 marriages of which 22 marriages ended in divorce (2.4 %) and 1139 partnership unions of which 32 partnership unions ended in separation (2.8 %))

Обзор мирового опыта по данной проблематике, а также анализ дифференциации рисков в настоящем исследовании позволяют выделить характеристики, влияющие на риск распада союзов вследствие расставания. К ним относятся тип союза, когорта по времени его формирования, возраст партнеров на момент создания союза, наличие и число детей, факт расставания в прошлом биологических родителей респондентов. Дополнительно риск распада союзов может определяться удовлетворенностью отношениями, различиями в уровне образования (начальное, среднее, высшее), местом проживания (город или сельская местность), уровнем благосостояния, степенью религиозности партнеров и др.

Оценка влияния перечисленных выше характеристик на риск распада союзов в течение 5 лет с момента первого интервью произведена на основе таблиц сопряженности. Распределение браков и партнерских союзов по их исходу в зависимости от дополнительных характеристик представлено на рис. 11. Предварительно ранговые переменные были перекодированы в категориальные переменные с 2–3 градациями значений характеристик в целях повышения вероятности получения статистически значимых различий.

Следует отметить, что в данных опроса об уровне доходов было много пропусков и ошибок, что не позволило использовать их в анализе. По этой причине для определения уровня благосостояния респондентов задавался вопрос: «Как вы сводите концы с концами?», на который они отвечали более охотно. Судя по полученным результатам, нельзя утверждать, что более богатые люди расстаются легче (см. рис. 11, ж и з).

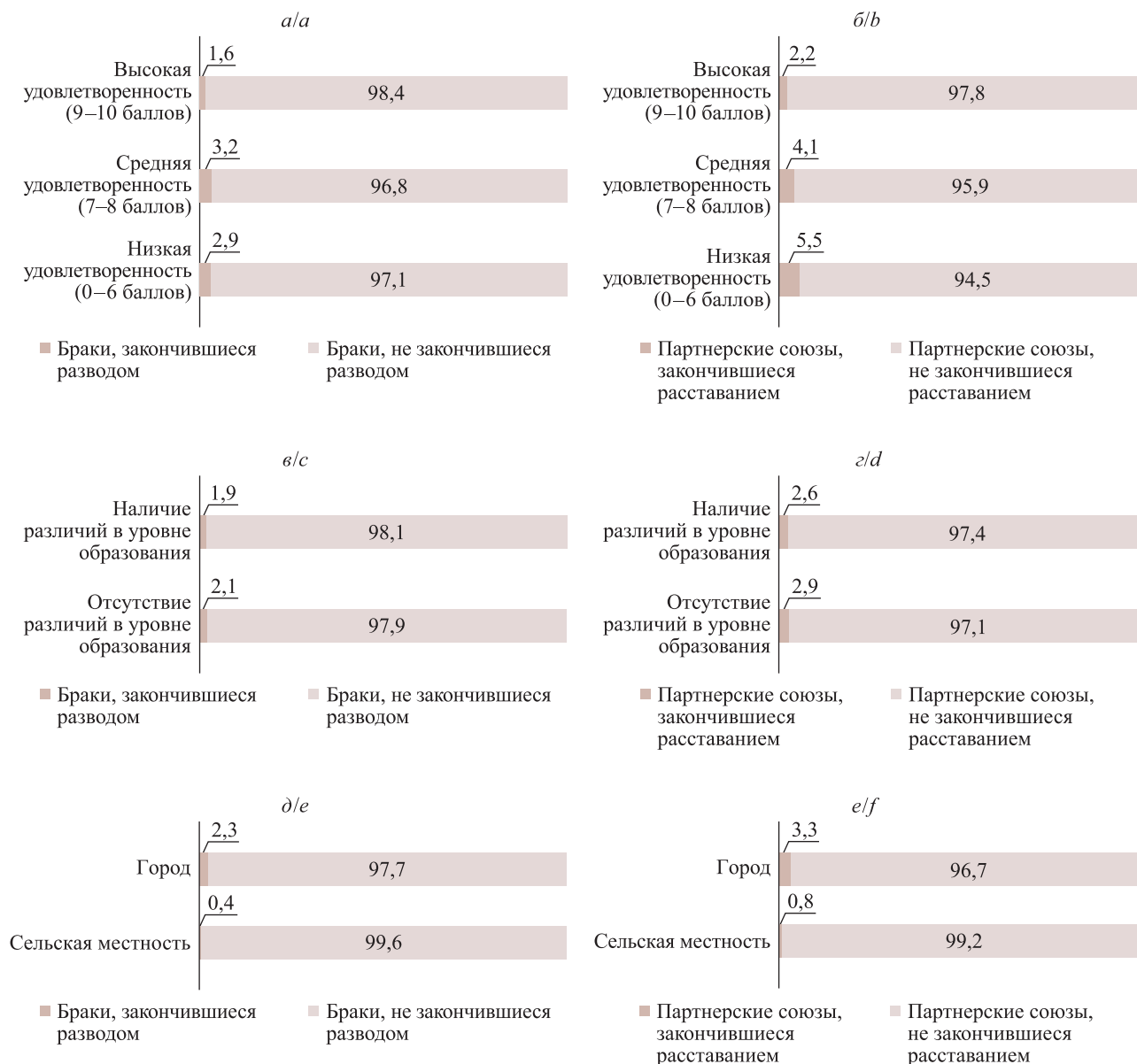


Рис. 11. Распределение браков (а, в, д) и партнерских союзов (б, з, е) по их исходу к моменту второго интервью в зависимости от удовлетворенности отношениями (а, б), различий в уровне образования (в, з) и места проживания (д, е) партнеров на момент первого интервью, % (начало)

Fig. 11. Distribution of marriages (a, c, e) and partnership unions (b, d, f) by their outcome at the time of the second interview depending on satisfaction with the relationship (a, b), differences in educational level (c, d) and place of residence (e, f) of partners at the time of the first interview, % (beginning)



Рис. 11. Распределение браков (ж, u) и партнерских союзов (з, к) по их исходу к моменту второго интервью в зависимости от уровня благосостояния (ответов респондентов на вопрос: «Как вы сводите концы с концами?») (ж, з) и степени религиозности (u, к) партнеров на момент первого интервью, % (окончание)

Fig. 11. Distribution of marriages (g, i) and partnership unions (h, j) by their outcome at the time of the second interview depending on level of well-being (respondents' answers to the question: «How do you make ends meet?») (g, h) and degree of religiosity (i, j) of partners at the time of the first interview, % (ending)

Также не удалось подтвердить гипотезу о том, что различия в уровне образования партнеров увеличивают риск развода или расставания. В целом число разводов и расставаний между двумя интервью по панельной части выборки оказалось крайне мало, поэтому почти по всем группам рассчитанные величины критерия χ^2 и коэффициентов сопряженности оказались статистически незначимыми. Следовательно, в рамках настоящего исследования нельзя утверждать, что перечисленные выше характеристики существенно влияют на риск распада союзов. Исключениями являются такие характеристики, как наличие мыслей о расставании и принадлежность к городскому населению, которые увеличивают риск развода или расставания на уровне статистической значимости 0,05.

Заключение

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы.

1. На фоне стран Европы Беларусь характеризуется высоким уровнем разводимости. Вместе с тем в стране наблюдается территориальная дифференциация между административными районами и городами областного подчинения. Зона более низкой разводимости (менее 2 %) сформировалась преимущественно в Брестской области и ряде районов Минской области. Зона более высокой разводимости (более 4 %) представлена тремя ареалами: 1) центральным (пристоличные районы Минской области); 2) северо-восточным (ряд районов Витебской области); 3) юго-восточным (некоторые районы Гомельской области).
2. Риски распада браков и партнерских союзов в Беларуси возрастают на фоне высокого уровня разводимости, и это явление выступает уязвимой областью демографического развития страны с позиций национальной безопасности. Проанализированные данные о рисках распада браков и партнерских союзов в Беларуси в определенной мере являются отражением рисков распада браков или партнерских союзов в странах Европы. В число таких рисков входят длительность брака или партнерского союза, возраст партнеров на момент его формирования, наличие детей, неблагоприятный семейный опыт

(опыт партнерских отношений) родителей, а также наличие мыслей о разводе или расставании. Риск разрыва увеличивают отсутствие или небольшое число детей, низкая удовлетворенность отношениями, факт расставания родителей респондента, проживание в городе, а не в сельской местности, ранний возраст на момент формирования союза.

3. Оценка риска развода или расставания в зависимости от длительности брака или партнерского союза показала, что максимальный риск смещается на первые годы совместной жизни (прежде всего в партнерских союзах, заключенных после 2010 г.). Для браков максимальный риск развода проявляется с 3-го по 8-й год семейной жизни, для партнерских союзов – после года совместного проживания. Накопленный удельный вес разводов или расставаний к 5, 10, 15 и 20 годам союза выступает важным показателем для оценки риска с точки зрения последствий распада союзов для детей разного возраста.

4. Оценка риска разрыва в зависимости от возраста партнеров на момент вступления в брак или формирования партнерского союза продемонстрировала, что с увеличением возраста партнеров риск распада союза снижается. Данная тенденция не совпадает с выявленными общемировыми закономерностями, в соответствии с которыми при образовании союза в 35 лет и позже риск расставания возрастает по сравнению с риском распада союза, заключенного в возрасте от 25 до 34 лет. Современная тенденция к смещению возраста партнеров на момент создания союза в сторону 25–30 лет уменьшает риск развода или расставания, хотя и ограничивает возможность пары иметь большое число детей.

5. Оценка риска развода или расставания в зависимости от наличия детей в браке или партнерском союзе позволила сделать вывод о том, что наличие детей существенно снижает риски расставания и особенно развода, но они остаются весьма высокими. Доля разводов к 30 годам длительности брака составила 18 % для браков с детьми и 34 % для браков без детей. Отсутствие детей в партнерском союзе повышает риск расставания к 30 годам его длительности с 47 до 73 %.

6. Оценка риска распада партнерского союза в зависимости от неблагоприятного семейного опыта (опыта партнерских отношений) родителей показала следующее: если родители респондента когда-либо расставались, относительный риск того, что партнерский союз их ребенка распадется, возрастает на 58 %. Данный факт говорит о том, что расставание родителей статистически значимо связано с исходом партнерских отношений детей. Влияние неблагоприятного семейного опыта (опыта партнерских отношений) родителей на исход брака их ребенка не такое выраженное: расставание родителей статистически значимо увеличивает риск развода ребенка на 40 %.

7. По результатам настоящего исследования, проведенного в Беларуси, риск распада партнерских союзов значительно превосходит риск распада браков, особенно в первые 8 лет совместной жизни.

8. С учетом приоритетов государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 гг. (подпрограмма «Семья и детство») в части решения проблемы неустойчивости брачных союзов в стране создана система оказания содействия семьям в укреплении брака, расширении форм просвещения родителей по вопросам воспитания, культурного развития и сохранения здоровья детей, подготовки молодежи к семейной жизни. Вместе с тем в связи с большим риском распада партнерских союзов с короткой длительностью рекомендуется создание программ обучения добрых пар в целях долгосрочного повышения качества брака.

Библиографические ссылки

1. Lesthaeghe RJ, Neidert L. The second demographic transition in the United States: exception or textbook example? *Population and Development Review*. 2006;32(4):669–698.
2. Fergusson DM, Horwood LJ, Shannon FT. A proportional hazards model of family breakdown. *Journal of Marriage and Family*. 1984;46(3):539–549.
3. Антипова ЕА, Макаревич ЕЕ. Формы и последствия распада брачных и партнерских союзов. В: Терещенко О, Кучера Т, редакторы. *Беларусь: структура семьи, семейные отношения, репродуктивное поведение. Том 2, Анализ результатов исследования «Покोलения и гендер»*. Минск: Белсэнс; 2018. с. 48–55.
4. Ainsworth MDS, Bell SM, Stayton DJ. Individual differences in the development of some attachment behaviors. *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*. 1972;18(2):123–143.
5. Kelly JB, Emery RE. Children's adjustment following divorce: risk and resilience perspectives. *Family Relations*. 2003;52(4):352–362.
6. Wallerstein JS, Lewis JM. Divorced fathers and their adult offspring: report from a twenty-five-year longitudinal study. *Family Law Quarterly*. 2009;42(4):695–711.
7. Царенко НВ. *Развод родителей глазами детей*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2013. 192 с.
8. Сысенко ВА. *Супружеские конфликты*. Москва: Мысль; 1989. 378 с.
9. Dush CMK, Jang B, Snyder AR. A cohort comparison of predictors of young adult union formation and dissolution in the US. *Advances in Life Course Research*. 2018;38:37–49.
10. Scott SB, Rhoades GK, Stanley SM, Allen ES, Markman HJ. Reasons for divorce and recollections of premarital intervention: implications for improving relationship education. *Couple and Family Psychology: Research and Practice*. 2013;2(2):131–145.

11. Marín RA, Christensen A, Atkins DC. Infidelity and behavioral couple therapy: relationship outcomes over 5 years following therapy. *Couple and Family Psychology: Research and Practice*. 2014;3(1):1–12.
12. Amato PR, DeBoer DD. The transmission of marital instability across generations: relationship skills or commitment to marriage? *Journal of Marriage and Family*. 2001;63:1038–1051.
13. Amato PR, Rogers SJ. A longitudinal study of marital problems and subsequent divorce. *Journal of Marriage and Family*. 1997;59(3):612–624.
14. Gravningen K, Mitchell KR, Wellings K, Johnson AM, Geary R, Jones KG, et al. Reported reasons for breakdown of marriage and cohabitation in Britain: findings from the third national survey of sexual attitudes and lifestyles (Natsal-3). *PLoS One*. 2017;12(3): e0174129.
15. de Graaf PM, Kalmijn M. Divorce motives in a period of rising divorce: evidence from a Dutch life-history survey. *Journal of Family Issues*. 2006;27(4):483–505.
16. Røsand GM, Slinning K, Røysamb E, Tambs K. Relationship dissatisfaction and other risk factors for future relationship dissolution: a population-based study of 18,523 couples. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. 2014;49(1):109–119.
17. Чурилова ЕВ, Захаров СВ. Тенденции прекращения первых брачно-партнерских союзов в России. *Вопросы статистики*. 2021;28(2):54–66.

Получена 28.04.2025 / исправлена 02.08.2025 / принята 02.08.2025.
Received 28.04.2025 / revised 02.08.2025 / accepted 02.08.2025.

К ВОПРОСУ О ТИПОЛОГИИ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В КОНТЕКСТЕ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, Л. О. СУШКЕВИЧ¹⁾

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

Аннотация. На основе официальной статистической информации Национального статистического комитета Республики Беларусь за 1999–2023 гг. проведен пространственно-временной анализ ежегодной динамики численности населения на микрогеографическом уровне (в разрезе 115 городов, 83 городских поселков и 118 административных районов). Теоретической базой исследования выступила концепция демографической устойчивости. С использованием математико-статистического, сравнительно-географического, картографического методов, а также методов группировки, типологической матрицы и ГИС-инструментария установлено, что по сравнению с концом XX в. за 1999–2023 гг. в городских населенных пунктах и сельской местности Республики Беларусь на микрогеографическом уровне усилились пространственная поляризация и дифференциация. Выявлены сходства и различия в динамике численности городского и сельского населения Республики Беларусь на локальном уровне. Сходства заключаются в выделении растущих и убывающих городов и сельских районов при преобладании последних (68 и 97 % соответственно), а также в обнаружении взаимосвязи между численностью населения и ежегодными темпами ее сокращения, которая выражается в более высоких значениях ежегодной убыли в малых городских населенных пунктах (менее 20 тыс. человек) и сельских районах (менее 10 тыс. человек). Различия состоят в установлении более низких ежегодных темпов сокращения численности городского населения по сравнению с сельским населением и выделении стабильных городов, выделении малых городов с устойчивой положительной динамикой численности населения, а также в определении более однородной пространственной картины динамики численности сельского населения по сравнению с более разнородной пространственной картиной динамики численности городского населения. Анализ разработанной сводной типологической матрицы позволил выделить в Республике Беларусь три типа районов в контексте демографической устойчивости: демографически устойчивые районы (4 %), представленные районами Минской области, а также Брестским и Островецким районами; демографически буферные районы (28 %), большая часть которых географически приурочена к Минской, Брестской и Гомельской областям; демографически проблемные (неустойчивые) районы (68 %), преимущественно расположенные в Витебской, Гродненской и Могилёвской областях. Выявленные различия выступают доказательством обоснованности использования типологического подхода на локальном уровне и научным инструментом для применения территориально ориентированного подхода с учетом демографического многообразия при разработке мер государственной политики для обеспечения демографической устойчивости.

Образец цитирования:

Антипова ЕА, Сушкевич ЛО. К вопросу о типологии регионов Республики Беларусь в контексте демографической устойчивости. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:48–64.
EDN: QCFWWE

For citation:

Antipova EA, Sushkevich LO. On the issue of typology of regions of the Republic of Belarus in the context of demographic resilience. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:48–64. Russian.
EDN: QCFWWE

Авторы:

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

Лилия Олеговна Сушкевич – кандидат географических наук; заведующий кафедрой 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.

antipovaeaterina@gmail.com

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

Liliya O. Sushkevich, PhD (geography); head of the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.

zhigalsk.geol@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5313-0170>

Ключевые слова: Республика Беларусь; регионы; демографическая устойчивость; типологическая матрица; пространственная поляризация и дифференциация; типы административных районов по характеру ежегодной динамики численности населения.

Благодарность. Исследование выполнено 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», научно-исследовательская работа «Совершенствование теоретико-методологических основ оценки региональной демографической безопасности и человеческого капитала Республики Беларусь в контексте глобализации мировой экономики» (№ гос. регистрации 20211948)).

ON THE ISSUE OF TYPOLOGY OF REGIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE CONTEXT OF DEMOGRAPHIC RESILIENCE

E. A. ANTIPOVA^a, L. O. SUSHKEVICH^a

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

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

Abstract. Based on the official statistical information of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus for 1999–2023, the spatial and temporal analysis of the annual population dynamics at the micro geographical level (115 cities, 83 urban-type settlements and 118 administrative districts) was carried out. The theoretical basis of the study is the concept of demographic resilience. Using the mathematical-statistical, comparative-geographical, cartographic methods, as well as grouping method, typological matrix and GIS tools, it was found that, compared to the end of the 20th century, over the period 1999–2023, territorial polarisation and differentiation in urban settlements and rural areas of the Republic of Belarus at the micro geographical level increased. Similarities and differences in the dynamics of the urban and rural population of the Republic of Belarus at the local level were revealed. The similarities consist in the identification of growing and shrinking cities and rural areas, with the latter predominating (68 and 97 %, respectively), detection of an identical relationship between the population size and the annual rates of its decline, which is expressed in higher values of annual decline in small urban settlements (less than 20 thsd people) and rural areas (less than 10 thsd people). The differences are establishing lower annual rates of decline in the urban population compared to the rural population and identifying stable cities, identifying small cities with stable positive dynamics, determining a more homogeneous spatial picture of the dynamics of the rural population compared to a more heterogeneous spatial picture of the dynamics of the urban population. The analysis of the developed consolidated typological matrix made it possible to identify three types of districts in the Republic of Belarus in the context of demographic stability: demographically stable districts (4 %), represented by the districts of the Minsk Region, as well as the Brest and Ostrovets regions; demographic buffer districts (28 %), the majority of which are geographically located in the Minsk, Brest and Gomel regions; demographically problematic (instable) districts (68 %), primarily located in the Vitebsk, Grodno and Mogilev regions. The identified differences serve as evidence of the validity of using of the typological approach at the local level and as a scientific tool for using a territorially oriented approach taking into account demographic diversity in developing public policy measures to ensure demographic resilience.

Keywords: Republic of Belarus; regions; demographic stability; typological matrix; territorial polarisation and differentiation; types of administrative districts by the nature of annual population dynamics.

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state scientific research programme «Society and humanitarian security of the Belarusian state» for 2021–2025 (subprogramme «Economy», assignment 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», research work «Improving the theoretical and methodological foundations for assessing regional demographic security and human capital of the Republic of Belarus in the context of the globalisation of the world economy» (state registration No. 20211948)).

Введение

Трансформация демографических процессов в современном мире рассматривается экспертами ООН как одна из мегатенденций, формирующих будущее человечества. Все страны переживают значительные демографические изменения: продолжающийся рост населения в одних частях планеты, старение

и убыль населения – в других, а также ускорение миграции и урбанизации. Важность учета демографического многообразия и динамики численности населения для стимулирования экономического роста и достижения устойчивого развития была подчеркнута на саммите по Международной конференции по народонаселению и развитию (МКНР-25) в Найроби и легла в основу концепции демографической устойчивости¹. Демографически устойчивые общества понимают и могут предвидеть демографические процессы, с которыми они сталкиваются. Подобные структуры обладают навыками, инструментами, политической волей и общественной поддержкой для управления демографическими процессами, чтобы смягчить их потенциально негативные последствия для отдельных людей, социума, экономики и окружающей среды². Эксперты отмечают, что демографическая устойчивость включает в себя способность предсказывать демографические сдвиги, осознавать их последствия и разрабатывать политические меры, основанные на фактических данных с учетом прав человека, и ее достижение должно являться целью государства.

В настоящее время Фондом ООН в области народонаселения реализуется Программа демографической устойчивости для Европы и Центральной Азии³, которая направлена на поддержку и укрепление потенциала стран региона, необходимого для разработки программ в сфере народонаселения и социальной защиты, способствующих реагированию на демографические изменения. Вопросы пространственной поляризации и дифференциации со второй половины XX в. являются весьма актуальными для Республики Беларусь, где существуют принципиальные различия в трендах динамики численности городского и сельского населения, а также в характере динамики численности населения в регионах и административных районах [1–3]. Однако географических исследований демографической устойчивости Республики Беларусь на локальном уровне насчитывается не так много, хотя аспекты устойчивого развития демографического потенциала и человеческого капитала включены во все национальные стратегии устойчивого развития Республики Беларусь (до 1997, 2000, 2020, 2030 и 2035 гг.). Географическое изучение демографической устойчивости и многообразия регионов и административных районов предполагает использование типологического подхода. В связи с этим цель исследования – выявление пространственно-временных тенденций динамики численности населения Республики Беларусь на микрогеографическом уровне за 1999–2023 гг. с последующей разработкой типологии административных единиц в контексте демографической устойчивости.

Материалы и методы исследования

Теоретическая основа исследования. Анализ демографической устойчивости регионов и стран – динамично развивающееся предметное поле научных исследований. В этом контексте рассматриваются аспекты теории устойчивости общества [4]. Активно обсуждаются вопросы о том, в какой группе стран по уровню социально-экономического развития возникают проблемы демографической устойчивости, и делаются выводы, что они характерны для стран не только с сокращающимся, но и с растущим населением [5].

Теоретически обосновывая определение термина «демографическая устойчивость», ученые приходят к тому, что это понятие включает способность населения противостоять трансформациям в демографической структуре под влиянием сопутствующего изменения численности населения и восстанавливаться после них. При исследовании демографической устойчивости вводятся в оборот две ее разновидности – демографическая компенсация и демографическое сопротивление [6].

В ряде научных изысканий особое внимание уделяется процессам, которые способствуют нарушению демографической устойчивости. К таким процессам относится, например, демографическое старение [7]. В связи с этим изучаются возможности повышения демографической устойчивости в стареющем европейском обществе⁴. Обращается внимание на то, что необходимо учитывать влияние трансформации демографических процессов в мире на изменение климата [8].

¹The Nairobi Summit commitments on ICPD25 [Electronic resource]. URL: <https://www.nairobisummiticpd.org/commitments> (date of access: 12.05.2024) ; Demographic resilience at challenging times // The United Nations : website. URL: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesd_pd_2024_cpd57_side_event_ukraine_cn.pdf (date of access: 12.05.2024).

²Strengthening demographic resilience in Europe and Central Asia // The United Nations Population Fund : website. URL: <https://eeca.unfpa.org/en/demographic-resilience-programme> (date of access: 12.05.2024).

³Ibid ; UNFPA launches demographic resilience programme for Europe and Central Asia // Population Europe : website. URL: <https://population-europe.eu/network/news-network/unfpa-launches-demographic-resilience-programme-europe-and-central-asia> (date of access: 12.05.2024).

⁴Gargano M. Demographic jigsaw: puzzling out a resilient EU [Electronic resource] // Egmont policy brief 330. URL: https://www.egmontinstitute.be/app/uploads/2024/01/Maria-Gargano_Policy_Brief_330_vFinal.pdf?type=pdf (date of access: 12.05.2024).

Эмпирическое изучение демографической устойчивости в локальных системах стран Южной Европы (на примере Греции) с использованием данных переписи населения и анализа долгосрочной динамики численности населения доказывает, что привлекательные места с постоянно растущей численностью населения являются демографически устойчивыми, а места, в которых наблюдается снижение численности населения, – более уязвимыми к внешним потрясениям. В исследованиях описываются две контрастные пространственные модели динамики численности населения: 1) постоянное расширение (рост) пригородных территорий; 2) особенно интенсивное сокращение сельских районов, связанное с депопуляцией [9].

Локальный уровень изучения демографической устойчивости предполагает широкое использование геодемографических классификаций (типологий), нацеленных на выявление однородных и разнородных территорий. В экономически развитых странах и ряде развивающихся стран их применение является неотъемлемой частью прикладной демографии. Геодемографические классификации способствуют управлению многими социально-экономическими процессами, а именно содействуют оценке состояния здоровья городов и сельских населенных пунктов, уровня развития жилищной сферы и системы высшего образования, измерению степени неравенства в образовании, анализу возрастного состава населения и исследованию других аспектов жизнедеятельности общества [10–14]. В качестве примера можно привести использование данного инструмента для анализа частоты возникновения пожаров [15], уровня преступности [16], количества ограничивающих долгосрочных заболеваний [17], особенностей формирования зон рабочих мест [18], этнического состава [19].

Следует особо отметить широкий спектр исследований ученых-географов постсоветского пространства в сфере демографической типологии регионов Российской Федерации. Данный факт объясняется тем, что в СССР была сформирована сильная научная школа в области географии населения и расселения. Демографические типологии регионов Российской Федерации имеют прикладную значимость и способствуют выработке практических рекомендаций по ведению государственной политики для улучшения демографической обстановки в условиях сокращения численности населения. Объектами исследования выступают регионы [20; 21], городские агломерации [22] и сельские территории [23; 24] Российской Федерации, Республика Тыва [25], а также Костромская [26], Оренбургская [27] и Воронежская [28] области. Проблематика региональной демографической безопасности и устойчивости является актуальной и для Республики Беларусь [2; 29]. Данный подход, в рамках которого осознается прикладная значимость демографической типологии в практике государственного регулирования и регионального управления, применялся ранее при изучении населения Китая [30; 31]. В настоящем исследовании он используется на локальном уровне. Наряду с этим в последние годы публикуются работы российских ученых, направленные на использование демографических типологий в практике отдельных экономических видов деятельности в условиях демографического старения, например в геронтомаркетинге [32].

Методика исследования. Данное исследование основывалось на главных подходах и принципах экономико-географического изучения населения как объекта социально-экономической географии и состояло из нескольких этапов. Информационной базой выступила официальная статистическая информация Национального статистического комитета Республики Беларусь, находящаяся в открытом доступе⁵. Объектом изучения послужили численность городского и сельского населения 115 городов, 83 городских поселков и 118 административных районов и общая численность населения 118 административных районов. В качестве периода исследования были выбраны 1999–2023 гг. На первом этапе была создана статистическая база данных, содержащая сведения о численности населения за 1999 и 2023 гг. Далее с использованием инструментов *Excel* сделаны расчеты ежегодных темпов роста или сокращения численности населения по указанным выше административным единицам. На втором этапе города, городские поселки и административные районы были сгруппированы по численности городского и сельского населения, административные районы – по общей численности населения в соответствии с двумя критериями: 1) средней людностью населенных пунктов и административных районов; 2) ежегодной динамикой численности населения за 1999–2023 гг. На третьем этапе для всех городов, городских поселков и административных районов были составлены типологические матрицы с использованием двух показателей: 1) численности населения за 2023 г.; 2) темпов ежегодного роста или сокращения численности населения за 1999–2023 гг. Метод типологических матриц широко применяется в экономико-географических исследованиях, что обусловлено возможностью установления взаимосвязи между масштабом явления

⁵Национальный статистический комитет Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.belstat.gov.by/> (дата обращения: 12.05.2024).

и его динамикой [30]. В зависимости от типа расселения и характера динамики численности населения административно-территориальные единицы Республики Беларусь были разделены на растущие, стабильные и убывающие городские населенные пункты, растущие и убывающие городские поселки и административные районы. Исходя из обозначенных пространственно-временных тенденций, характера динамики численности населения и степени проблемности ситуации в контексте демографической устойчивости, были выделены три типа административных районов (демографически устойчивые, демографически буферные и демографически проблемные (неустойчивые)) и выявлены географические особенности распределения типов административных районов в пределах регионов в частности и по Республике Беларусь в целом.

Результаты и их обсуждение

Общие тренды динамики численности населения Республики Беларусь. Демографическое развитие Республики Беларусь в XXI в. характеризуется устойчивой отрицательной динамикой, которая складывается из разнонаправленных трендов численности городского и сельского населения [3]. Согласно данным за 2024 г. из общей численности населения страны (9,155 9 млн человек) в городах проживало 7,198 3 млн человек (78 %), в сельской местности – 1,957 6 млн человек (22 %). Ежегодное сокращение общей численности населения страны за 2000–2023 гг. составило 0,4 %. Сравнительная динамика численности городского и сельского населения Республики Беларусь в 2000–2023 гг. представлена на рис. 1.

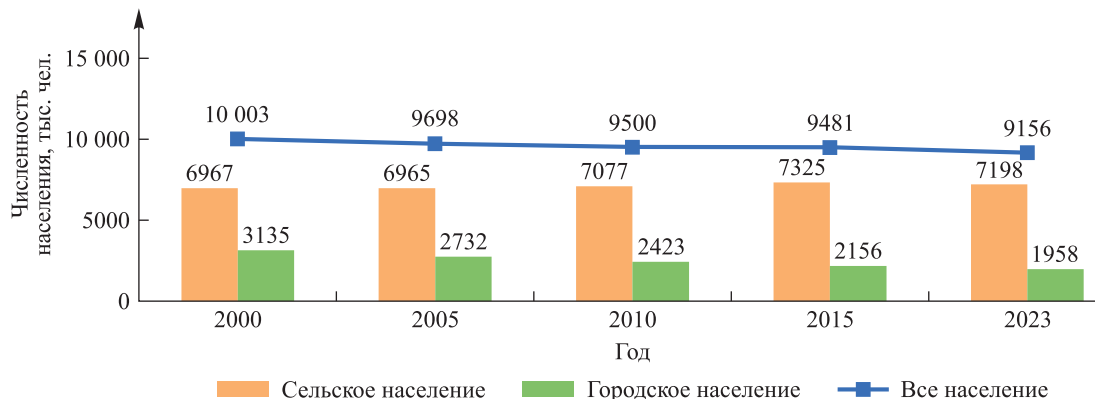


Рис. 1. Динамика численности населения Республики Беларусь в 2000–2023 гг. (составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 1. Dynamics of the population of the Republic of Belarus in 2000–2023 (compiled based on data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

Отрицательная динамика численности населения Республики Беларусь формируется за счет устойчивого сокращения численности сельского населения. С начала XXI в. значение данного показателя ежегодно уменьшается на 1,6 %. Численность городского населения в целом показывает ежегодный рост (0,1 %). Однако следует отметить, что начиная с 2015 г., когда в репродуктивный возраст вступила малочисленная группа населения (рожденные в 1990-х гг.), численность городского населения также стала сокращаться (см. рис. 1).

В основе различий динамики численности городского и сельского населения лежат несколько причин. Прежде всего влияние оказывает общее истощение демографического потенциала сельской местности Республики Беларусь, начавшееся еще в 1960-х гг. вследствие индустриального и урбанизационного бума, интенсивной миграции преимущественно молодого трудоспособного населения. Между городской и сельской местностью по-прежнему сохраняются диспропорции в социально-экономическом развитии, которые вызывают отток малочисленного сельского молодого трудоспособного населения в города.

Пространственная дифференциация и типологические характеристики демографической динамики Республики Беларусь. Для государства типична пространственная дифференциация демографической динамики, которая проявляется более значительно при переходе от высшего пространственного уровня к низшему [2]. В Республике Беларусь насчитываются четыре уровня пространственной диф-

ференциации: 1) регионы; 2) административные районы; 3) городские населенные пункты; 4) сельские районы.

Исследования в области региональной дифференциации демографического развития Республики Беларусь до 2014 г. свидетельствуют о выделении на территории страны трех зон в контексте демографической устойчивости [2]: 1) зоны устойчивой благоприятной демографической ситуации, включающей столично-центральный регион (Минская область); 2) зоны относительно благоприятной демографической ситуации, включающей Полесский регион (Брестская и Гомельская области); 3) зоны неблагоприятной демографической ситуации, включающей северный, западный и восточный регионы (Витебская, Гродненская и Могилёвская области). За последние 10 лет в демографической динамике регионов Республики Беларусь произошли пространственно-временные сдвиги. Однако они подтверждают выявленные ранее различия.

Регионы страны отличаются поляризацией по характеру динамики численности населения. Среди них выделяются регионы с положительной динамикой численности населения (г. Минск) и регионы с отрицательной динамикой численности населения (административные области) (табл. 1). За 2000–2023 гг. численность населения столицы увеличилась на 18,4 %. С конца XX в. до 2020 г. значение данного показателя росло примерно на 0,8 % в год. Однако после 2021 г., когда в г. Минске проживало 2,009 8 млн человек, оно начало сокращаться, и к началу 2024 г. численность населения столицы достигла 1,992 9 млн человек. В основе этой тенденции лежит фактор внешней миграции. Таким образом, за последние 4 года численность населения г. Минска уменьшилась на 0,8 %.

Таблица 1

**Региональная динамика численности населения
Республики Беларусь в 2000–2023 гг.**

Table 1

**Regional dynamics of the population
of the Republic of Belarus in 2000–2023**

Регион	Численность населения, млн чел.		Общий рост или сокращение численности населения за 2000–2023 гг., %	Ежегодный рост или сокращение численности населения за 2000–2023 гг., %
	2000 г.	2023 г.		
Брестская область	1,481 9	1,308 6	–11,7	–0,5
Витебская область	1,366 4	1,081 9	–20,8	–0,9
Гомельская область	1,538 8	1,338 6	–13,0	–0,6
Гродненская область	1,178 3	0,992 5	–15,8	–0,7
Минская область	1,547 4	1,460 3	–5,6	–0,2
г. Минск	1,683 2	1,992 9	18,4	0,8
Могилёвская область	1,206 5	0,981 1	–18,7	–0,8
<i>Республика Беларусь</i>	<i>10,002 5</i>	<i>9,155 9</i>	<i>–8,5</i>	<i>–0,4</i>

Примечание. Составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Отрицательная динамика численности населения регионов характеризуется дифференциацией. При среднем сокращении численности населения административных областей за 2000–2023 гг. на 14 % в Республике Беларусь выделяются регионы с темпами сокращения численности населения ниже среднего и регионы со значением данного показателя выше среднего. Первую группу образуют Брестская и Гомельская области с сокращением численности населения на 11,7 и 13,0 % соответственно. По результатам предыдущих исследований эти регионы с более низкими демографическими потерями также помещались в одну группу. Сюда же следует отнести Минскую область. За 2000–2023 гг. численность ее населения сократилась на 5,6 %, что практически в 2 раза меньше аналогичных показателей в областях Полесского региона. Данный факт обусловлен

процессами субурбанизации в пристоличной области, высокими темпами роста малых городов в зоне влияния столицы и увеличением численности сельского населения. Вторую группу образуют Витебская, Гродненская и Могилёвская области с сокращением численности населения на 20,8; 15,8 и 18,7 % соответственно. Эти регионы по-прежнему характеризуются наибольшими потерями населения.

В целом, как и в начале XXI в., неравномерность распределения населения по территории страны сохраняется. Однако в Гродненской и Могилёвской областях в настоящее время проживают менее 1,0 млн человек, в Витебской области – немногим более 1,0 млн человек, в то время как на Брестскую и Гомельскую области приходится более 2,6 млн человек и на столицу – около 2,0 млн человек (см. табл. 1).

На локальном, микрогеографическом уровне анализ проведен в разрезе населения городов, городских поселков и сельского населения административных районов Республики Беларусь. Исследование динамики численности городского населения позволило выявить несколько тенденций. При этом отметим, что в структуре городского расселения страны преобладают малые города (66 %). Первой тенденцией выступает поляризация городов по характеру динамики численности населения в 2000–2023 гг. В этом отношении городские населенные пункты Республики Беларусь отличаются разнонаправленным изменением численности населения. Среди них выделяются три типа. Первый тип образуют растущие города с положительной динамикой численности населения (значения ее ежегодного роста варьируют от 0,1 до 2,0 % и более). Второй тип представлен стабильными городами, в которых за 24 года численность населения практически не изменилась. Третий тип включает убывающие города с отрицательной динамикой численности населения (значения ее ежегодного сокращения варьируют от 0,1 до 1,0 % и более). Вторая тенденция динамики численности городского населения состоит в преобладании убывающих городов (табл. 2). В структуре городов Республики Беларусь они составляют 68 %. Устойчивой положительной динамикой численности населения характеризуются 22 % городов, стабильной – 10 % городов.

С использованием метода типологической матрицы городские населенные пункты Республики Беларусь были разделены в зависимости от их класса по людности и ежегодной динамике численности населения (см. табл. 2). Средние темпы роста численности населения и темпы роста численности населения ниже среднего отмечены во всех классах городов по степени людности. Однако среди них особое место занимают региональные центры, а также города с крупными индустриальными градообразующими предприятиями (например, города Лида, Жлобин, Жодино) (см. табл. 2, рис. 2). Интерес представляет третья выявленная тенденция, заключающаяся в устойчивом росте (выше 2 % в год) за 1999–2023 гг. численности населения отдельных малых городов Республики Беларусь. Именно эта группа городов доминирует в структуре растущих городов (56 %).

Среди малых растущих городов Республики Беларусь выделяются города, находящиеся в зоне влияния столицы. К ним относятся города Заславль и Фаниполь. Также к указанному типу городов принадлежат города с брендовыми устойчиво развивающимися предприятиями экспортного значения по производству мясо-молочной продукции, кондитерских изделий, сахара, одежды и др. Например, в г. Старые Дороги действуют Стародорожский производственный участок ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат», ООО «Формэль», ПУП «Стародорожский плодоовощной завод» ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат», в г. Наровле работает кондитерская фабрика «Красный мозырянин», в г. Жабинке – ОАО «Жабинковский сахарный завод». В данную группу вошли также г. Островец, рост численности населения которого обусловлен строительством атомной электростанции и развитием социальной инфраструктуры, и г. Ошмяны, обеспечивающий функционирование инфраструктуры пограничной зоны (см. рис. 2). Эта категория малых растущих городов должна выступить объектом постоянного мониторинга для сохранения дальнейшего устойчивого демографического развития.

Четко прослеживается зависимость между численностью населения убывающих городов и темпами ее ежегодного сокращения. Наибольшее количество городов с ежегодным сокращением численности населения относятся к малым городам (менее 20 тыс. человек) (см. табл. 2, рис. 2). Подобные города также следует подвергать регулярному мониторингу для разработки конкретных рекомендаций по ведению государственной политики для сохранения их демографического потенциала.

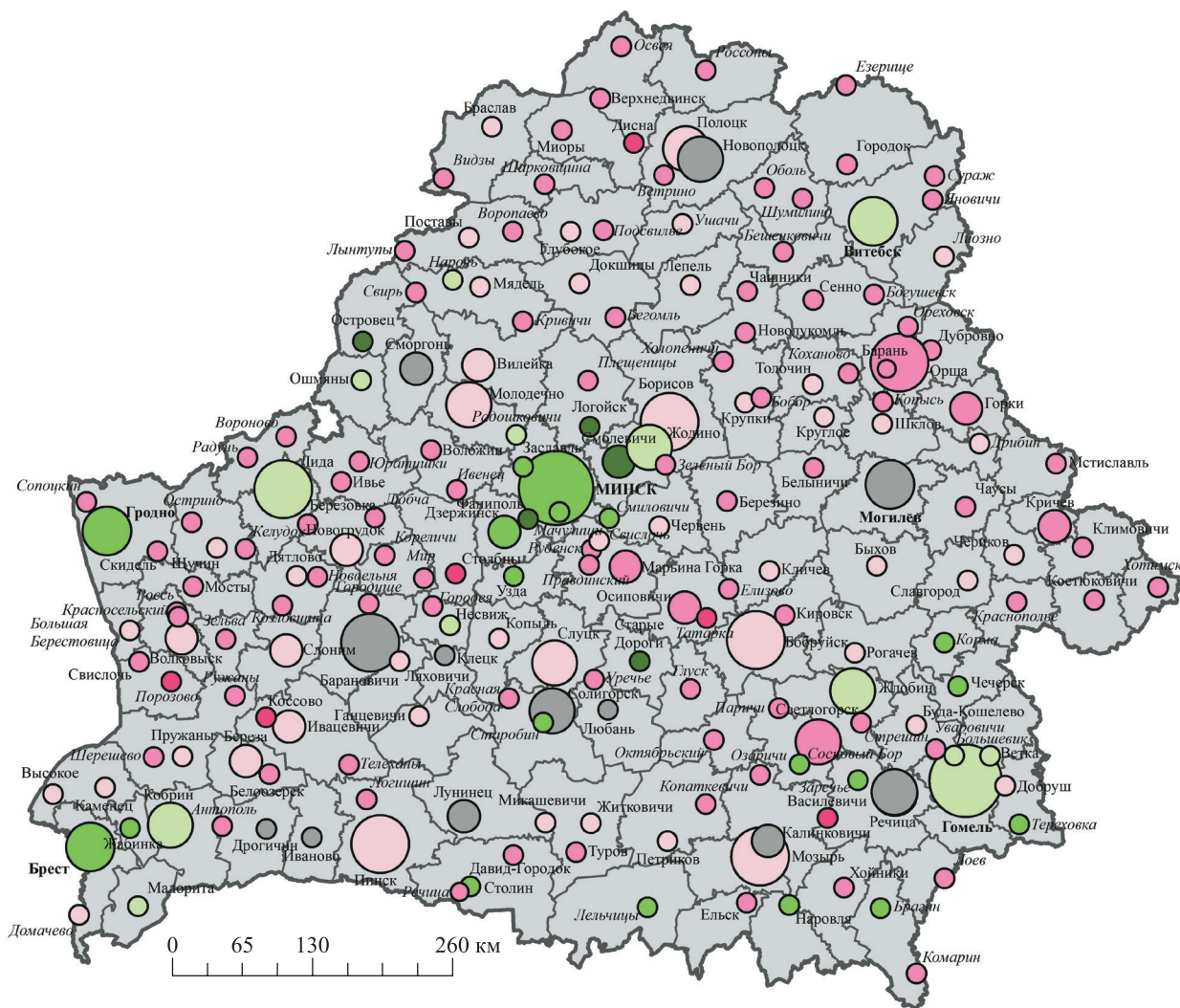
Как и города, городские поселки Республики Беларусь поляризованы по характеру динамики численности населения (см. рис. 2). Однако здесь сильнее выражается трансформация структуры в сторону преобладания населенных пунктов с сокращением численности населения (80 %) и значения ежегодной убыли являются более высокими (от 1–2 %).

Распределение городов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики численности населения в 1999–2023 гг.

Distribution of cities of the Republic of Belarus by the nature of annual population dynamics in 1999–2023

Группы городов по численности населения	Типы городов по характеру ежегодной динамики численности населения					
	Тип 1. Растущие города			Тип 2. Стабильные города (рост и сокращение численности населения до 0,1 % в год)		
	Подтип 1.1 (рост численности населения на 0,1–0,5 % в год)	Подтип 1.2 (рост численности населения на 0,5–2,0 % в год)	Подтип 1.3 (рост численности населения на 2,0 % и более в год)	Подтип 3.1 (сокращение численности населения на 0,1–0,5 % в год)	Подтип 3.2 (сокращение численности населения на 0,5–1,0 % в год)	Подтип 3.3 (сокращение численности населения на 1,0 % и более в год)
Крупнейшие города (более 500 тыс. чел.)	Гомель	Минск	–	–	–	–
Крупные города (100–500 тыс. чел.)	Витебск, Лида	Брест, Гродно	–	Барановичи, Могилёв	Орша, Барань	–
Средние города (50–100 тыс. чел.)	Кобрин, Жлобин, Жодино	–	–	Новополоцк, Молодечно, Слуцк	Светлогорск	–
Полусредние города (20–50 тыс. чел.)	–	Дзержинск	Смолевичи	Береза, Ивацевичи, Волковыск, Новогрудок, Слоним, Вилейка	Марьина Горка, Горки, Кричев, Осиповичи	–
Малые города (менее 20 тыс. чел.)	Малорита, Ветка, Ошмяны, Несвиж	Жабинка, Столин, Наровля, Чечерск, Заславль, Узда	Островец, Фаниполь, Логойск, Старые Дороги	Ганцевичи, Каменец, Микашевичи, Ляховичи, Пружаны, Высокое, Браслав, Глубокое, Докшицы, Лепель, Поставы, Толочин, Буда-Кошелево, Добруш, Житковичи, Петриков, Рогачев, Дятлово, Щучин, Копыль, Крупки, Мядель, Червень, Быхов, Кличев, Круглое, Славгород, Чериков, Шклов	Белоозерск, Давид-Городок, Верхнедвинск, Городок, Дубровно, Миоры, Сенно, Чашники, Новолукомль, Ельск, Туров, Хойники, Скидель, Ивье, Березовка, Мосты, Свислочь, Березино, Воложин, Бельиничи, Кировск, Климовичи, Костюковичи, Мстиславль, Чаусы	Коссово, Дисна, Василевичи, Столбцы
Всего по типам, ед. (%)	25 (22)			12 (10)	78 (68)	

Примечания: 1. Составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь. 2. Светло-зеленым фоном выделены растущие города с численностью населения более 20 тыс. человек, зеленым фоном – малые растущие города, серым фоном – стабильные города, светло-розовым фоном – убывающие города с численностью населения более 20 тыс. человек, розовым фоном – малые убывающие города.



МИНСК Столица
Брест Областные центры
Пинск Города
Лельчицы Городские (рабочие) поселки

Численность населения городов и городских поселков, тыс. чел.



Типы городов по характеру ежегодной динамики численности населения в 1999–2023 гг.

Тип 1. Растущие города

- Подтип 1.1 (рост численности населения на 0,1–0,5 % в год)
- Подтип 1.2 (рост численности населения на 0,5–2,0 % в год)
- Подтип 1.3 (рост численности населения на 2,0 % и более в год)
- Тип 2. Стабильные города (рост и сокращение численности населения до 0,1 % в год)

Тип 3. Убывающие города

- Подтип 3.1 (сокращение численности населения на 0,1–0,5 % в год)
- Подтип 3.2 (сокращение численности населения на 0,5–1,0 % в год)
- Подтип 3.3 (сокращение численности населения на 1,0 % и более в год)

Типы городских поселков по характеру ежегодной динамики численности населения в 1999–2023 гг.

Тип 1. Растущие городские поселки

- Подтип 1.1 (рост численности населения на 0,5 % и менее в год)
- Подтип 1.2 (рост численности населения на 0,5 % и более в год)

Тип 2. Убывающие городские поселки

- Подтип 2.1 (сокращение численности населения на 0,1–0,5 % в год)
- Подтип 2.2 (сокращение численности населения на 0,5–2,0 % в год)
- Подтип 2.3 (сокращение численности населения на 2,0 % и более в год)

Рис. 2. Распределение городских населенных пунктов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики численности населения в 1999–2023 гг. (составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 2. Distribution of urban settlements of the Republic of Belarus by the nature of annual population dynamics in 1999–2023 (compiled based on data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

Анализ динамики численности сельского населения административных районов Республики Беларусь в 1999–2023 гг. на микрогеографическом уровне позволил выделить ряд отличительных и схожих с динамикой численности населения городских населенных пунктов пространственно-временных тенденций. Первая из них проявляется в сохранении поляризации и вычленении двух типов районов – растущих и убывающих. Однако вторая тенденция состоит в том, что сельская местность в пространственном плане более однородна по характеру динамики численности населения по сравнению с городской местностью. В структуре страны убывающие и растущие административные районы находятся в соотношении 97 : 3. Типологическая матрица, разработанная для 118 административных районов (табл. 3), учитывает взаимосвязь между численностью сельского населения и ее ежегодной убылью и свидетельствует о более высоких темпах ежегодного сокращения численности сельского населения в административных районах с малой численностью (менее 10 тыс. человек). В этом заключается третья тенденция, и она совпадает с трендом динамики численности городского населения. Самую проблемную группу с позиций демографической устойчивости образуют 38 % административных районов Республики Беларусь, в которых значение ежегодной убыли сельского населения превышает 1–2 % в год, а численность сельского населения составляет менее 10 тыс. человек (рис. 3).

Наибольшее количество убывающих административных районов с низкой численностью сельского населения представлено в Могилёвской, Гродненской и Витебской областях. Единичные районы данной группы расположены в Брестской области. При этом они отсутствуют в Минской области, что доказывает положительное влияние фактора столичности экономико-географического положения на демографическое развитие сельской местности области. Четвертой тенденцией является увеличение по сравнению с 1995 г. количества административных районов с положительной динамикой численности сельского населения. Так, 10 лет назад в число растущих административных районов входил только Минский район [2]. В настоящее время их насчитывается четыре (Минский и Смолевичский районы в Минской области, Брестский район в Брестской области и Мозырский район в Гомельской области) (см. рис. 3).

Данная тенденция доказывает, что в Республике Беларусь протекает процесс рурбанизации – распространения городских форм и условий жизни на сельскую местность в районах, находящихся в зоне влияния крупных городов и региональных центров. Названный процесс связан в том числе с миграцией населения из крупных городов.

Полученные результаты свидетельствуют о значительных количественных и пространственных различиях между городским и сельским населением Республики Беларусь. Этот вывод доказывался в более ранних публикациях [1; 3]. Однако сейчас, когда численность населения страны продолжает сокращаться (в том числе в городах, чего некоторое время назад не наблюдалось), вопросы учета территориальных и региональных различий при разработке мер государственной демографической и социально-экономической политики приобретают особую актуальность. Поэтому при обобщении полученных результатов по городскому и сельскому населению были разработаны сводный типограф и карта (табл. 4, рис. 4), которые позволяют получить вывод в области прикладной демографии об устойчивых, буферных и проблемных (неустойчивых) районах и регионах в контексте демографической устойчивости.

К демографически устойчивым относятся 7 административных районов Республики Беларусь (6 %). При этом из них 4 административных района расположены в Минской области (пристоличье), 2 административных района – в Брестской и Гомельской областях и 1 административный район находится в Гродненской области. Они характеризуются ежегодным ростом численности населения и численностью населения свыше 20 тыс. человек.

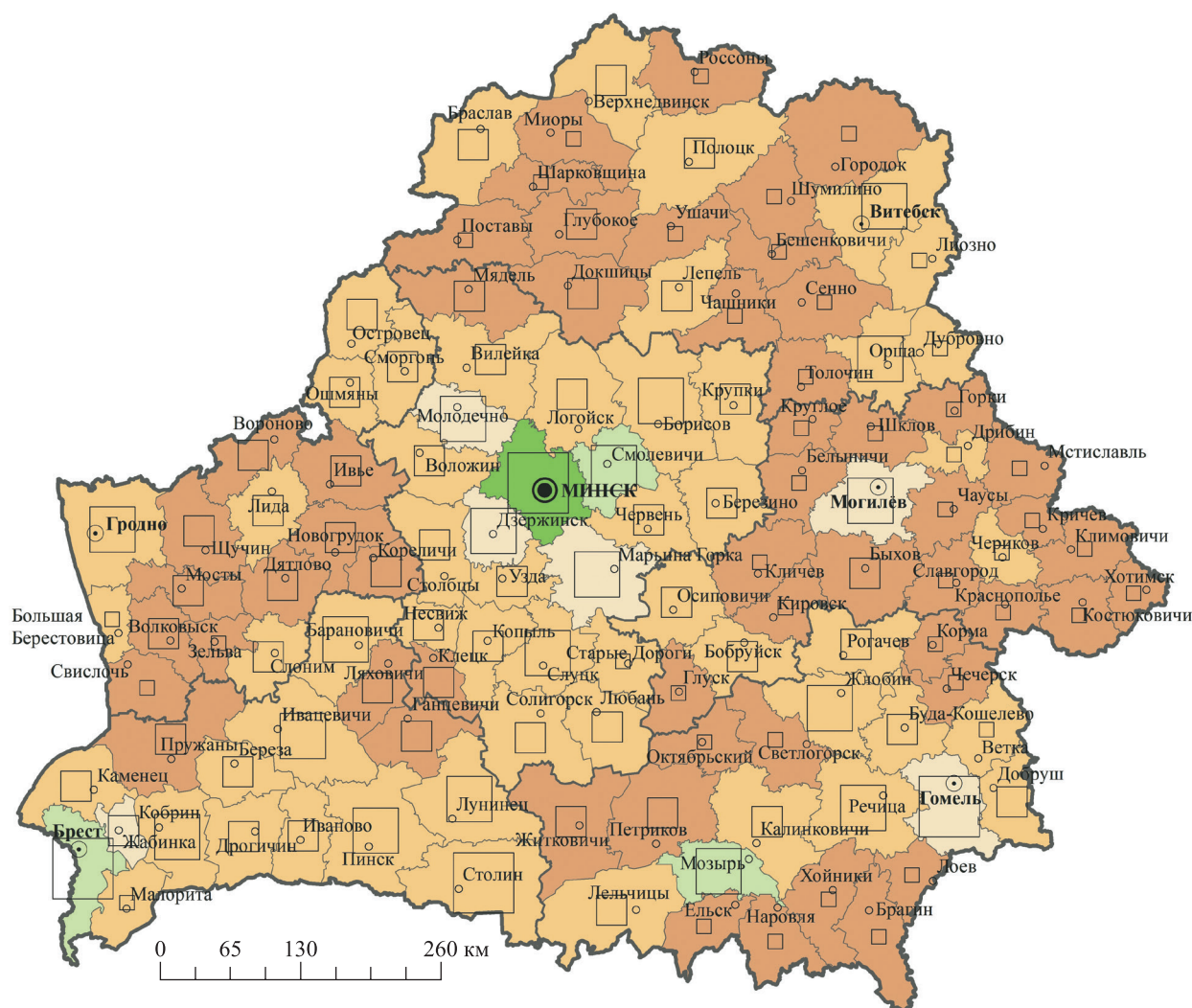
В число демографически проблемных (неустойчивых) входят 80 административных районов страны (68 %). К демографически проблемным (неустойчивым) районам первой категории относится абсолютное большинство административных районов Республики Беларусь (72). Как было доказано выше, они имеют небольшую численность населения и могут быть оценены как наиболее неблагоприятные с точки зрения демографической устойчивости. Демографически проблемные (неустойчивые) районы второй категории, представленные средними и крупными административными районами с высокими значениями ежегодной убыли, являются не менее проблемной группой. Так, лишь в 8 административных районах Республики Беларусь проживают свыше 50 тыс. человек, при этом численность населения в этих районах ежегодно сокращается на 1 % и более. Из них 3 административных района находятся в Витебской области.

К демографически буферным (промежуточным) относится 31 административный район Республики Беларусь (28 %). К таким районам причисляются достаточно крупные административные районы (более 50 тыс. человек) со средними значениями ежегодной убыли или значениями данного показателя ниже среднего (менее 1,0 %). Географически они расположены преимущественно в Минской, Брестской и Гомельской областях.

Таблица 3
Распределение административных районов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики численности сельского населения в 1999–2023 гг.
Table 3
Distribution of administrative regions of the Republic of Belarus by the nature of the annual dynamics of the rural population in 1999–2023

Группы административных районов по численности населения	Типы административных районов по характеру ежегодной динамики численности сельского населения					
	Тип 1. Растущие административные районы		Тип 2. Убывающие административные районы			
	Подтип 1.1 (рост численности населения на 2,0 % и менее в год)	Подтип 1.2 (рост численности населения на 2,0 % и более в год)	Подтип 2.1 (сокращение численности населения на 1,0 % и менее в год)	Подтип 2.2 (сокращение численности населения на 1,0–2,0 % в год)	Подтип 2.3 (сокращение численности населения на 2,0 % и более в год)	
Крупные административные районы (более 40 тыс. чел.)	Брестский	Минский	Гомельский	Столинский	–	
Средние административные районы (20–40 тыс. чел.)	Мозырский, Смолевичский	–	Дзержинский, Молодечненский, Пуховичский, Могилёвский	Барановичский, Ивацевичский, Кобринский, Лунинецкий, Пинский, Витебский, Оршанский, Жлобинский, Речицкий, Гродненский, Борисовский, Слуцкий, Березовский, Ивановский, Дрогичинский, Каменецкий, Браславский, Верхнедвинский, Лепельский, Полоцкий, Буда-Кошелевский, Добрушский, Калинковичский, Лельчицкий, Рогачевский, Лидский, Островецкий, Опшмянский, Слонимский, Сморгонский, Вилейский, Березинский, Воложинский, Копыльский, Крупский, Логойский, Любанский, Несвижский, Солигорский, Столбцовский, Узденский, Червенский, Бобруйский, Осиповичский	–	Ганцевичский, Ляховичский, Пружанский, Глубокский, Докшицкий, Житковичский, Петриковский, Волковысский, Вороновский, Дятловский, Ивьевский, Кореличский, Мостовский, Новогрудский, Щучинский, Клецкий, Мядельский, Быховский
Мелкие административные районы (менее 10 тыс. чел.)	–	–	Жабинковский	Малоритский, Дубровенский, Лиозненский, Ветковский, Берестовицкий, Стародорожский, Дрибинский, Чериковский	Бешенковичский, Городокский, Миорский, Постаковский, Россонский, Сенненский, Толочинский, Ушачский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский, Брагинский, Ельский, Кормянский, Лоевский, Наровлянский, Октябрьский, Светлогорский, Хойникский, Чечерский, Зельвенский, Свислочьский, Бельничский, Глусский, Горецкий, Кировский, Климовичский, Кличевский, Костоковичский, Чаусский, Краснопольский, Кричевский, Круглянский, Мстиславский, Славгородский, Хотимский, Шкловский	
Всего по типам, ед. (%)	4 (3)		114 (97)			

Примечания: 1. Составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь. 2. Светло-зеленым фоном выделены растущие демографически устойчивые районы, голубым – убывающие демографически проблемные (неустойчивые) районы, светло-розовым фоном – убывающие чрезвычайно демографически проблемные (неустойчивые) районы.



Типы административных районов по характеру ежегодной динамики численности сельского населения в 1999–2023 гг.

Тип 1. Растущие административные районы

- Подтип 1.1 (рост численности населения на 2,0 % и менее в год)
- Подтип 1.2 (рост численности населения на 2,0 % и более в год)

Тип 2. Убывающие административные районы

- Подтип 2.1 (сокращение численности населения на 1,0 % и менее в год)
- Подтип 2.2 (сокращение численности населения на 1,0–2,0 % в год)
- Подтип 2.3 (сокращение численности населения на 2,0 % и более в год)

Административные районы по численности сельского населения

- Крупные административные районы (более 40 тыс. чел.)
- Средние административные районы (20–40 тыс. чел.)
- Малые административные районы (10–20 тыс. чел.)
- Мелкие административные районы (менее 10 тыс. чел.)

Рис. 3. Распределение административных районов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики численности сельского населения в 1999–2023 гг. (составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь)

Fig. 3. Distribution of administrative regions of the Republic of Belarus by the nature of the annual dynamics of the rural population in 1999–2023 (compiled based on data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus)

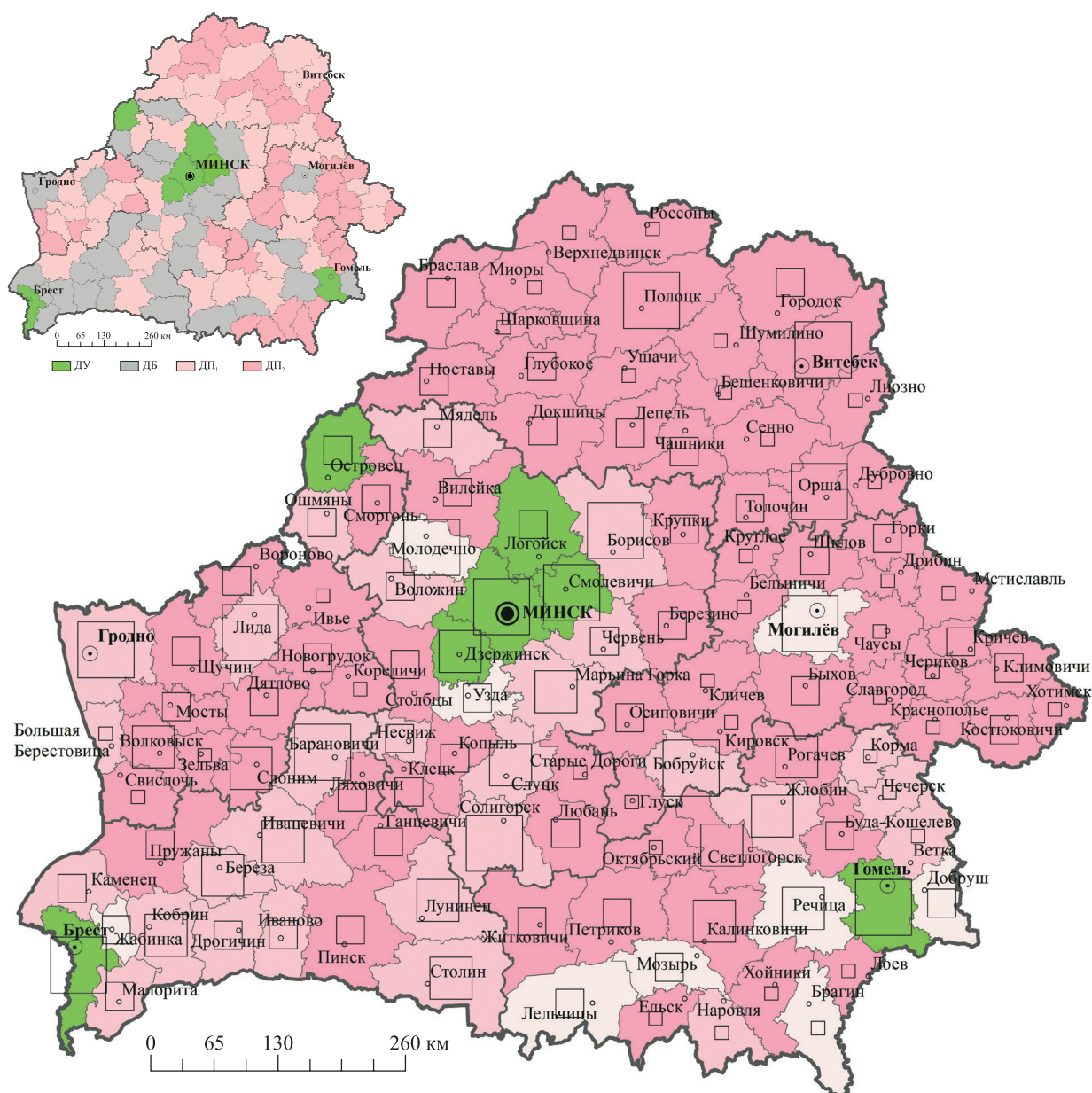
Распределение административных районов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики общей численности населения в 1999–2023 гг.

Table 4

Distribution of administrative districts of the Republic of Belarus by the nature of the annual dynamics of the total population in 1999–2023

Группы административных районов по численности населения	Типы административных районов по характеру ежегодной динамики общей численности населения		
	Тип 1. Растущие административные районы	Тип 2. Убывающие административные районы	
		Подтип 2.1 (сокращение численности населения на 0,5 % и менее в год)	Подтип 2.2 (сокращение численности населения на 0,5–1,0 % в год)
Крупные административные районы (более 100 тыс. чел.)	Брестский, Гомельский, Минский, Смоленский	Молодечненский, Могилёвский	Барановичский, Гродненский, Лидский, Борисовский, Солигорский, Бобруйский
Средние административные районы (50–100 тыс. чел.)	Дзержинский	Речицкий	Березовский, Ивацевичский, Кобринский, Лунинецкий, Столинский, Жлобинский, Пуховичский, Слуцкий
Полусредние административные районы (20–50 тыс. чел.)	Островецкий, Логойский	Жабинковский, Добрушский, Лельчицкий, Мозырский, Узденский	Дрогичинский, Ивановский, Каменецкий, Малоритский, Ошмянский, Воложинский, Мядельский, Несвижский, Червенский
Малые административные районы (менее 20 тыс. чел.)	–	Брагинский	Ветковский, Кормянский, Наровлянский, Чечерский, Берестовицкий
Всего по типам, ед. (%)	7 (6)	111 (94)	

Примечания: 1. Составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь. 2. Светло-зеленым фоном выделены демографически устойчивые районы, серым фоном – демографически проблемные районы, светло-розовым фоном – демографически проблемные (неустойчивые) районы первой категории, розовым фоном – демографически проблемные (неустойчивые) районы второй категории.



Типы административных районов по характеру ежегодной динамики численности сельского населения в 1999–2023 гг.

- Тип 1. Растущие административные районы
- Тип 2. Убывающие административные районы
 - Подтип 2.1 (сокращение численности населения на 0,5 % и менее в год)
 - Подтип 2.2 (сокращение численности населения на 0,5–1,0 % в год)
 - Подтип 2.3 (сокращение численности населения на 1,0 % и более в год)

Административные районы по численности сельского населения

- Крупные административные районы (более 100 тыс. чел.)
- Средние административные районы (50–100 тыс. чел.)
- Полусредние административные районы (20–50 тыс. чел.)
- Малые административные районы (менее 20 тыс. чел.)

Рис. 4. Распределение административных районов Республики Беларусь по характеру ежегодной динамики общей численности населения в 1999–2023 гг. (составлено по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь).
Использованные обозначения: ДУ – демографически устойчивые районы; ДБ – демографически буферные районы; ДП₁ – демографически проблемные (неустойчивые) районы первой категории; ДП₂ – демографически проблемные (неустойчивые) районы второй категории

Fig. 4. Distribution of administrative districts of the Republic of Belarus by the nature of the annual dynamics of the rural population in 1999–2023 (compiled based on data from the National Statistical Committee of the Republic of Belarus).
Designations used: ДУ – demographically stable districts; ДБ – demographically buffer districts; ДП₁ – demographically problematic (unstable) districts of the first category; ДП₂ – demographically problematic (unstable) districts of the second category

Обобщив полученные результаты, на территории Республики Беларусь можно выделить три типа регионов в контексте демографической устойчивости: 1) демографически устойчивые регионы; 2) демографически относительно устойчивые регионы; 3) демографически проблемные (неустойчивые) регионы. Первую группу образуют Минская область и г. Минск. Вторую группу формирует Полесский регион (исключая северо-западные районы Гомельской области). Третья группа включает Витебскую, Гродненскую и Могилёвскую области, кроме отдельных районов с положительной динамикой численности населения, которые были описаны выше.

Учет территориальных различий в динамике численности населения Республики Беларусь важен для разработки направлений государственной демографической политики. Применительно к выделенным регионам с позиций демографической устойчивости предлагались три стратегии их развития: 1) стратегия активизации развития; 2) стратегия стимулирования и включения потенциала саморазвития; 3) стратегия реабилитации и адресной поддержки. Учитывая тенденцию демографического старения, которая характерна для всех административных районов Республики Беларусь, для упомянутых регионов рекомендуется использовать также дополнительные механизмы сохранения демографической устойчивости и учитывать опыт проведения мероприятий по государственной поддержке провинций Китая с интенсивным старением, успешно реализуемых в стране с еще более значительной пространственной дифференциацией демографических процессов [33].

В целом типологическое выделение однородных и разнородных административных районов и регионов выступает научно обоснованным инструментом прикладной демографии, необходимым для решения многих задач социально-экономического характера, а именно для обеспечения демографической устойчивости: создания новых предприятий или филиалов крупных предприятий в проблемных регионах, перераспределения трудовых ресурсов, проведения маркетинговых исследований на рынке недвижимости, в сфере социальной защиты населения, здравоохранения, образования и др.

Заключение

Проведенное исследование, результатом которого стало выявление пространственно-временных тенденций динамики численности населения Республики Беларусь, позволяет сделать несколько ключевых выводов.

1. Выявленные пространственная поляризация и дифференциация по характеру динамики численности населения Республики Беларусь в 1999–2023 гг. обусловили выделение следующих типов городских и сельских населенных пунктов и административных районов: растущих, стабильных (только города) и убывающих населенных пунктов и административных районов с преобладанием последних.

2. Принципиальные различия в характере динамики численности городского и сельского населения, заключающиеся в меньших средних значениях ежегодной убыли городского населения и большем количестве городов с ежегодной положительной динамикой численности населения по сравнению с сельскими населенными пунктами, доказывают существование потенциала демографической устойчивости в городах страны. Более чем каждый пятый город Республики Беларусь отличается положительной динамикой численности населения. Данный тезис касается преимущественно региональных центров, городов, находящихся в зоне влияния региональных центров, и малых городов с устойчивой социально-экономической динамикой, а также со сложившейся хозяйственной специализацией, обеспечивающей экспортную ориентацию. Географически большая часть таких городов сосредоточены в Минской, Гомельской и Брестской областях. В сельской местности 97 % административных районов характеризуются отрицательной ежегодной динамикой численности населения. К ним относятся в основном малые по численности населения административные районы (менее 20 тыс. человек), расположенные в Витебской, Гродненской и Могилёвской областях.

3. С учетом выявленных различий с использованием типологического подхода в контексте демографической устойчивости на территории Республики Беларусь выделены три типа административных районов: 1) демографически устойчивые районы (6 %), расположенные преимущественно в Минской области и Полесском регионе; 2) демографически буферные районы (28 %), сконцентрированные также в Минской области и Полесском регионе; 3) демографически проблемные (неустойчивые) районы (68 %), представленные в Витебской, Гродненской и Могилёвской областях.

4. В целом Минская область и г. Минск образуют демографически устойчивый регион, Брестская и Гомельская области, исключая северо-западные районы последней, – демографически относительно устойчивый регион, а Витебская, Гродненская и Могилёвская области формируют демографически проблемный (неустойчивый) регион.

5. Полученные результаты, доказывающие демографическое многообразие Республики Беларусь в разрезе административно-территориальных единиц, рекомендуются для использования в практике государственного управления при выработке мер по обеспечению демографической устойчивости в регионах и административных районах, а также при решении практических задач территориального управления в экономической и социальной сферах.

Библиографические ссылки

1. Антипова ЕА. Демографическое развитие Республики Беларусь в XXI веке: тенденции, региональные различия, проблемы. *Народонаселение*. 2016;1:4–14.
2. Антипова ЕА. Региональные особенности демографического развития Республики Беларусь. В: Миронова ТН, Рязанцев СВ, редакторы. *Состояние и перспективы демографического развития Республики Беларусь*. Минск: В.И.З.А. Групп; 2017. с. 100–122.
3. Антипова ЕА. Динамика демографического пространства Республики Беларусь в XXI веке: сходства и различия между городской и сельской местностью. *Український географічний журнал*. 2020;1:35–44.
4. Bollig M. Resilience – analytical tool, bridging concept or development goal? Anthropological perspectives on the use of a border object. *Journal of Social and Cultural Anthropology*. 2014;139(2):253–279.
5. De Souza R-M. Demographic resilience: linking population dynamics, the environment, and security. *The SAIS Review of International Affairs*. 2015;35(1):17–27.
6. Capdevila P, Stott I, Beger M, Salguero-Gómez R. Towards a comparative framework of demographic resilience. *Trends in Ecology & Evolution*. 2020;35(9):776–786.
7. Ke Shen, Yi Zeng. The association between resilience and survival among Chinese elderly. *Demographic Research*. 2010;23: 105–116.
8. Leiwen Jiang, Hardee K. How do recent population trends matter to climate change? *Population Research and Policy Review*. 2011;30(2):287–312.
9. Colantoni A, Halbac-Cotoara-Zamfir R, Halbac-Cotoara-Zamfir C, Cudlin P, Salvati L, Gimenez Morera A. Demographic resilience in local systems: an empirical approach with census data. *Systems*. 2020;8:34.
10. Burns L, See L, Heppenstall A, Birkin M. Developing an individual-level geodemographic classification. *Applied Spatial Analysis and Policy*. 2018;11:417–437.
11. Abbas J, Ojo A, Orange S. Geodemographics – a tool for health intelligence? *Public Health*. 2009;123(1):e35–e39.
12. Singleton AD, Longley PA. Creating open source geodemographics: refining a national classification of census output areas for applications in higher education. *Papers in Regional Science*. 2009;88(3):643–667.
13. Burns L. *Creating a health/deprivation geodemographic classification system using k-means clustering methods* [Internet]. London: SAGE Publications Ltd.; 2016 [cited 2024 May 12]. Available from: <https://methods.sagepub.com/case/health-deprivation-geodemographic-classification-system-k-means-clustering>.
14. Lili Xiang, Stillwell J, Burns L, Heppenstall A, Norman P. A geodemographic classification of sub-districts to identify education inequality in Central Beijing. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2018;70:59–70.
15. Corcoran J, Higgs G, Anderson T. Examining the use of a geodemographic classification in an exploratory analysis of variations in fire incidence in South Wales, UK. *Fire Safety Journal*. 2013;62(part A):37–48.
16. Gulma UL. A new geodemographic classification of the influence of neighbourhood characteristics on crime: the case of Leeds, UK. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2022;92:101748.
17. Moon G, Twigg L, Jones K, Aitken G, Taylor J. The utility of geodemographic indicators in small area estimates of limiting long-term illness. *Social Science & Medicine*. 2019;227:47–55.
18. Singleton AD, Longley PA. Data infrastructure requirements for new geodemographic classifications: the example of London's workplace zones. *Applied Geography*. 2019;109:102038.
19. Yue Lin. You are where you live? Evaluating the racial and ethnic (mis)representation in geodemographic classification. *Applied Geography*. 2024;165:103244.
20. Балина ТА, Пономарёва ЗВ, Чекменева ЛЮ. Территориальные особенности демографических процессов в регионах России: анализ и типология. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2019;4:31–43.
21. Аношкин РВ. Типология регионов Российской Федерации по демографической ситуации. *Экология урбанизированных территорий*. 2008;2:19–24.
22. Белозёров ВС, Соловьёв ИА, Щитова НА, Сопнев НВ. Типология городов-центров городских агломераций по характеру демографического развития (на примере Европейской России). *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2022;86(5):665–675.
23. Попова СА, Коробейников ДА, Колпакова ЕА. Типология сельских территорий Российской Федерации на основе демографической дифференциации регионов. *Казанский экономический вестник*. 2020;2(46):42–47.
24. Толмачев МН, Латков АВ, Барашов НГ. Демографическое развитие сельского населения регионов России: типология и прогноз. *Вестник СамГУПС*. 2020;2:38–45.
25. Соян ШЧ. Типология муниципальных районов Республики Тыва по демографическим параметрам. *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*. 2017;12:586–589.
26. Козлова МА, Виноградова ЮВ, Масленикова ТВ. Типология муниципальных образований Костромской области по демографической ситуации. *Теория и практика современной науки*. 2016;3:200–208.
27. Колесников БЛ, Екимов АК, Редина ОС. Типология сельских районов Оренбургской области в свете демографических проблем. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2006;10(часть 2):379–383.

28. Яковенко НВ, Куролап СА, Комов ИВ. Типология муниципальных образований Воронежской области по уровню демографического развития. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2016;18(7):86–89.

29. Антипова ЕА. Демографическая безопасность и демографическая устойчивость: новый взгляд на проблему в условиях роста планерных нагрузок. В: Гурский ВЛ, редактор. *Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы*. Том 2. Минск: Право и экономика; 2021. с. 167–172.

30. Антипова ЕА, Чэнь Ли. Территориальная дифференциация демографического старения Китая в XXI веке. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2023;1:3–18.

31. Antipova EA, Chen Li. Spatial and temporal shifts in the demographic development of China at the end of the 20th and the beginning of the 21st centuries. *Journal of Settlements and Spatial Planning*. 2021;2:93–105.

32. Асташова ЮВ, Демченко АИ. Подход к демографической типологии региональных рынков в контексте стратегий развития геронтомаркетинга. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*. 2023;17(4):167–176.

33. Чэнь Ли. Некоторые аспекты демографической политики Китая в области старения. В: Заяц ДВ, редактор. *Социально-экономическая география: теория, методология и практика преподавания. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Седьмые Максаковские чтения»; 27 мая 2022 г.; Москва, Россия*. Москва: Сам полиграфист; 2022. с. 146–153.

Получена 13.04.2025 / исправлена 04.09.2025 / принята 15.09.2025.
Received 13.04.2025 / revised 04.09.2025 / accepted 15.09.2025.

ОБЪЯСНЕНИЕ СИЛЫ В СОВРЕМЕННОЙ ГЕОПОЛИТИКЕ

В. КРЫСТЕВ¹⁾¹⁾Экономический университет Варны, бул. Князя Бориса I, 77, 9002, г. Варна, Болгария

Аннотация. Объясняется сила в геополитике как области знания. Освещаются основные концептуальные и тематические категории геополитического анализа: пространство, власть и сила; факторы накопления власти с созданием силовых полей, поляризующих пространство; субъекты геополитики и вытекающие из них процессы соперничества, экспансии и доминирования. Среди измерений силы, выражающих весомость геополитических субъектов, особое внимание уделяется «мягкой силе» в контексте критической геополитики. В семантическом плане «мягкая сила» несет черты символического и образного значения, представляя собой основной нематериальный капитал субъектов для достижения доминирования и конкурентоспособности. Отстаивается тезис о том, что геополитика как метод направлена на пространственное выявление форм власти и силы у территориально-политических, экономических и институциональных субъектов с относительной континуальностью во времени. Роль информационного воздействия ослабляет законы геополитической зависимости, считающиеся аксиоматическими (с классического и постклассического периодов), и увеличивает значимость нематериальных атрибутов географического пространства в процессе накопления силы. В рамках этого нового постмодернистского течения в геополитике пространство рассматривается не через призму объективности (площадь, конфигурация, географическое положение, границы), а с точки зрения представления в общественном сознании. Проводится дедуктивный и сравнительный дискурс-анализ. Исследовательский фокус таких геополитических вопросов определяется взглядом на пространство, который выдвигает на первый план значимость социально-психологических факторов (символов, стереотипов, идентичностей, образов) в конкуренции за глобальное или региональное господство. Данная особенность обусловливается отслеживанием тенденций в поведении геополитических субъектов и закономерностей проявления факторов достижения власти. Из-за латентных процессов и не реализованных в истории возможностей объяснение в геополитике не всегда однозначно. Его нельзя грубо шаблонизировать и сводить к упрощенным трактовкам со времен классического периода. Объяснение в геополитике также требует диалектики, а на ее основе – гипотез, сценариев и прогнозов.

Ключевые слова: геополитика; власть; сила; пространство; экспансия; геополитический образ; критическая геополитика.

EXPLANATION OF FORCE IN MODERN GEOPOLITICS

V. KRASTEV^a^aUniversity of Economics – Varna, 77 Knyaz Boris I Boulevard, Varna 9002, Bulgaria

Abstract. The article is devoted to the explanation in geopolitics as a matter of knowledge. Basic conceptual and geopolitical analysis categories: space, power and force; the factors of accumulating power with the creation of force fields polarising space; the actors of geopolitics as well as the resulting processes of rivalry, expansion and dominance are presented. Among the dimensions of force expressing the weight of geopolitical subjects, special attention is given to «soft power» in the context of critical geopolitics. In semantic terms, «soft power» carries features of symbolic and figurative meaning, representing the main intangible capital of the subjects to achieve dominance and competitiveness. The thesis that geopolitics as a method aims at spatially identifying the forms of power and force from territorial-political, economic and institutional entities with relative continuity over time is defended. The role of information influence weakens the laws of geopolitical

Образец цитирования:

Крыстев В. Объяснение силы в современной геополитике. Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2025;2:65–73.
EDN: NXLUSR

For citation:

Krastev V. Explanation of force in modern geopolitics. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:65–73. Russian.
EDN: NXLUSR

Автор:

Вилиян Крыстев – доктор социальных наук, кандидат географических наук; доцент кафедры экономики и организации туризма факультета менеджмента.

Author:

Viliyan Krastev, doctor of science (social sciences), PhD (geography); associate professor at the department of economics and organisation of tourism, faculty of management.
viliyank@ue-varna.bg
<https://orcid.org/0000-0001-5456-247X>

dependence considered axiomatic (from the classical and modern periods) and increases the importance of the intangible attributes of geographical space in the process of accumulating force. This new postmodern trend in geopolitics views space not through the prism of its objectivity (area, configuration, geographical location, borders), from the point of view of its representation in the public consciousness. Deductive and comparative discourse analysis is carried out. The research focus of such geopolitical issues is determined by the view of space, which brings to the fore the importance of socio-psychological factors (symbols, stereotypes, identities, images) in the competition for global or regional supremacy. This feature is determined by tracking trends in the behaviour of geopolitical actors and regularities in the manifestation of the factors for achieving power. Due to latent processes and opportunities not realised in history, the explanation in geopolitics is not always unambiguous. It cannot be crudely patterned and reduced to simplistic interpretations from the time of the classical period. The explanation in geopolitics also is required dialectics, and on its basis – hypotheses, scenarios and forecasts.

Keywords: geopolitics; power; force; space; expansion; geopolitical image; critical geopolitics.

Постановка проблемы

Вряд ли можно найти какую-либо другую область знаний, которая за свою сравнительно короткую историю вызвала бы такой большой восторг, а затем разочарование, неприязнь и снова восторг, как геополитика. Ее бурное и противоречивое прошлое (статус всеобъясняющей науки, лженауки¹, «компаса» политической ориентации) продиктовано непрестанным стремлением людей к освоению земного пространства и господству над ним. Зарекомендовав себя как благодатная почва для проектирования разного рода пространственных стратегий, которые перерастают в модели геоструктурной формы политической реальности, геополитика становится привязанной к национальным и корпоративным интересам главных представителей власти (государств и коалиций) в их стремлении к территориальной экспансии.

Сегодня геополитика стала неотъемлемой частью повседневной жизни человека. Как знание и способ решения проблем силового и конфликтного характера, она присутствует везде: в университетских выступлениях, научных публикациях, журналистских эссе, комментариях средств массовой информации и т. д. Однако во многих случаях ее содержание трактуется легкомысленно, неуместно и даже неправильно, что создает путаницу в отношении сути и объяснительного подхода к анализу. Те, кто осмеливаются использовать геополитику как аналитический инструмент, но не понимают ее значения, ошибаются, что она является инвариантом внешней политики и международных отношений стран. В этом состоит одна из причин некорректного обращения к вопросам дипломатии и историческим закономерностям международного поведения государств и коалиций. Также вводящей в заблуждение практикой (особенно при распутывании вопросов, затрагивающих национальные или региональные интересы) является вовлечение геополитики в ностальгию по былому величию определенных стран и народов, их идеологическим стереотипам, стремлениям или неприязни к ним. В таких случаях эмоциональный подход превращает геополитику в субъективную материю, пронизанную спекулятивными интерпретациями и предсказаниями.

В качестве объяснительного метода геополитика не ставит перед собой задачу показывать или доказывать, кто является хорошим, а кто – плохим, кто имеет право, а кто нет. Потенциал и властные отношения между выражающими его субъектами анализируются без компромиссов и соображений ценностного характера. Освобождение от идеологических предрассудков и субъективных представлений способствует объективному пониманию знаний о геополитике. Цель настоящего исследования – конкретизировать геополитику как аналитическую материю в качестве объективного метода познания с акцентом на измерение силы.

Пространство и власть

Термин «геополитика» происходит от следующих греческих слов: γῆ – земля и πολιτική – политика. Логично, что земля относится к содержанию всего определяющего уникальность мест, а политика – к формам ассоциированной жизни, изначально относящимся к городу (πόλις) и впоследствии к организации государства как главного носителя власти. Часть «гео» связана с различными способами идентификации, при применении которых «география влияет на человеческую деятельность»² [5, р. 9–10], т. е. на структуру политической жизни (способы территориального контроля, адекватные модели управления и др.), социальное поведение, склонности субъектов к территориальной экспансии и т. д. Это обстоятельство делает формы политической жизни с накопленной властью разнообразными, но подверженными постоянной трансформации.

Геополитика, рассматриваемая как научное направление, идеология или практическая деятельность (геостратегия), неразрывно связана с категорией пространства. Среди известных в науке разновидностей

¹Особенно неприятен период нацистского и фашистского прошлого геополитики в Германии и Италии (1920–40-е гг.), когда она стала инструментом экспансионистских устремлений нацистской доктрины. После разгрома Третьего рейха токсичность нацизма явилась предлогом для объявления геополитики лженаукой, оккупационной доктриной, расистской идеологией, интеллектуальным ядом, а сам термин долго был табуированным в научных и общественных кругах [1–5].

²Здесь и далее перевод наш. – В. К.

пространства (философское, географическое, геологическое, математическое, астрономическое, психологическое пространство и др.) геополитика оперирует географическим пространством. Будучи вместилищем времени и материи, оно является специализированным, функциональным и тесно связанным с земной поверхностью пространством. Через это пространство геополитика выражает свою предметно-проблемную сущность концептуального синтеза с «недвусмысленной ссылкой на роль географии в политике»³.

Несмотря на то что геополитика сопровождает историю субъектов власти на пути освоения и доминирования в пространстве с самого зарождения человечества, ее появление как области знания было отмечено лишь в конце XIX – начале XX в. в трудах немецкого географа Ф. Ратцеля и шведского политолога Р. Челлена. Функция геополитики как объяснительного инструмента сводилась к изучению географических (преимущественно физико-географических) факторов определенного пространства, диктующих политические характеристики государств и их отношения с внешним миром. Однако значение географии меняется под влиянием человеческой деятельности. Различные способы освоения и организации определяют специфику пространства, поэтому в настоящее время геополитика понимается как «политический анализ, связанный с географией во всех ее измерениях» [6, р. 45].

Геополитика как процесс направлена на накопление и применение власти и силы на пути доминирования и экспансии. Понимание власти относится к способностям к действию и ко всему, что есть или что можно приобрести. Следствием этого обстоятельства является достижение определенной формы подчинения. Частным ориентиром при объяснении рассматриваемого термина обычно служат законодательная, исполнительная и судебная ветви власти государства, свидетельствующие о «возможностях создания, реализации и исполнения законов, с помощью которых достигается система подчинения» [7, р. 641]. Однако власть относительна. Исходящая от государства власть имеет гораздо более сложное происхождение. Категория силы создает формы поляризации, которые придают разный вес территориально-политическим образованиям, выражающим ее. Власть и сила являются функцией разнообразных компонентов материальной и нематериальной природы, что делает их многомерными и условными.

Накопленная в пространстве власть и концентрация силы могут быть следствием специфики географического положения, демографических или природных ресурсов, экономического или военного потенциала, а также характера коммуникаций, особенностей управления информационными потоками, культурной энергетики, престижа институтов, репутации или доверия субъектов власти в их взаимодействии с внешним миром. Последние нематериальные атрибуты относятся к ощущению пространства как отражение отложенной на него истории и культуры. Вот почему сила пространства определяется не только его объективно структурированными элементами, но и отложенной на него социокультурной тканью, придающей историческую инерцию и психологическую принадлежность (сильное или слабое, безопасное или небезопасное, близкое или далекое, центральное или периферийное, родственное или чужое и т. д.) [8; 9].

Из силового порядка географического пространства выводятся базовые понятия, выражающие геополитику в аналитическом дискурсе: геополитическое поле, стратегические точки, геополитические интересы, геополитическая конкуренция (геополитическое соперничество), геополитическая экспансия, геополитический узел, буферная зона, пояс безопасности, санитарный кордон. Более того, эти категории относятся к вариациям в характере, сложности и масштабах передачи власти над географическим пространством.

Различия в отложенном властном потенциале создают предпосылки для поляризации и субординации в распределении власти на разных пространственных уровнях (от локального до глобального). В зависимости от их потенциала и преследуемых интересов геополитические субъекты, властвующие над определенными пространствами, позиционируют себя как глобальные, региональные или локальные центры силы. Пространства, аккумулирующие властную энергию высшего (планетарного) ранга, традиционно представлены великой державой (США, Россия, Китай) или наднациональным объединением (НАТО, ЕС, БРИКС, ШОС и др.). В совокупности они определяют содержание так называемых больших пространств [10], структурирующих геополитический баланс сил на глобальном уровне.

В соответствии со значением региональных и местных геополитических систем геополитика понимается не только как внешний (экспорт влияния на международном уровне), но и как «внутренний пространственный порядок и устройство государства во всех смыслах» [11, с. 92]. В некоторых странах Латинской Америки геополитика даже считается синонимом политики регионального развития⁴. С ориентацией на более низкий таксономический уровень внутренняя геополитика направлена на оптимизацию пространства как стратегического инструмента накопления власти, а также на повышение его конкурентоспособности. С точки зрения масштаба такая геополитика не отрицает глобальные центры силы, а перенаправляет внимание на изучение потенциала и поведения выражающих ее региональных и локальных геополитических образований: экономических и этнических регионов, агломераций, полюсов инновационного роста и т. д. Подобные обстоятельства свидетельствуют о том, что мир представляет собой пространство множества центров силы, которые имеют свою геополитику, подчиненную интересам

³Желтов В. В., Желтов М. В. Геополитика: история и теория. М.: Вуз. учеб., 2009. С. 34.

⁴Геополитика. Терминологический справочник / сост. М. Бъчваров. София: Петексон, 1999. С. 100.

и экспансивным возможностям. В соответствии с их ролью в конкуренции за пространственные ресурсы геополитический анализ разворачивается на глобальном, региональном и национальном уровнях межсубъектного или субъектно-объектного взаимодействия.

Модели социальной организации и используемые технологические средства, свойственные определенным историческим периодам, оказывают масштабное влияние на пространственное поведение геополитических субъектов. Меняющийся характер власти и силы над пространством в его взаимодействии с внешним миром отражается в последовательной смене научных парадигм⁵. Они отмечают тенденциозную зависимость представлений о геополитической ориентации пространства, его освоении и организации от национально-государственной, идеологической, геоэкономической, цивилизационно-информационной парадигмы.

Национально-государственная парадигма присуща классической геополитике конца XIX – середины XX в. Согласно ей сила пространства структурно обусловлена географическими (прежде всего физико-географическими) факторами. Среди них в качестве центральной категории выделяется географическое положение, на основе которого предопределяющее значение придается статусу и поведению субъектов, выражающих пространство, в их связи с внешним миром. Для классической геополитики характерно взаимодействие с абсолютным пространством. Такое пространство подчинено связям между геотерией (пространство в его земных, подземных и надземных составляющих) и обществом, что подчеркивает его «материальное овеществление» [12, р. 12]. Установление характера пространства осуществляется на основе структуралистского подхода посредством конвенциональной интерпретации его составных элементов (границы, конфигурации, сегментации, географического положения), энтропии и эластичности с точки зрения внутренней неоднородности. На более позднем этапе геополитика была ознаменована глобальными моделями в качестве геостратегии. Грубый географический детерминизм насаждался на бинарных оппозициях *суша – море (теллуократы – талассократы)*, *восток – запад (традиционализм – модернизм)*, *север – юг (богатые – бедные)*, *центр – периферия (хартленд – римленд)*. Физические особенности пространства усугублялись догматом географического детерминизма, который определял взаимодействие между географией и политикой, опираясь на подчиненную пространственную нормативную константу [13]. В форме моделей геополитика стала руководством по структурированию глобального порядка, предполагала использование упрощенных географических интерпретаций пространства, отягощенных субъективизмом.

В рамках идеологической и геоэкономической парадигм, характерных для постклассической (ревизионистской или модернистской) волны в геополитике (во второй половине XX в.), рассматриваются возможности пространства для аккумуляции власти через особенности его общественно-политической ориентации. Абсолютное пространство также занимает лидирующие позиции в геополитике идеологического и экономического дискурсов холодной войны. В постклассический период в отличие от классического периода структурное измерение геополитического потенциала пространства сместилось с естественных факторов на социальные (экономика, культура, демография, транспорт, технологические и информационные ресурсы) [13]. Характерной чертой такого концептуального видения пространства являлось главенство политических институтов, альянсов и экономических механизмов пространственной организации.

Цивилизационная парадигма, вытекающая из социокультурной принадлежности и структурированности пространства, берет начало в предыстории геополитического знания XIX в. (в трудах Н. Я. Данилевского). Впоследствии она нашла широкое развитие в работах западных историков XX в. (П. А. Сорокина, О. Шпенглера, А. Тойнби, Ф. Броделя), представителей геополитической идеологии русского евразийства (П. Н. Савицкого, Н. С. Трубецкого, П. М. Бицилли, Л. П. Карсавина, Л. Н. Гумилёва, А. Г. Дугина и др.), а также в концепции о столкновении цивилизаций, принадлежащей С. Хантингтону [14].

Информационная парадигма, возникшая в конце 1980-х гг., предопределена ролью новых технологий в коммуникациях и масштабным влиянием СМИ на геополитические представления. Для нее определяющим является видение пространства, выражаемое разного рода субъектами в процессе геополитического взаимодействия. Это новейшее постмодернистское течение геополитической мысли продиктовано информационно-психологической революцией цифровых технологий. Структурализм, основанный на изучении пространства как комплекса материальных форм, постепенно уступает место постструктурализму. Последний опирается на восприятие пространства, которое меняется в зависимости от социальной практики [15; 16]. В постструктуралистском ракурсе пространство является продуктом сознания и воображения, полученным посредством символизации дискурсов и образов как «отражение исторической памяти общества» [17, р. 50]. Данные субъективные особенности преобразуют пространство в форму ментальной конструкции, что приводит к его классификации как относительного или переходного пространства [12; 18]. В результате взаимодействия с другими пространствами относительное пространство сильно изменяется во времени. С точки зрения накопленной силы оно является направленным на овладение умами людей для того, чтобы доминировать над их субъективными (перцептивными, образными, смысловыми) представлениями.

⁵Василенко И. А. Геополитика современного мира : учеб. для вузов. М. : Гардарики, 2006. 317 с.

Вследствие накопления власти и силы в пространстве в предметный фокус геополитики попадает широкий спектр процессов и явлений: межгосударственные отношения, политическая, экономическая и культурная экспансия, зависимость (подчинение), соперничество за сферы влияния, делимитация и регулирование границ, борьба за независимость народов и их проекция в пространстве, сепаратизм, этнорелигиозные конфликты, интеграция и дезинтеграция, политические формы территориального управления и самоуправления, электоральные конфликты и т. д.

Субъекты геополитики

Традиционными субъектами геополитики являются территориально-политические образования: коалиции, государства, агломерации, города, административные, культурные и экономические регионы. Государства имеют первостепенное значение, поскольку они обладают внутренней и внешней независимостью от занимаемого пространства. Их размеры и конфигурация обозначаются границами, свидетельствующими о распространении государственной власти, и являются прямым выражением ее силы и (или) слабости в процессе территориальной консолидации. Геополитический «скелет» формируется географическим положением; размером и конфигурацией занимаемого пространства; характером границ; рельефом, климатическими особенностями и преобладающим типом природных ландшафтов; демографическим профилем; обеспеченностью ресурсами; культурным и экономическим потенциалом; оборонительными способностями; геополитическим образом. Для сплоченности государства как геополитического субъекта фундаментальное значение имеет его возможность осуществлять власть над занимаемым пространством, населением и ресурсами, создавая эффект сцепления для последующего культурного, экономического и военного подъема [19, р. 31].

Экспансивная функция государств имеет различный характер и подчиняется разным целям: обеспечению безопасности, расширению территории до естественных пределов, решению национальных вопросов этнической и культурной идентичности, осуществлению реваншизма и удовлетворению экономических потребностей. Государства, выдвигающие свои претензии путем экспорта влияния и форм подчинения внешнему миру, являются важнейшим действующим фактором геополитики и выступают в роли ее субъектов. На планетарном уровне таким государством представляются США с амбициями на глобальное лидерство, о чем свидетельствуют американское военное присутствие в мире, наличие рычагов международного финансового контроля (МВФ, Всемирный банк), влияние американской культуры, поддержка экономического либерализма, укрепление универсального статуса английского языка. Также геополитическими субъектами являются Россия, Китай, Великобритания, Франция, Турция и Израиль, переменный силовой потенциал и экспансивные возможности которых придают им статус глобальных или региональных геополитических держав. Более слабые и подверженные разного рода внешней зависимости страны в большинстве случаев являются лишенными геополитической субъектности и участвуют в качестве объектов геополитики (реципиентов влияния). Однако в современном мире глобальной взаимозависимости межсубъектные и субъект-объектные отношения геополитического характера между государствами создают ситуации динамического равновесия интересов и взаимного воздействия, отличающиеся сложной иерархией в процессе пространственного размещения силы.

Многогранный характер конкуренции за влияние, экспансионистские амбиции и баланс внешнего влияния побуждают государства образовывать коалиции. Разделение общих интересов на интеграционной основе создает условия для возникновения наднациональных геополитических структур. Таковыми являются военные альянсы (НАТО, ОДКБ), экономические союзы (ЕС, НАФТА, АСЕАН, БРИКС), организации регулирования и безопасности (ОБСЕ, ШОС), организации картельного типа (ОПЕК). В них распределение власти носит дифференцированный характер и подчиняется интересам государств-членов. Однако различный геополитический потенциал стран, участвующих в коалиционных структурах, создает условия для внутреннего подчинения и зависимости, выявляя весомость государственных образований: потенциал и влияние США в НАТО, России в ОДКБ, Германии и Франции в ЕС, России и Китая в ШОС, Великобритании в Содружестве наций и т. д.

Территориальная концентрация преимущественно экономических ресурсов определяет доминирующую роль отдельных агломераций, городов и регионов как движущих сил международной конкурентоспособности. Некоторые из них участвуют в мировой геополитике в качестве значимых субъектов с чрезмерной концентрацией элитных демографических ресурсов, структур международного управления, инновационного потенциала, финансовых и коммуникационных возможностей [20]. На основе этих сил формируется открытая внешнему миру сетевая структура информационных и экономических потоков, которая поляризует пространство, прямо или косвенно влияя на мир (например, Кремниевая долина в США, Рейнско-Рурская агломерация в Германии, глобальные города ранга Нью-Йорка, Лондона, Токио, Парижа, Шанхая, Сингапура и т. д.).

Помимо территориально-политических образований, среди геополитических субъектов все большее влияние приобретают транснациональные корпорации (ТНК), финансовые институты (МВФ,

Всемирный банк), влиятельные фонды (фонд «Открытое общество»), религиозные движения (церкви, секты), политические круги (Трехсторонняя комиссия, Бильдербергский клуб, политические партии), этнокультурные сообщества, неправительственные организации (Всемирная туристская организация, организация «Гринпис»), преступные группировки. Особым геополитическим весом обладают ТНК, воздействие которых проецируется на мировое пространство. Ускоренный процесс глобализации с конца 1980-х гг. под влиянием информационной и кибернетической революции в технологиях создает условия для постоянного углубления планетарной взаимозависимости стран и регионов в экономической сфере. Последняя определяется финансовыми, технологическими и информационными потоками, в основе которых лежат транснациональные структуры корпоративного характера. ТНК являются главными агентами глобализации и создают «соединительную ткань» мировой экономики [3, р. 90].

Доминирование ТНК на международном рынке связано с использованием экономических механизмов в конкуренции за влияние, что ослабляет значение природных факторов за счет информации, технологий и новых экономических продуктов. В совокупности они ускоряют формы соподчинения и зависимости между странами и регионами, что отражается на военном потенциале и сфере безопасности. Посредством внутрифирменного обмена (через филиалы, дочерние компании и франчайзинговых партнеров) ТНК создают глобальные рыночные условия, которые сами по себе жестко регулируются. Достигая горизонтальной и вертикальной интеграции в своих структурах, транснациональные образования управляют огромным финансовым и инновационным потенциалом, влияние которого через сеть инвестиционных и производственных механизмов подчиняет себе регионы, отдельные страны и города. Концентрация богатства в распоряжении ТНК и связанных с ними экономических элит приводит к своеобразной корпоратизации мировой геополитики [5, р. 73].

Под влиянием вызовов глобализации суверенные государства инициируют партнерское сотрудничество с национальными по происхождению ТНК, итоговый эффект которых отражается на объеме их геополитических функций. Сотрудничество обычно принимает форму лоббирования и продвижения интересов, которые являются взаимовыгодными и повышают способность стран оказывать геополитическое воздействие, а также возможности ТНК координировать и направлять политику стран. Например, геокультурное влияние США неразрывно связано с деятельностью ТНК «Кока-Кола», «Макдоналдс», «Уолт Дисней» и «Эппл», а геоэкономическое влияние России – с ТНК энергетического сектора «Газпром», «Роснефть», «Лукойл», «Татнефть». Такой процесс рассматривается как адекватная реакция государств на всевозрастающее давление на них со стороны агентов глобализации, способствующей поддержанию более высокой жизненной адаптации, гибкости и эффективности. В связи с этим сильное современное государство измеряется условиями, «при которых у национальных компаний возникнут преимущества в глобальной экономике» [21, с. 117].

Формы соперничества и интеграции, а также характер экспансии дают основание воспринимать современную геополитику как пространственную систему множества разнородных субъектов власти и силы, многогранно взаимодействующих между собой. Экстраполяция их влияния на геопространство создает сложные ситуации сотрудничества, конкуренции и подчинения.

Критическая геополитика. Новая концептуализация силы

Понимание геополитики через социальные и культурные значения пространства дает импульс критической геополитики. Ее появление как направления в англо-американской политической географии в начале 1990-х гг. связано с именами С. Делби [22; 23], Дж. О. О'Тоала и Дж. Энью [24]. Объяснение в критической геополитике сразу после окончания холодной войны продиктовано возросшим влиянием информационных технологий, СМИ и идей культурного плюрализма на представления о пространствах и их аккумулированной силе. Последняя базируется на идеализированных сегментах (дискурсах, образах, нарративах), сопровождающихся относительными оценками ее проявления под влиянием процессов сотрудничества, конкуренции и зависимостей между разными типами геополитических субъектов.

В современном информационно-технологическом мире критическая геополитика дает адекватные возможности для понимания проблем сложной природы. Геополитические представления о пространстве раскрывают двусмысленность, гибридность, одновременность, транснациональность и неопределенность современной реальности [25]. Развивающаяся на такой плоскости критическая геополитика ориентирована на интерпретацию пространства постмодерна, появившегося из информационных потоков и кибернетики. В общественном сознании этот процесс сопровождается культивированием чувств, мифов, иррациональности, аморфности пространства, которые кристаллизуются в виде характеризующих его геополитических образов. Субъективный политический взгляд на пространство используется в качестве основного ориентира, выражающего его нарративами, символами и образами (под влиянием личного опыта, СМИ, рекламы, медиапродукции, массовой культуры и т. д.) в отношении политического веса и привлекательности пространства. Этот процесс связан с производством значений сквозь призму социально структурированного дискурса в форме набора пространственных знаков, языковых и культурных норм [13, с. 26].

В методологическом плане критическая геополитика базируется на постструктуралистском (идеализированном) видении пространства с качественно новым отражением посредством социальных подходов и методов прогнозирования региональных и глобальных процессов [24; 26; 27]. В основе такой методологии лежит дискурсивный анализ как основной интерпретационный прием исследования общественного отношения к пространству. Это понимание сопровождается анализом истории, культуры, общественных коммуникаций для изучения идентичности, нарративного и стереотипного видения пространства, а также его метафорическим обозначением и политическим брендингом. Дискурсы и образы (речь или текст) придают значение и смысл влиянию, поведению, статусу и функциям геополитических субъектов. Например, эксплуатируются образы Евразии для России и неоосманизма для Турции, однозначно повышающие геополитический статус пространств. Их эффективное продвижение путем накопления силы над пространством известно как геократия [28]. В государственной или региональной политике образы и дискурсы становятся средствами достижения политических и экономических выгод главным образом за счет накопления «мягкой силы».

Как сложный и неоднородный атрибут, сила любого пространства состоит из абсолютной («жесткой») и относительной («мягкой») составляющих. Абсолютные параметры силы пространства сводятся к его территории, природным ресурсам, демографическому, экономическому и стратегическому потенциалу. Их физические характеристики возможно довольно легко оценить и сопоставить. Относительный потенциал силы влияет на присутствие, доверие, надежность, лидерские способности, привлекательность, культурное и идеологическое воздействие субъектов, выражающих пространство. Последние «мягкие ингредиенты» выдвигают на первый план психологические средства силы за счет материальных средств силы, с помощью которых субъекты геополитики приобретают геополитический образ. На основе стереотипной формализации образы создают суждение об ощущении их силы, составляющей неотъемлемую часть их геополитического потенциала.

Набирающий широкую популярность в современном геополитическом дискурсе термин «мягкая сила», введенный американским политологом Дж. Наем, является отражением активности разных типов субъектов при обретении влияния посредством привлечения, убеждения и престижа. В семантическом смысле «мягкая сила» несет в себе черты символического и образного значения. Ее накопление считается следствием распространения ценностей и норм поведения в виде идей и дискурсов, определяющих ее смысл как «способность влиять на поведение других для достижения желаемых результатов» [29, р. 2].

Содержание «мягкой силы» обычно сопровождается понятиями «имидж», «репутация» и «бренд», относящимися к символическому капиталу и нематериальной стоимости определенных ценностей. Применительно к территориально-политическим образованиям эти категории выступают основным нематериальным капиталом их влияния, выражающимся в конкурентоспособности. Основные ресурсы достижения «мягкой силы» лежат прежде всего в сферах культуры, идеологии, туризма, институциональных традиций, позитивной модели внутреннего управления, политической стабильности, культурной дипломатии. Характерной чертой «мягкой силы» является то, что она не применяется напрямую, а служит следствием результирующего эффекта различных общественных мероприятий и инициатив в процессе организации потенциала пространства. Навязчивое использование одних и тех же ресурсов считается вариантом «жесткой силы», поскольку оно осуществляется под давлением агитации, принуждения, манипуляции [30]. В этом смысле накопление «мягкой силы» – технология трансляции гуманитарных ресурсов посредством соблазна (подсознательного чувства симпатии) как пассивного инструмента создания положительного образа для внешнего мира.

В определенных случаях «мягкая сила» может быть следствием трансформированной версии «жесткой силы» (экономической, политической и военной силы). Успешная экономическая модель стран в виде образца для подражания является разновидностью «мягкой силы». В основе этого типа силы лежит качество жизни, инвестиционная привлекательность, репутация экспортных товаров, известность национальных брендов, харизма лидеров, за которыми традиционно стоят «твердые» экономические и политические структуры. Устойчивый политический режим, основанный на определенных ценностях, повышает авторитет и лидерские качества государств в международном сообществе, наделяя их ролью посредников в урегулировании конфликтов и кризисных ситуаций. Демонстрация военной мощи третьей стороной в форме учений, парадов и выставок может стать источником восхищения. Именно по этой причине «мягкая сила» воспринимается как «железный кулак в бархатной перчатке» [31, с. 17].

В гибридном варианте сочетание «мягкой силы» и «жесткой силы» известно как «умная сила» [30]. В геополитическом плане «умная сила» направлена на достижение рационального баланса в продвижении национальных интересов на международном уровне в форме контекстного интеллекта [30, с. 346]. Его содержание понимается как способность трансформировать имеющийся потенциал пространства, отвечая на вызовы современного геополитического взаимодействия, или, другими словами, способность отвергать случайное, воспринимать разницу между видимой и воображаемой реальностью различных явлений, видеть глубину конфликтов и противоречий в современном мире [32].

Геополитический эффект «мягкой силы» – способ отложенного влияния посредством гибких инструментов в социальной и гуманитарной сферах, а в течение последних десятилетий и за счет возможностей,

предоставляемых информационными технологиями. С XX в. и до настоящего времени США являются флагманом в достижении «мягкой силы»: международного финансового престижа, лучшего образования, развитой массовой культуры, лидерства брендов потребительских товаров и информационных технологий и т. д. По мнению Дж. Ная, именно дефицит в накоплении и распределении «мягкой силы» Восточного блока во времена холодной войны стал причиной его распада, а впоследствии и СССР, который не уделял достаточного внимания ее накоплению, «проиграв битву в массовой культуре с Западом» [29, р. 74]. В этом отношении западная музыка, мода, кинофильмы и шоу культивируют имеющую широкую популярность среди общественных масс социалистических стран имиджевую привлекательность, размывая идеологические основы Восточного блока. «Мягкая сила» США характеризуется существенным влиянием на их геополитический образ даже после окончания холодной войны. С ним тесно связаны гуманитарные технологии и политические явления, такие как права человека, демократические интервенции и цветные революции, которые транслируют ценности и стереотипы среди общественных масс международного сообщества для продвижения своих геополитических интересов.

За последние 40 лет геополитический рост глобального присутствия Китая в значительной степени подпитывался его увеличивающимся потенциалом «мягкой силы». Неоспоримым свидетельством служат успехи китайского экономического чуда, навсегда повысившего благосостояние народа и международный престиж страны; сеть образовательных центров «Институты Конфуция»; растущий международный интерес к китайской литературе, философии, кухне, боевым искусствам, традиционной медицине. «Мягкое» геополитическое присутствие таких стран, как Германия и Япония, традиционно связано с технологическим прогрессом и высокой репутацией политического управления. Туризм как геополитический инструмент является основой накопления «мягкой силы» для Италии, Франции, Испании, Греции и Турции.

Особенно заметен эффект накопленной «мягкой силы» в небольших государствах, имеющих ограниченные ресурсы для геополитической экспансии и доминирования. Благодаря сочетанию элементов, подчеркивающему рациональную организацию своего пространства, такую как дипломатическая изысканность, привлечение международных институтов, финансовая и политическая стабильность, экологические стандарты качества и инновационная деятельность, экспорт культуры, имидж бренда, проведение спортивных и культурных мероприятий, они характеризуются выдающимися достижениями внешнего влияния и международного присутствия. За счет «мягкой силы» такая геополитическая субъектность свойственна Южной Корее, Сингапуру, Швейцарии, Норвегии, Финляндии, Люксембургу, Эстонии, Катару и ОАЭ.

Накопление «мягкой силы» странами усиливает и расширяет их геополитический вес, что неизбежно влияет на защиту политических и экономических интересов во взаимодействии с внешним миром. Широкие возможности достижения воздействия и внешней привлекательности раскрываются культурно-гуманитарной деятельностью, связанной с увеличением значения культурного наследия, стимулированием межкультурного диалога, повышением образовательных стандартов, укреплением туристической известности, развитием экономики событий и т. д.

Заключение

Геополитика направлена на пространственную идентификацию форм власти и силы различных субъектов с относительной континуальностью во времени. Данная особенность определяется путем отслеживания тенденций в поведении геополитических субъектов и закономерностей проявления факторов достижения силы. Аналитическое объяснение геополитики также включает интересы тех, кто выражает власть; средства, используемые для достижения власти и силы; масштаб возможностей и потребностей. Однако задача геополитики состоит в том, чтобы раскрыть значение тех атрибутов, которые формируют устойчивость и наиболее сильно влияют на поведение сообществ, выражающих пространство. Таковыми могут быть потребности в защите, социальной дисциплине, открытости или консерватизме по отношению к внешнему миру, а также в технических возможностях, культурном мессианизме, подпитывающем исторический миф экономического бума, военном потенциале и т. д. [33; 34]. Амбиции сообществ превращают выражающие их территориальные образования в глобальные или региональные геополитические силы или в объекты геополитики внешних гегемонов.

Главный вывод настоящего исследования заключается в том, что с вступлением человечества в информационную эпоху и вызванным изменением средств геополитического взаимодействия закономерно меняется отношение территориально-политических образований к масштабам своей силы и власти в пространстве. Глобальная информационно-коммуникационная система утверждает себя как мощный инструмент трансформации поведения общества. С помощью нее происходит изменение геополитических представлений о мире [35; 36]. Стремление субъектов, особенно государств, аккумулировать «мягкую силу» посредством дискурсов и образов ограничивает значимость традиционных составляющих их геополитической мощи: выгодного географического положения, территориальных, экономических, военных и демографических ресурсов. Значение геополитических образов пространства, выражаю-

щих мощь стран в соперничестве, доминировании и зависимостях, перенаправляет геополитику к изучению видения мира в его отсроченном символизме и стереотипных представлениях.

Из-за латентных процессов и не реализованных в истории возможностей объяснение в геополитике не всегда однозначно. Его нельзя грубо шаблонизировать и сводить к упрощенным трактовкам времен классического периода. Объяснение в геополитике также требует диалектики, а на ее основе – гипотез, сценариев, прогнозов. Сохранят ли США свою гегемонию? Будет ли прямая конфронтация между США (НАТО) и Россией или Китаем? Как далеко зайдет Россия на пути защиты русского мира? Где будущее Турции: в Европе, на Ближнем Востоке, в пантюркистской идеологии? Сможет ли Германия освободиться от американской зависимости? Каков статус ЕС – региональная (мировая) сила или вассал США? Какое место в многополярном мире занимают Индия, Иран и Бразилия? Произойдет ли изменение геополитической ориентации Болгарии? Однозначного ответа с геополитической точки зрения на названные выше вопросы нет.

Библиографические ссылки

1. Antonsich M. Geografia politica e geopolitica in Italia dal 1945 ad oggi. *Quaderni del Dottorato di Ricerca in Geografia politica*. 1996;2:1–97.
2. Колосов ВА, Мироненко НС. *Геополитика и политическая география*. Москва: Аспект Пресс; 2002. 479 с.
3. Jean C. *Manuale di geopolitica. Quarta edizione*. Roma: Laterza; 2007. 348 p.
4. Marconi M, Ernesto Massi e Karl Haushofer: la scienza alla conquista della politica. *Geopolitica*. 2016;5(1):61–122.
5. Dodds K. *Il primo libro di geopolitica*. Torino: Einaudi; 2023. 173 p.
6. Lizza G. *Gli orizzonti della nuova geopolitica. Verso il 2050*. Torino: UTET; 2021. 176 p.
7. Cattana A, Nesci MT, redattori. *Italiano compatto: dizionario della lingua italiana*. Bologna: Zanichelli; 2017. 960 p.
8. Agnew J, Livingstone DN, editors. *Handbook of geographical knowledge*. London: Sage; 2011. Space and place; p. 316–331.
9. Замятин ДН. *Власть пространства и пространство власти. Географические образы в политике и международных отношениях*. Москва: РОССПЭН; 2004. 352 с.
10. Schmitt C. *Staat, Großraum, Nomos. Arbeiten aus den Jahren 1916–1969*. Maschke G, Herausgeber. Berlin: Duncker & Humblot; 1995. 668 S.
11. Ян Э. Что такое геополитика? *Мировая экономика и международные отношения*. 2014;4:90–101. EDN: SCMXPT.
12. Turco A. Pragmatiche della territorialità: competenza, scienza, filosofia. *Bollettino della Società geografica italiana*. 2000;11(11):11–22.
13. Крыстев В. Образное видение пространства в геополитике: подход к изучению. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2021;1:23–34. DOI: 10.33581/2521-6740-2021-1-23-34.
14. Хънтингтън С. *Сблъсъкът на цивилизацията и преобразуването на световния ред*. София: Обсидиан; 1999. 528 с.
15. Harvey D. *The condition of postmodernity: an enquiry into the origins of cultural change*. Oxford: Blackwell; 1989. IX, 378 p.
16. Soja EW. *Postmodern geographies: the reassertion of space in critical social theory*. London: Verso; 1990. 228 p.
17. Settis S. *Paesaggio, costituzione, cemento. La battaglia per l'ambiente contro il degrado civile*. Torino: Einaudi; 2010. 326 p.
18. Abler R, Adams JS, Gould P. *Spatial organization: the geographer's view of the world*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall; 1971. 587 p.
19. Jones M, Jones R, Whitehead M, Woods M, Dixon D, Hannah M. *Introduzione alla geografia politica. Spazi, luoghi, politiche*. Torino: UTET; 2021. 207 p.
20. Conti S, Giaccara P, Rossi U, Salone C. *Geografia economica e politica*. Milano: Pearson; 2014. 215 p.
21. Бусыгина ИМ, Окунев ИЮ. Пространственное распределение силы и стратегии государств, или Что и как объясняет геополитика. *Полис. Политические исследования*. 2014;2:106–123. DOI: 10.17976/jpps/2014.02.08.
22. Dalby S. American security discourse: the persistence of geopolitics. *Political Geography Quarterly*. 1990;9:171–188. DOI: 10.1016/0260-9827(90)90017-5.
23. Dalby S. Critical geopolitics: discourse, difference, and dissent. *Environment and Planning D: Society and Space*. 1991;9(3): 261–283. DOI: 10.1068/d090261.
24. O'Tuathail GO, Agnew J. Geopolitics and discourse: practical geopolitical reasoning in American foreign policy. *Political Geography*. 1992;11(2):190–204.
25. O'Tuathail GO. Understanding critical geopolitics: geopolitics and risk society. *Journal of Strategic Studies*. 1999;22(2–3): 107–124. DOI: 10.1080/01402399908437756.
26. Sharp JP. Publishing American identity: popular geopolitics, myth and the reader's digest. *Political Geography*. 1993;12(6): 491–503. DOI: 10.1016/0962-6298(93)90001-N.
27. Окунев ИЮ. Географическое воображение как предмет исследования критической геополитики (обзор). *Политическая наука*. 2009;4:126–137.
28. Замятин ДН. Геократия. Евразия как образ, символ и проект российской цивилизации. *Полис. Политические исследования*. 2009;1:71–99.
29. Nye J. *Soft power. The means to success in world politics*. New York: Public Affairs; 2004. 191 p.
30. Най ДжС. *Будущее власти. Как стратегия умной силы меняет XXI век*. Верченко ВН, переводчик. Москва: АСТ; 2013. 444 с. (Политика).
31. Паршин ПБ. *Проблематика «мягкой силы» во внешней политике России*. Орлов А, редактор. Москва: МГИМО – университет; 2013. 38 с.
32. Неймарк МА. *«Мягкая сила» в мировой политике*. Москва: Дашков и К°; 2019. 272 с.
33. Cristini G. *Geopolitica. Capire il mondo in guerra*. Milano: Piemme; 2023. 224 p.
34. Cerreti C, Marconi M, Sellari P. *Spazi e poteri. Geografia politica, geografia economica, geopolitica*. Bari: Laterza; 2019. 424 p.
35. Agnew G. La nascita della geopolitica critica. In: Boria E, Marconi M, redattori. *Geopolitica. Dal pensiero all'azione. Spazio e politica in età contemporanea*. Roma: ARGOS; 2022. p. 412–427.
36. Boria E. La cassetta degli attrezzi della geopolitica. In: Boria E, Marconi M, redattori. *Geopolitica. Dal pensiero all'azione. Spazio e politica in età contemporanea*. Roma: ARGOS; 2022. p. 700–741.

Получена 24.06.2025 / исправлена 02.09.2025 / принята 16.09.2025.
Received 24.06.2025 / revised 02.09.2025 / accepted 16.09.2025.

СТРУКТУРА БИОТОПОВ КЛЮЧЕВЫХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. Н. ПОЛЮХОВИЧ¹⁾, Д. Г. ГРУММО^{1), 2)}, Н. А. ЗЕЛЕНКЕВИЧ²⁾

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

²⁾Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлена структура биотопов водно-болотных угодий Припятского Полесья на примере Национального парка «Припятский», заказников «Старый Жаден» и «Ольманские болота». Условием выявления биотопа выступало его соответствие критериям классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» и критериям классификации EUNIS. На территории рассматриваемых угодий в соответствии с классификацией EUNIS выявлено распространение 7 биотопов первого иерархического уровня: на территории Национального парка «Припятский» выделено 40 биотопов, на территории заказника «Старый Жаден» – 28 биотопов, на территории заказника «Ольманские болота» – 34 биотопа всех классификационных уровней. На основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» было установлено преобладание в Национальном парке «Припятский» биотопов хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах (19 %), лиственных лесов на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах (11 %), лиственных лесов в долинах рек (10 %). На территории заказника «Старый Жаден» доминируют биотопы низинных осоковых болот (37 %) и хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах (25 %). Биотоп низинных осоковых болот главным образом превалирует на территории заказника «Ольманские болота» (31 %), менее распространены в пределах этого заказника биотопы хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах (24 %) и переходных болот (16 %). Определено, что три биотопа, которые занимают на территории рассматриваемых водно-болотных угодий 18 110 га, относятся к редким.

Ключевые слова: водно-болотные угодья; ВБУ; биотопы; картографирование биотопов; структура биотопов; охраняемые биотопы.

Образец цитирования:

Полюхович АН, Груммо ДГ, Зеленкевич НА. Структура биотопов ключевых водно-болотных угодий Припятского Полесья. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:74–88.
EDN: ARULVX

For citation:

Paliukhovich AM, Grummo DG, Zelenkevich NA. Structure of biotopes of key wetlands in Pripyat Polesie. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:74–88. Russian.
EDN: ARULVX

Авторы:

Андрей Николаевич Полюхович – аспирант кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – кандидат географических наук, доцент Н. В. Гагина.
Дмитрий Геннадьевич Груммо – доктор биологических наук, доцент; доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики¹⁾, директор²⁾.

Наталья Алексеевна Зеленкевич – кандидат биологических наук, доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории геоботаники и картографии растительности.

Authors:

Andrei M. Paliukhovich, postgraduate student at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics.
nadkimar@gmail.com

Dmitry G. Grummo, doctor of science (biology), docent; associate professor at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics^a, and director^b.
zm.hrumo@gmail.com

Natalia A. Zelenkevich, doctor of science (biology), docent; leading researcher at the laboratory of geobotany and vegetation cartography.
zeliankevich_nat@mail.ru

STRUCTURE OF BIOTOPES OF KEY WETLANDS
IN PRIPYAT POLESIEA. M. PALIUKHOVICH^a, D. G. GRUMMO^{a, b}, N. A. ZELENKEVICH^b^aBelarusian State University, 4 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus^bV. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany, National Academy of Sciences of Belarus,
27 Akademichnaja Street, Minsk 220072, Belarus

Corresponding author: A. M. Paliukhovich (nadkimar@gmail.com)

Abstract. The structure of wetland biotopes of the Pripjat Polesie is presented using the example of the Pripjatsky National Park and the nature reserves «Stary Zhaden» and «Olmansky Marshes». The condition for identifying a biotope was its compliance with the classification criteria of the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» and the EUNIS classification criteria. In accordance with the EUNIS classification, 7 biotopes of the first hierarchical level were identified in the wetlands under consideration: 40 biotopes were identified in the Pripjatsky National Park, 28 biotopes in the nature reserve «Stary Zhaden», and 34 biotopes of all classification levels in the nature reserve «Olmansky Marshes». Based on the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations», it was established that the following biotopes predominate in the Pripjatsky National Park: coniferous forests on raised, transitional and lowland bogs, birch forests on transitional bogs (19 %), deciduous forests on excessively moist soils and lowland bogs (11 %), and deciduous forests in river valleys (10 %). The nature reserve «Stary Zhaden» is dominated by biotopes of lowland sedge bogs (37 %) and coniferous forests on raised, transitional, and fens, and birch forests on transitional fens (25 %). The biotope of lowland sedge bogs is predominantly found on the territory of the nature reserve «Olmansky Marshes» (31 %), less common within the reserve are biotopes of coniferous forests on raised, transitional and lowland bogs, birch forests on transitional bogs (24 %) and transitional bogs (16 %). It was determined that three biotopes, which occupy 18 110 ha on the territory of the wetlands under consideration, are rare.

Keywords: wetlands; biotopes; biotope mapping; biotope structure; protected biotopes.

Введение

Выполнение обязательств Рамсарской конвенции позволило Республике Беларусь оказать влияние на сокращение биологического и ландшафтного разнообразия уязвимых экосистем болот; увеличение эмиссий парниковых газов, деградации осушенных почв; изменение климата; рост числа чрезвычайных ситуаций, сопряженных с неустойчивым использованием водных ресурсов (паводки, засухи, торфяные пожары). Решение проблем, связанных с сохранением биологического разнообразия, путем составления тематических картографических продуктов, отражающих современное состояние структуры биотопов водно-болотных угодий, является необходимой и актуальной задачей [1; 2].

В наибольшей степени антропогенному преобразованию были подвергнуты природные территории в пределах Белорусского Полесья, что обусловило возникновение на его территории ряда экологических проблем, таких как истощение водных ресурсов региона, усиление минерализации торфа, рост пожароопасности и развитие ветровой эрозии почв. Природные особенности Полесского региона требуют обеспечения особой сохранности и защиты территорий в его пределах, так как данный регион играет важную роль в поддержании экологической устойчивости не только государств, в границах которых он расположен, но и всей Европы. В связи с этим вопрос охраны природных экосистем Полесья является весьма актуальным.

Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» определяет биотоп как «природный объект (участок территории или акватории) с однородными экологическими условиями, являющийся местом обитания сообщества тех или иных видов диких животных и произрастания дикорастущих растений»¹.

Биотопы выступают центральным звеном европейской природоохранной политики. Директива Совета Европейского союза 92/43/ЕЭС от 21 мая 1992 г. «Об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны» является юридическим инструментом для эффективного менеджмента, позволяющим странам строить общеевропейскую систему охраны видового разнообразия представителей дикой флоры и фауны, а также конкретных природных биотопов, сохранение которых представляет наибольший интерес для Европы [2; 3].

¹Об охране окружающей среды : Закон Респ. Беларусь, 26 нояб. 1992 г., № 1982-XII // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. Минск, 2024. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982> (дата обращения: 05.06.2024).

Принципы концепции биотопов как основы для поддержания биологического и ландшафтного разнообразия начали применяться в Республике Беларусь с 2013 г. Трудности в этом процессе создают традиции развития природоохранного дела, а также некоторые проблемы научного плана: недостаточное развитие эколого-флористической классификации растительности; слабое взаимодействие между географами и биологами при разработке теоретических основ заповедного дела; наличие различных подходов, применяемых при проектировании и создании особо охраняемых природных территорий и др. [4; 5].

Все большее распространение в планировании и управлении землепользованием получают инвентаризация и картографирование местообитаний, что позволяет активно внедрять концепцию биотопов в отечественную природоохранную практику [2; 3; 6]. Наиболее эффективным мероприятием по охране ресурсов биологического и ландшафтного разнообразия Припятского Полесья является создание биосферного резервата «Припятское Полесье» площадью около 213 030 га, который включает в себя Национальный парк «Припятский», заказники «Старый Жаден» и «Ольманские болота» [7]. Эти территории имеют статус водно-болотных угодий международного значения².

Целью настоящего исследования является установление биотопической структуры ключевых водно-болотных угодий международного значения Припятского Полесья. Для ее реализации были проведены картографирование биотопов на основе классификаций EUNIS и ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» и анализ выявленной структуры биотопов. В ходе исследования использовались сравнительно-географический, математический и геоинформационный методы. Объектом исследования выступили территории водно-болотных угодий «Национальный парк «Припятский», «Старый Жаден», «Ольманские болота», предметом исследования – структуры их биотопов.

Материалы и методы исследования

Бернская конвенция, директива «Об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны», сеть охранных участков *Natura 2000*, программа CORINE (*Coordination of Information of the Environment*), информационная система EUNIS (*European Nature Information System*) являются основными европейскими программами и проектами, посвященными вопросам классификации, картографирования и инвентаризации местообитаний, а также вопросам формирования списков биотопов, нуждающихся в охране [8].

В научной и природоохранной практике используются несколько определений понятия «биотоп», которые подразумевают сочетание факторов физической среды с сообществом растений и животных. Близким этим дефинициям по смыслу является широко употребляемое определение понятия «местообитание», содержащееся в классификации EUNIS [9].

На материалах геоботанического картографирования основаны диагностика и инвентаризация местообитаний, нанесение их на карту. В качестве критериев выделения биотопов используются признаки растительности [10–13]. Картографирование биотопов – это процесс идентификации существующих местообитаний, который связан с картографированием растительности в целом, а не только ее структуры [14].

Вопросы конвертации геоботанических карт в карты биотопов, различающиеся по масштабу и детальности, имеют преимущественно техническое решение, эта конвертация предопределяет базовую роль геоботанической карты в новых направлениях тематического картографирования. Карта растительности позволяет практически полностью отразить степень биотопического разнообразия в соответствии с масштабом, она является основой для картографического отображения распределения по территории местообитаний разных уровней и типологических категорий [8].

В ряде исследований на основе данных дистанционного зондирования Земли в целях сохранения фоновых экологических показателей проводится анализ природно-ресурсного потенциала и структуры биотопов в пределах природоохранных территорий [15].

Классификация EUNIS позволяет подготовить опорный список всех типов наземных и водных местообитаний Европы для совершенствования менеджмента, направленного на сохранение важных территорий на международном уровне, эта классификация напрямую связана с мониторингом и составлением отчетов по биоразнообразию³. Данная классификация используется для подготовки отчетов о типах местообитаний на общеевропейском уровне.

²Ramsar Sites Information Service : website. URL: <https://rsis.ramsar.org/about> (date of access: 06.05.2024).

³EUNIS habitat type hierarchical view (version 2012) // European Environment Agency : website. URL: <https://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp> (date of access: 13.05.2024).

В ходе применения классификации EUNIS возникает ряд трудностей. К ним относится прежде всего отсутствие отчетливых диагностических критериев для многих типов местообитаний, что осложняет использование классификации на практике. Также исследователи отмечают неупорядоченность критериев классификации (применение разнородных диагностических признаков при выделении типов на одном и том же уровне, повторное использование какого-либо признака на разных уровнях) [11].

Все типы местообитаний в классификации EUNIS организованы в иерархическую систему. Каждое местообитание имеет буквенно-цифровой индекс, отражающий точное положение местообитания в иерархии и присущую ему на данном этапе степень детализации. Самым высоким является первый уровень, в пределах которого существует десять основных категорий:

- категория А – морские местообитания;
- категория В – приморские местообитания;
- категория С – внутренние поверхностные воды;
- категория D – болота, трясины и топи;
- категория Е – луга и земли с преобладанием разнотравья, мхов и лишайников;
- категория F – пустоши, кустарники и тундры;
- категория G – лесная местность, леса и другие лесистые земли;
- категория Н – континентальные местообитания с разреженной (менее 30 %) растительностью, скалы, осыпи и т. п.;
- категория I – регулярно или недавно возделываемые сельскохозяйственные, садоводческие и домашние местообитания;
- категория J – искусственные местообитания⁴ [12].

В целях планирования и управления землепользованием в Республике Беларусь разработан перечень критериев выделения биотопов, а также составлены требования к охране редких и типичных биотопов, введен ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств», в котором собраны критерии, служащие основой для выделения биотопов.

В техническом кодексе выделены следующие семь групп типичных и редких биотопов:

- группа 1 – биотопы травяных сообществ на сухих песчаных субстратах;
- группа 2 – биотопы пресноводных водотоков и водоемов;
- группа 3 – биотопы склерофильных кустарников;
- группа 4 – биотопы естественных и полустественных лугов;
- группа 5 – биотопы болот;
- группа 6 – биотопы лесов;
- группа 7 – биотопы искусственных сооружений.

В классификацию EUNIS были внедрены критерии для идентификации каждого местообитания [16]. В то же время обеспечена соотносимость принципов данной классификационной системы с принципами классификации биотопов на национальном уровне.

Для получения информации о водно-болотных угодьях международного значения, охраняемых в соответствии с Рамсарской конвенцией, существует сайт «Информационная служба рамсарских угодий»⁵. На этом сайте представлена база данных рамсарских угодий, которая содержит актуальную информацию о типах водно-болотных угодий, экологическом состоянии, землепользовании, угрозах, гидрологических ценностях каждого угодья, а также информацию об их пространственной структуре.

При картографировании структуры биотопов в настоящей работе использованы классификации EUNIS и ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств». Были проанализированы классификационные категории и их описательные характеристики. С использованием материалов геоботанических исследований определены принадлежность выявленных растительных сообществ к типологическим категориям. Условием выявления биотипа выступало его соответствие всем указанным для той или иной категории биотопов критериям. Основой для картографирования биотопов послужили карты растительности Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Картографические продукты были созданы в программной среде *QGIS*.

Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день в Республике Беларусь 26 рамсарских территорий занимают 777 894,83 га, или 3,7 %, 4 из них признаны частями трансграничных водно-болотных угодий международного значения.

⁴EUNIS habitat type hierarchical view (version 2012) // European Environment Agency : website. URL: <https://eunis.eea.europa.eu/habitats-code-browser.jsp> (date of access: 13.05.2024).

⁵Ramsar Sites Information Service : website. URL: <https://rsis.ramsar.org/about> (date of access: 06.05.2024).

Больше всего водно-болотных угодий международного значения сконцентрированы в Брестской, Витебской и Гомельской областях. В разрезе физико-географических провинций наибольшая площадь водно-болотных угодий сосредоточена в Полесской, Западно-Белорусской и Белорусской Поозерской провинциях.

Национальный парк «Припятский», заказники «Старый Жаден» и «Ольманские болота» расположены в пойме рек Горыни, Ствиги и Уборти – правых притоков р. Припяти. На севере данных водно-болотных угодий находится р. Припять с широкой поймой, далее на юге последовательно располагаются первая и вторая надпойменные террасы, водно-ледниковая равнина. Большая часть рассматриваемой территории находится на Лунинецкой аллювиальной равнине⁶.

Результаты картографирования биотопов для исследуемой территории на основе классификации EUNIS представлены на рис. 1–3. На территории упомянутых водно-болотных угодий отмечено распространение 7 биотопов первого иерархического уровня классификации. Максимальное количество биотопов выявлено в пределах водно-болотного угодья (ВБУ) «Национальный парк “Припятский”». Так, на территории рассматриваемых водно-болотных угодий наибольшую площадь занимают биотопы лесов (114 623 га, или 58 %). Меньшую площадь охватывают биотопы болот (68 311 га, или 34 %) и лугов (10 038 га, или 5 %).

Для территории ВБУ «Национальный парк “Припятский”» характерна сходная структура биотопов: леса занимают 59 461 га, или 67 %; болота – 15 106 га, или 17 %; луга – 9359 га, или 11 % (табл. 1).

Таблица 1

Структура биотопов ключевых водно-болотных угодий Припятского Полесья, выявленных на основе классификации EUNIS

Table 1

Hypotope structure of key wetlands in the Pripjat Polesie identified based on the EUNIS classification

Категории биотопов	ВБУ «Национальный парк “Припятский”»		ВБУ «Старый Жаден»		ВБУ «Ольманские болота»	
	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %
Категория С – внутренние поверхностные воды	23	0	–	–	85	<1
Категория D – болота, трясины и топи	15 106	17	7137	42	46 068	49
Категория E – луга и земли с преобладанием разнотравья, мхов или лишайников	9359	11	65	<1	614	1
Категория F – пустоши, кустарники и тундры	3267	4	101	1	1800	2
Категория G – лесная местность, леса и другие лесистые земли	59 461	67	9733	57	45 429	48
Категория I – регулярно или недавно возделываемые сельскохозяйственные, садоводческие и домашние местообитания	839	1	28	<1	–	–
Категория J – искусственные местообитания	50	<1	–	–	–	–

⁶Редкие и типичные биотопы в проектном регионе Припятское Полесье. Инвентаризация, разработка стратегии их охраны, основа для расширения Изумрудной сети : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси ; рук. Д. Г. Груммо. Минск, 2020. 37 с. № ГР 20200209 ; План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 2. Директивная часть / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 134, [21] с. ; План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 1 / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 272, [88] с. ; Разработать предложения в план управления заказником «Ольманские болота» в части растительного мира : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси ; рук. А. В. Пучило. Минск, 2014. 106 с. № ГР 20141040.

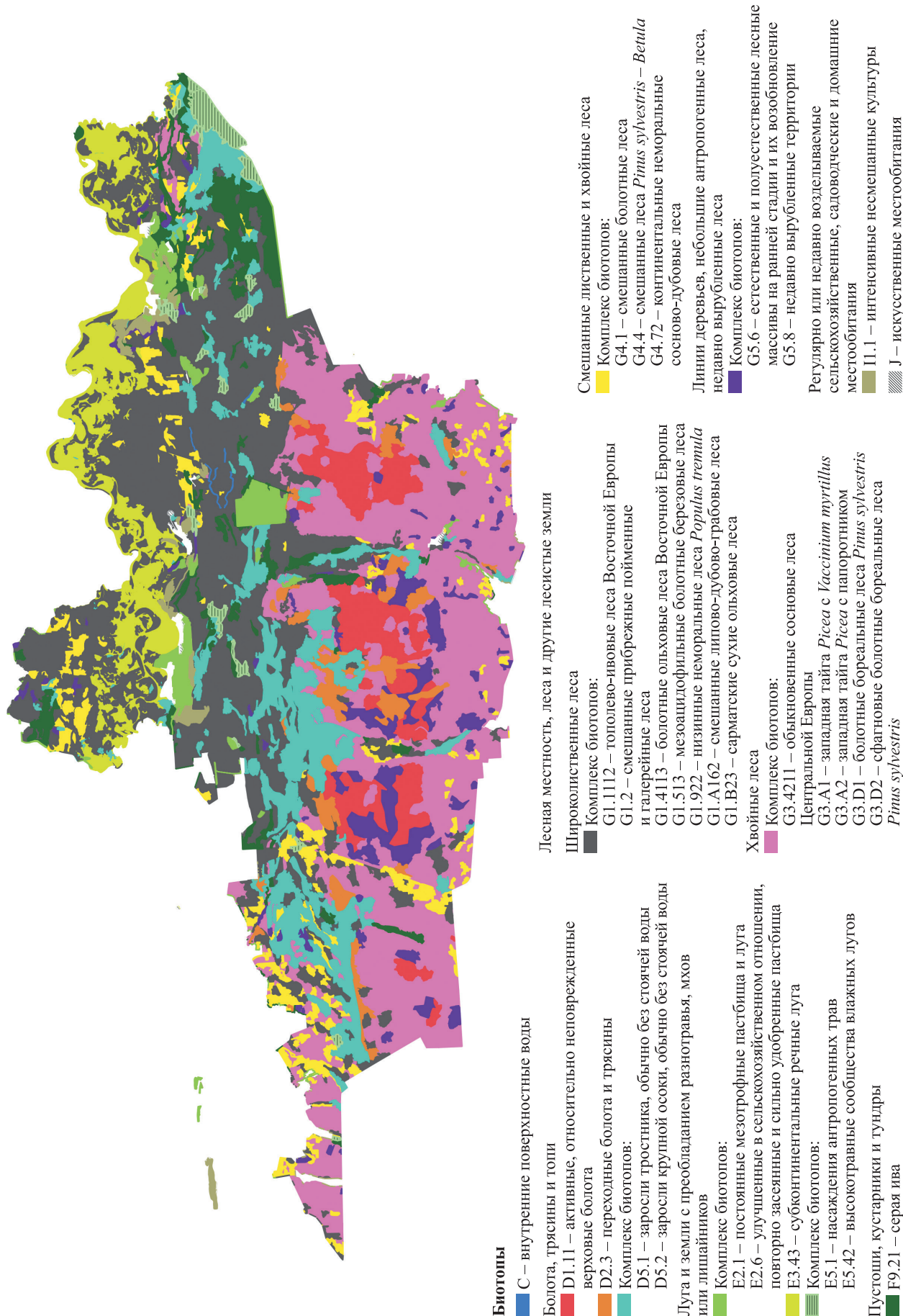


Рис. 1. Биотопы ББУ «Национальный парк «Припятский», выявленные на основе классификации EUNIS

Fig. 1. Biotopes of the wetland «Pripyatsky National Park» identified based on the EUNIS classification

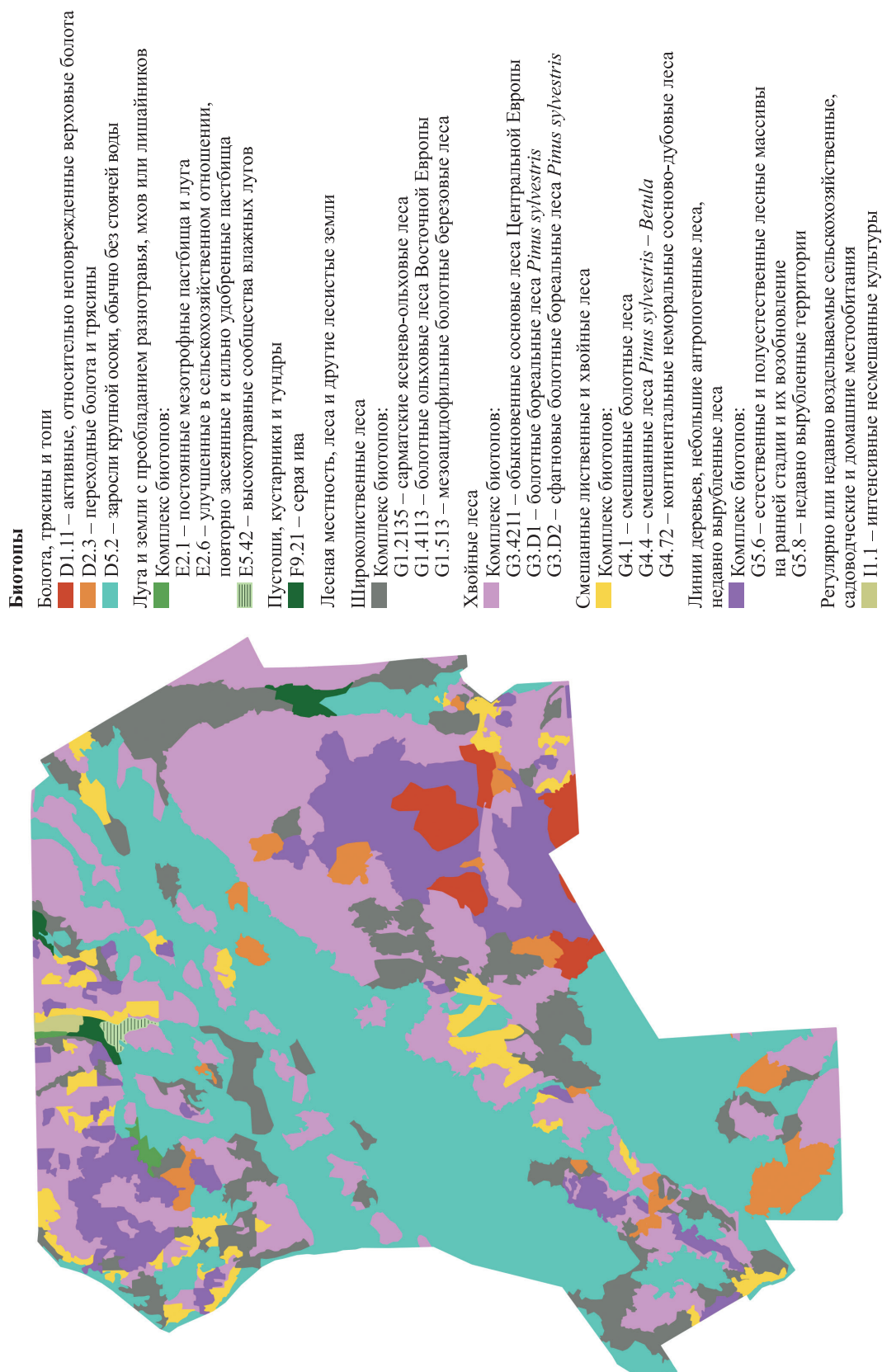


Рис. 2. Биотопы ВБУ «Старый Жаден», выявленные на основе классификации EUNIS

Fig. 2. Biotopes of the wetland «Stary Žaden» identified based on the EUNIS classification

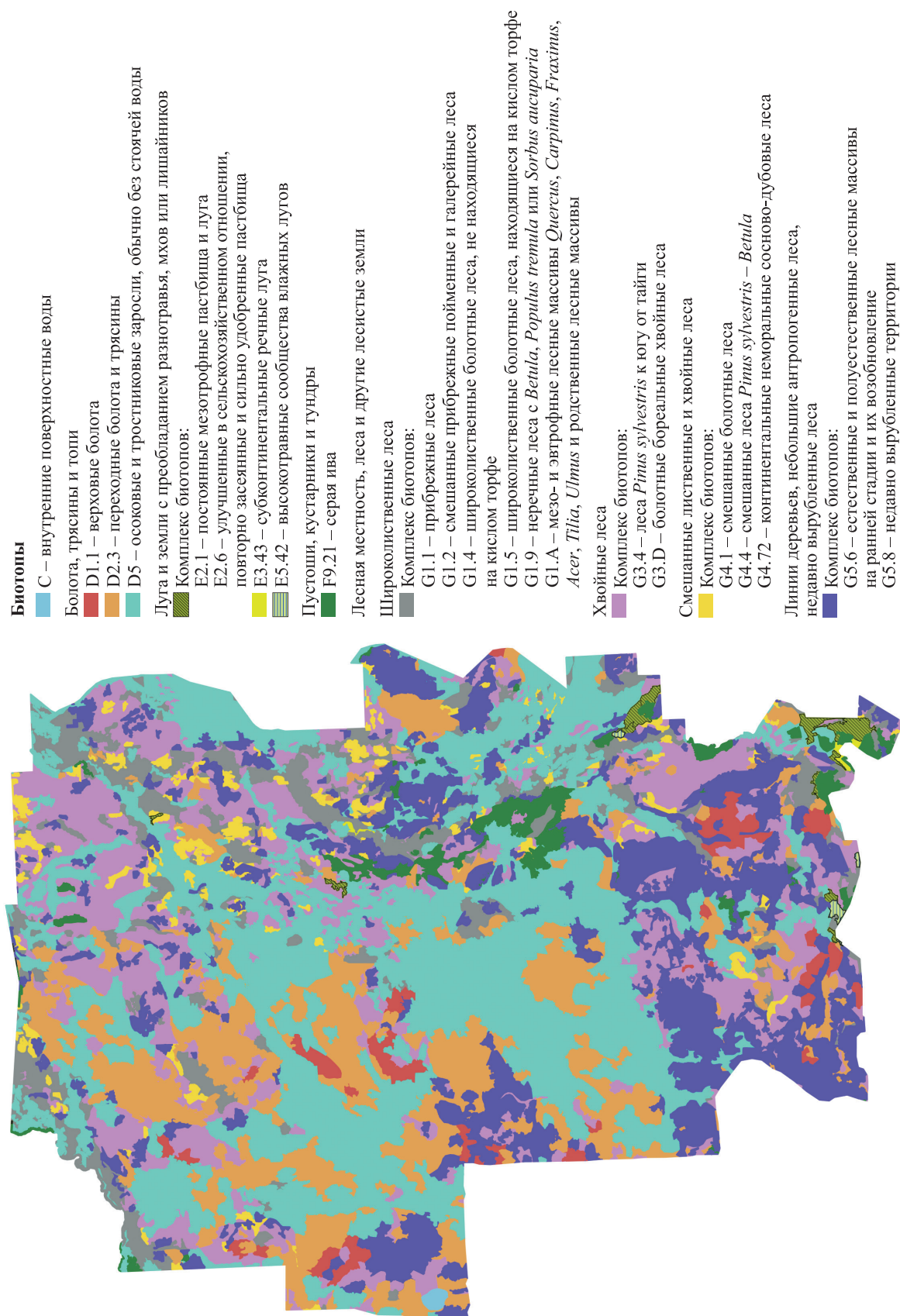


Рис. 3. Биотопы БУ «Ольманские болота», выявленные на основе классификации EUNIS
 Fig. 3. Biotopes of the wetland «Olmansky Marshes» identified based on the EUNIS classification

На территории водно-болотных угодий «Старый Жаден» и «Ольманские болота» получили наибольшее распространение биотопы лесов (9733 га, или 57 %, и 45 429 га, или 48 %, соответственно) и биотопы болот (7137 га, или 42 %, и 46 068 га, или 49 %, соответственно).

В пределах ВБУ «Национальный парк “Припятский”» выделено 40 биотопов, в пределах ВБУ «Старый Жаден» – 28 биотопов, в пределах ВБУ «Ольманские болота» – 34 биотопа всех иерархических уровней классификации.

На основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» на территории ВБУ «Национальный парк “Припятский”» выявлено 18 биотопов, на территории ВБУ «Старый Жаден» – 12 биотопов, на территории ВБУ «Ольманские болота» – 15 биотопов (рис. 4–6). Наибольшую площадь занимают биотопы лесов (119 786 га, или 60 %) и биотопы болот (68 311 га, или 34 %). Из них значительное распространение имеют биотопы хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах (44 022 га, или 22 %) и низинных осоковых болот (43 118 га, или 22 %).

Для ВБУ «Национальный парк “Припятский”» характерно преобладание биотопа хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах. Он охватывает 17 002 га, или 19 %, площади угодья. Биотоп лиственных лесов на избыточно увлажненных почвах и низинных болотах на территории угодья занимает 9793 га, или 11 %, биотоп лиственных лесов в долинах рек – 8965 га, или 10 % (табл. 2).

Таблица 2

Структура биотопов ключевых водно-болотных угодий Припятского Полесья, выявленных на основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств»

Table 2

Biotope structure of key wetlands in the Pripjat Polesie identified based on technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» classification

Группы биотопов	ВБУ «Национальный парк “Припятский”»		ВБУ «Ольманские болота»		ВБУ «Старый Жаден»	
	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %	Площадь биотопов, га	Доля биотопов, %
Группа 2 – биотопы пресноводных водотоков и водоемов	23	<1	85	<1	–	–
Группа 4 – биотопы естественных и полуестественных лугов	10 198	12	614	1	93	1
Группа 5 – биотопы болот	15 106	17	46 068	49	7137	42
Группа 6 – биотопы лесов	62 728	71	47 229	50	9829	58
Группа 7 – биотопы искусственных сооружений	50	<1	–	–	–	–

На территории ВБУ «Старый Жаден» доминируют биотопы низинных осоковых болот (6229 га, или 37 %) и хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах (4196 га, или 25 %) (см. табл. 2).

Биотоп низинных осоковых болот главным образом характерен для территории ВБУ «Ольманские болота». Он охватывает 28 819 га, или 31 %, площади угодья. Биотоп хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах занимает на территории заказника 22 824 га, или 24 %, биотоп переходных болот – 15 115 га, или 16 % (см. табл. 2).

Пойменные ландшафты с лугами, дубравами и болотами приурочены к поймам р. Припяти и ее притоков. Лугово-озерные комплексы характеризуются разнообразным рельефом (от плоского до мелко-гравистого), наличием многочисленных старичных озер, господством осоковых, злаково-осоковых и злаковых лугов, часто с одиночными деревьями дуба. Аллювиальные террасированные ландшафты, слабо дренированные, с широколиственно-сосновыми лесами, дубравами, березняками, черноольшаниками на низинных болотах, расположенные на надпойменных террасах р. Припяти, получили широкое распространение в пределах рассматриваемых водно-болотных угодий.

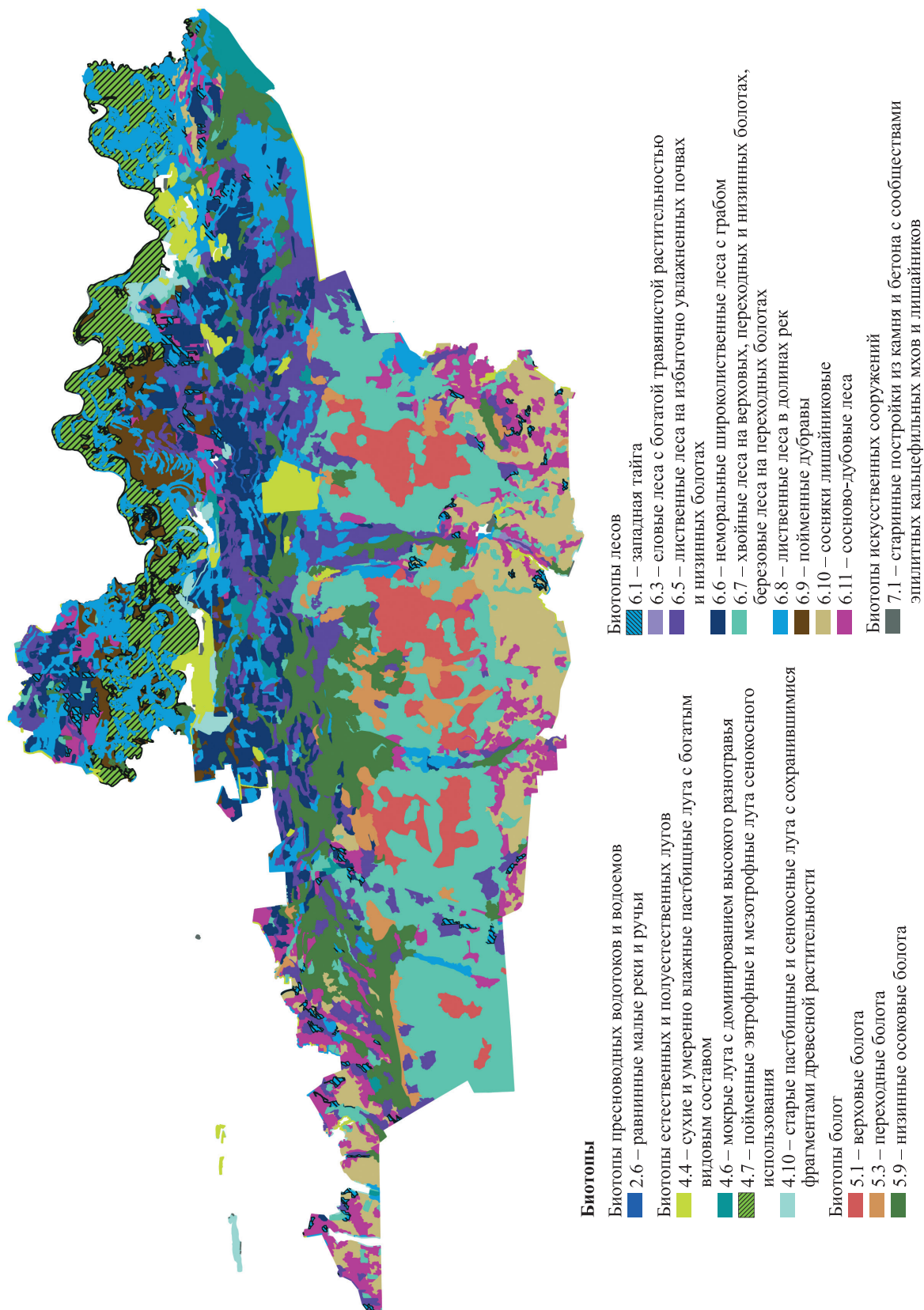


Рис. 4. Биотопы ВБУ «Национальный парк «Припятский»», выявленные на основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств»

Fig. 4. Biotopes of the wetland «Prip'yatsky National Park» identified based on the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» classification

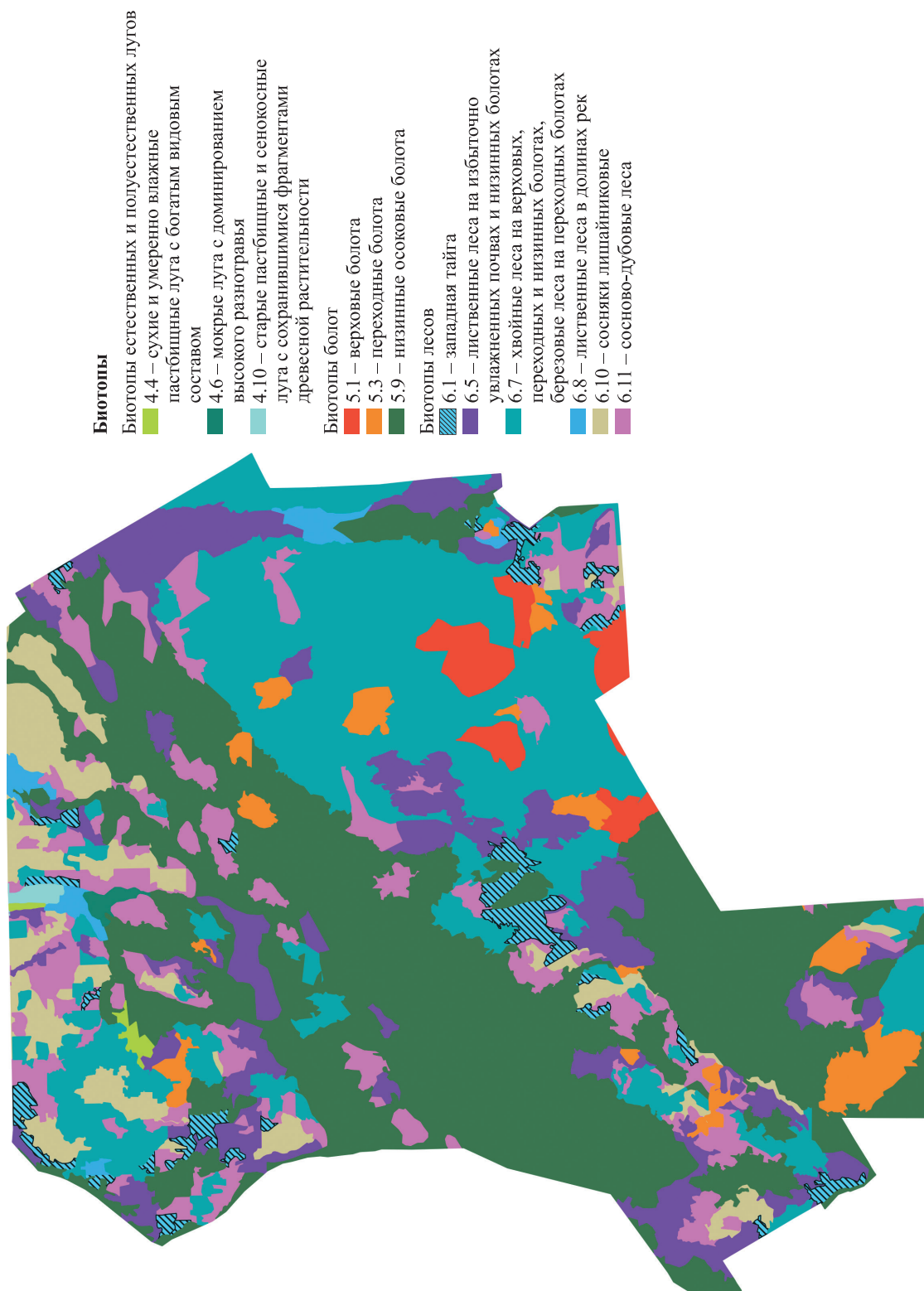


Рис. 5. Биотопы ВБУ «Старый Жаден», выявленные на основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств»

Fig. 5. Biotopes of the wetland «Stary Zhaden» identified based on the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» classification

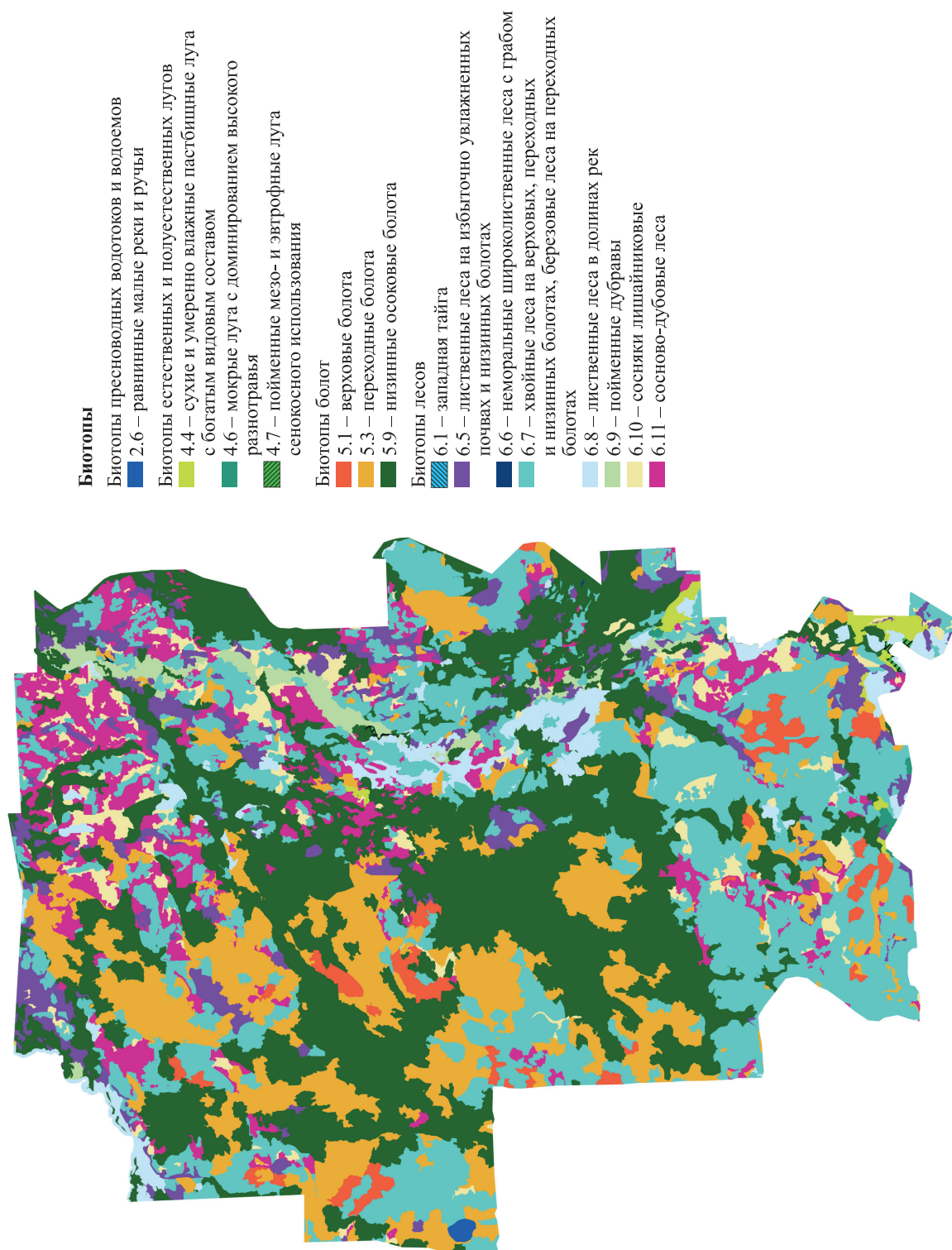


Рис. 6. Биотопы БУ «Ольманские болота», выявленные на основе классификации ТКП 17.12.06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств»

Fig. 6. Biotopes of the wetland «Olmansky Marshes» identified based on the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» classification

Для недренированных болотных ландшафтов характерно преобладание верховых, реже переходных болот, покрытых коренными мелколиственными и сосновыми лесами. Водно-ледниковые ландшафты, дренированные, с сосновыми и вторичными мелколиственными лесами, приурочены к самым высоким абсолютным отметкам рельефа⁷ [17].

Лесная и кустарниковая растительность занимает 77 % площади ВБУ «Национальный парк “Припятский”». На долю болотной и луговой растительности в ВБУ «Национальный парк “Припятский”» приходится 11 и 2 % территории соответственно⁸.

Преобладающим типом в структуре растительного покрова ВБУ «Старый Жаден» являются леса, которые занимают 50 % площади угодья. Доминируют сосновые леса (68 %), высоким участием характеризуются пушистоберезовые (12 %) и повислоберезовые (16 %) леса. Незначительная доля лесопокрываемой площади принадлежит черноольшаникам (3 %), фрагментарно встречаются плакорные дубравы (1 %) и производные осинового леса (менее 1 %)⁹ [17].

В пределах ВБУ «Ольманские болота» представлены все основные типы растительности: лесная (54 %), луговая (менее 1 %), болотная (44 %), прибрежно-водная и водная (1 %) растительность¹⁰ [17].

На территории рассматриваемых ВБУ 121 911,8 га биотопов подлежат охране в рамках европейского законодательства, в их границах выделено 43 биотопа всех иерархических уровней классификации. Наибольшую долю они занимают на территории водно-болотных угодий «Национальный парк “Припятский”» и «Старый Жаден».

На территории ВБУ «Национальный парк “Припятский”» выделено 42 биотопа всех иерархических уровней классификации. Охраняемым в рамках европейского законодательства биотопам принадлежат 54 803,9 га, или 62 %, площади угодий. Наибольшую площадь (8091,4 га, или 9 %) занимают мезо- и эвтрофные лесные массивы *Quercus – Fraxinus – Carpinus betulus*. Также на 9 % территории угодий (8037,7 га) распространен биотоп зарослей крупной осоки, обычно без стоячей воды.

На территории ВБУ «Старый Жаден» выделено 9 биотопов всех иерархических уровней классификации. Охраняемым биотопам принадлежат 10 615,3 га. Наибольшую площадь занимает биотоп зарослей крупной осоки (6273,3 га, или 37 %). На 11 % территории (1914,6 га) распространен биотоп сфагновых лесов *Betula*.

В рамках европейского законодательства на территории ВБУ «Ольманские болота» подлежат охране 24 биотопа всех иерархических уровней классификации, они занимают 56 492,6 га, или 60 %, площади угодья. Главным образом распространен биотоп болотных лесов *Alnus*, находящихся на кислом торфе (28 367,5 га, или 30 %, территории). Биотопы переходных болот и трясин занимают 15 130,1 га, или 16 %, площади угодья.

Согласно классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» к редким на территории рассматриваемых водно-болотных угодий относятся три биотопа: 1) пойменные дубравы; 2) сосняки лишайниковые; 3) старинные постройки из камня и бетона с сообществами эпилитных кальцефильных мхов и лишайников. Они занимают 18 110 га, или 9 %, площади угодья. На территории ВБУ «Национальный парк “Припятский”» получили распространение все три редких биотопа (2932 га, или 3 %; 7678 га, или 9 %; 50 га, или менее 1 %, соответственно). Для ВБУ «Старый Жаден» характерен только один редкий биотоп – сосняки лишайниковые (1087 га, или 6 %, площади угодья). На территории ВБУ «Ольманские болота» распространены редкие биотопы пойменных дубрав (1549 га, или 2 %) и сосняков лишайниковых (4814 га, или 5 %) (рис. 7).

⁷Редкие и типичные биотопы в проектом регионе Припятское Полесье. Инвентаризация, разработка стратегии их охраны, основа для расширения Изумрудной сети : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси ; рук. Д. Г. Груммо. Минск, 2020. 37 с. № ГР 20200209 ; План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 2. Директивная часть / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 134, [21] с. ; План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 1 / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 272, [88] с. ; Разработать предложения в план управления заказником «Ольманские болота» в части растительного мира : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси ; рук. А. В. Пучило. Минск, 2014. 106 с. № ГР 20141040.

⁸План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 2. Директивная часть / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 134, [21] с. ; План управления Национальным парком «Припятский». Кн. 1 / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам» ; рук. М. Е. Никифоров. Минск, 2012. 272, [88] с.

⁹Территории, важные для птиц у Беларуси : каталог / Грамад. орг. «Ахова птушак Бацькаўшчыны» ; пад агул. рэд. С. В. Левага. Минск : Рыфтур Прынт, 2015. 152 с.

¹⁰Разработать предложения в план управления заказником «Ольманские болота» в части растительного мира : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т эксперим. ботаники НАН Беларуси ; рук. А. В. Пучило. Минск, 2014. 106 с. № ГР 20141040.

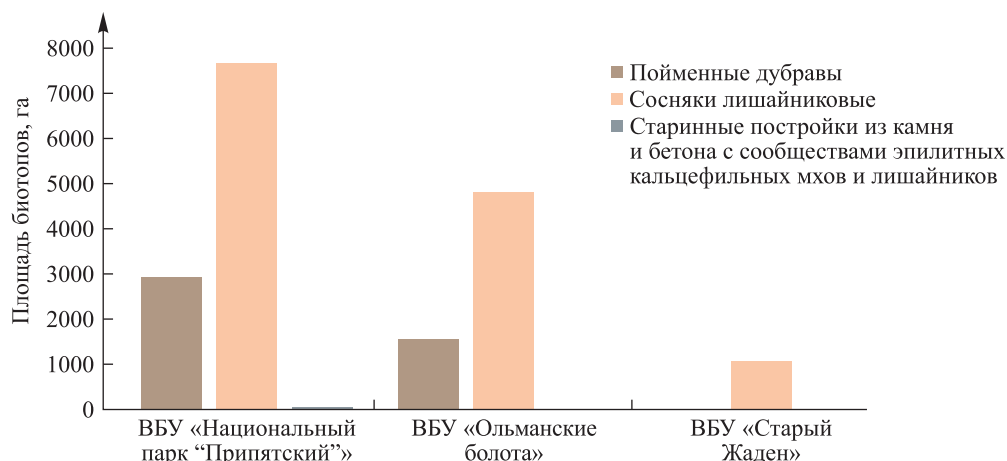


Рис. 7. Площадь охраняемых биотопов ключевых водно-болотных угодий Припятского Полесья, выявленных на основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств»

Fig. 7. Square of protected biotopes of key wetlands in the Pripyat Polesie identified based on the technical code of conduct 17.12-06-2021 (33140) «Rules for identifying typical and (or) rare biotopes, typical and (or) rare natural landscapes, issuing their passports and conservation obligations» classification

Заклучение

Горизонтальное строение биотопов отражено в виде мозаики на картографических продуктах. Таким образом, в соответствии с классификацией EUNIS на территории водно-болотных угодий «Национальный парк «Припятский»», «Старый Жаден», «Ольманские болота» наибольшую площадь занимают биотопы лесов (58 %), болот (34 %) и лугов (5 %). В пределах ВБУ «Национальный парк «Припятский»» биотопы лесов охватывают 59 461 га, или 67 %, территории, в пределах ВБУ «Старый Жаден» – 9733 га, или 57 %, территории, в пределах ВБУ «Ольманские болота» – 45 429 га, или 48 %, территории.

В рамках европейского законодательства на территории ВБУ «Национальный парк «Припятский»» охраняемые биотопы занимают 54 803,9 га, или 62 %, площади угодья. Всего в границах парка выделено 42 биотопа всех иерархических уровней классификации. В пределах ВБУ «Старый Жаден» охраняемые биотопы занимают 10 615,3 га территории. В этом заказнике выделено 9 биотопов. На территории ВБУ «Ольманские болота» подлежат охране 24 биотопа всех иерархических уровней классификации, они занимают 56 492,6 га, или 60 %, площади угодья.

На основе классификации ТКП 17.12-06-2021 (33140) «Правила выявления типичных и (или) редких биотопов, типичных и (или) редких природных ландшафтов, оформления их паспортов и охранных обязательств» выявлено, что биотопам лесов принадлежат 119 786 га, или 60 %, территории угодий, биотопам болот – 68 311 га, или 34 %, территории угодий. Наибольшую площадь занимают биотопы хвойных лесов на верховых, переходных и низинных болотах, березовых лесов на переходных болотах и низинных осоковых болот (44 022 и 43 118 га соответственно). В пределах ВБУ «Национальный парк «Припятский»» выделено 18 биотопов, в пределах ВБУ «Старый Жаден» – 12 биотопов, в пределах ВБУ «Ольманские болота» – 15 биотопов. К редким относятся три биотопа, которые занимают 18 110 га, или 9 %, территории угодий: 1) пойменные дубравы; 2) сосняки лишайниковые; 3) старинные постройки из камня и бетона с сообществами эпилитных кальцефильных мхов и лишайников.

Библиографические ссылки

1. Речиц ЕВ. Проблемы правового регулирования учета водно-болотных угодий в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. Право*. 2017;1:97–105. EDN: XYZQIH.
2. Груммо ДГ, Зеленкевич НА. К вопросу охраны природных биотопов в Беларуси. В: Дідух ЯП, Дубина ДВ, редактори. *Класифікація рослинності та біотопів України. Матеріали третьої науково-теоретичної конференції; 19–21 квітня 2018 р.; Київ, Україна*. Київ: Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України; 2018. с. 44–50.
3. Груммо ДГ, Зеленкевич НА, Цвирко РВ, Журавлев ДВ, Мойсейчик ЕВ, Ермоленкова ГВ и др. *Рамсарские территории Беларуси: болото Дикое*. Груммо ДГ, редактор. Минск: Колорград; 2020. 260 с.

4. Зеленкевич НА, Груммо ДГ, Роговский НМ, Тимашкова АВ, Созинов ОВ. Интеграция принципов Изумрудной сети в систему и схемы охраны окружающей среды на территории Беларуси. *Природные ресурсы*. 2022;1:79–92.
5. Груммо ДГ, Цвирко РВ, Куликова ЕЯ, Зеленкевич НА, Мойсейчик ЕВ, Русецкий СГ и др. *Растительность и биотопы Национального парка «Нарочанский» с картой наземной растительности (М 1 : 60 000) и картой биотопов (М 1 : 60 000)*. Пугачевский АВ, редактор. Минск: Колорград; 2017. 82 с.
6. Пугачевский АВ, Вершицкая ИИ, Ермохин МВ, Степанович ИМ, Созинов ОВ, Сакович АА. *Редкие биотопы Беларуси*. Минск: Альтиора – живые краски; 2013. 236 с.
7. Хомич ВС, Карабанов АК, Лиштва ИИ, Пугачевский АВ, Петрушко ИС, Демянчик ВТ и др. Природные ресурсы Припятского Полесья и их рациональное использование. *Природопользование*. 2015;27:5–16. EDN: YWYNBR.
8. Лавриненко ИА. Подходы европейских экологов к типологии и картографированию местообитаний. *Геоботаническое картографирование*. 2020;2020:51–77. DOI: 10.31111/geobotmap/2020.51.
9. Ершов ДВ, Гаврилюк ЕА, Тихонова ЕВ, Браславская ТЮ, Королева НВ, Бавшин ИМ и др. Вероятностная оценка распределения ключевых биотопов в лесах Национального парка «Смоленское Поозерье» на основе спутниковых и топографических данных. *Лесоведение*. 2020;1:17–34. DOI: 10.31857/S0024114820010052.
10. Королева НЕ. Основные биотопы северотаежных лесов и березовых криволесий Мурманской области: ландшафтное и ботаническое разнообразие, основания для охраны. *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2011;14(4):819–832. EDN: RBWFEP.
11. Браславская ТЮ, Тихонова ЕВ. Лесные и кустарниковые местообитания Национального парка «Смоленское Поозерье»: к вопросу об использовании классификации EUNIS при инвентаризации биоразнообразия и организации его охраны. *Разнообразие растительного мира*. 2020;1:17–35. DOI: 10.22281/2686-9713-2020-1-17-35.
12. Viciani D, Dell’Olmo L, Ferretti G, Lazzaro L, Lastrucci L, Foggi B. Detailed Natura 2000 and CORINE biotopes habitat maps of the island of Elba (Tuscan Archipelago, Italy). *Journal of Maps*. 2016;12(3):492–502. DOI: 10.1080/17445647.2015.1044040.
13. Лавриненко ИА, Лавриненко ОВ. Местообитания восточноевропейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий». *Фиторазнообразие Восточной Европы*. 2020;14(4):359–397. EDN: UNTTAP.
14. Qiu L, Gao T, Gunnarsson A, Hammer M, von Bothmer R. A methodological study of biotope mapping in nature conservation. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2010;9(2):161–166. DOI: 10.1016/j.ufug.2010.01.003.
15. Sheviakina N, Trofymchuk O, Zahorodnia S, Tomchenko OV. Remote sensing monitoring of biotopes distribution within nature reserve area. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2020;76(3):109–120. DOI: 10.5755/j01.erem.76.3.25204.
16. Фомин ВВ, Иванова НС, Залесов СВ, Михайлович АП. Общеευропейские подходы к классификации местообитаний, растительности и типов леса. *Известия вузов. Лесной журнал*. 2022;4:9–24. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-9-24.
17. Лобанок ПИ, составитель. *Заповедные территории Беларуси*. Минск: Беларуская энцыклапедыя; 2008. 413, [2] с.

Получена 21.07.2024 / исправлена 05.03.2025 / принята 16.09.2025.
Received 21.07.2024 / revised 05.03.2025 / accepted 16.09.2025.

УДК [911.2:551.8](476.1)

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕМЕННЫХ ФЛОР ГОЛОЦЕНА И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Г. И. ЛИТВИНЮК¹⁾, М. В. ВОРОБЕЙ²⁾

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

²⁾Белгеодезия, пр. Машерова, 17, 220029, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты палеокарпологического изучения голоценовых отложений на территории Беларуси. Рассмотрены условия залегания отложений в разрезе «Брод» на р. Западной Березине, в разрезе «Морино», «Каролин – Свержень» и «Подбараны» на р. Неман, в разрезе «Семеновичи» на р. Усе, в разрезе «Пески» на р. Зельвянке, в разрезе «Боровая» на р. Днепр. Проанализированы состав ископаемых семенных комплексов и условия их формирования. Определены наиболее термофильные руководящие виды из состава древесных, кустарниковых и травянистых растений, на основании которых методом климатических ареалов реконструированы температурные показатели самого теплого месяца (средняя температура +18,8 °С для июля) и самого холодного месяца (средняя температура –0,5 °С для января) для атлантического периода голоцена.

Ключевые слова: палеогеография; палеоклимат; палеокарпологический анализ; семенная флора; атлантический период; голоцен.

Образец цитирования:

Литвинюк ГИ, Воробей МВ. Условия формирования семенных флор голоцена и палеоклиматические реконструкции атлантического периода на территории Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:89–105.
EDN: KWSLQD

For citation:

Litvinyuk GI, Vorobey MV. Conditions of formation of seed floras of the Holocene and paleoclimatic reconstructions of the Atlantic period in the territory of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:89–105. Russian.
EDN: KWSLQD

Авторы:

Георгий Иванович Литвинюк – кандидат геолого-минералогических наук, доцент; доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Максим Валерьевич Воробей – специалист отдела формирования и ведения Государственного картографо-геодезического фонда.

Authors:

Georgiy I. Litvinyuk, PhD (geology and mineralogy), docent; associate professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.
litvinhi@bsu.by

Maksym V. Vorobey, specialist at the department of formation and maintenance of the State Cartographic and Geodetic Fund.
maks.vorobey.2020@mail.ru

CONDITIONS OF FORMATION OF SEED FLORAS OF THE HOLOCENE AND PALEOCLIMATIC RECONSTRUCTIONS OF THE ATLANTIC PERIOD IN THE TERRITORY OF BELARUS

G. I. LITVINYUK^a, M. V. VOROBAY^b

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

^bBelgeodesy, 17 Masherava Avenue, Minsk 220029, Belarus

Corresponding author: M. V. Vorobey (maks.vorobey.2020@mail.ru)

Abstract. The results of paleocarpological study of Holocene deposits in the territory of Belarus are presented. The conditions of occurrence of Holocene deposits in the section «Brod» on the Western Berezina River, in the sections «Morino», «Karolin – Sverzhen'» and «Podbarany» on the Neman River, in the section «Semenovichi» on the Usa River, in the section «Peski» on the Zelvyanka River, in the section «Borovaya» on the Dnieper River are considered. The composition of fossil seed complexes and the conditions of their formation are analysed. The most thermophilic key species from the composition of woody, shrub and herbaceous plants are determined, based on which the temperature indicators of the warmest month (average temperature +18.8 °C for July) and coldest month (average temperature –0.5 °C for January) for the Atlantic period of the Holocene are reconstructed using the climatic plant range method.

Keywords: paleogeography; paleoclimate; paleocarpological analysis; seed flora; Atlantic period; Holocene.

Введение

На территории Беларуси отложения голоцена довольно широко распространены. Многие исследователи изучали их с применением различных методов. О характере растительного покрова Беларуси после отступления последнего ледника можно судить по особенностям развития флоры голоцена, отражающим изменения климата за последние 11,7 тыс. календарных лет и имеющим важное значение для прогноза преобразований растительного покрова страны [1; 2]. Наиболее теплым временем в рамках голоцена считается атлантический период (~9,0–5,5 тыс. календарных лет), с которым связано развитие широколиственных и хвойно-широколиственных лесов с дубом, липой, вязом, ольхой и лещиной. В рассматриваемый период накапливались наиболее органогенные отложения, представленные сапропелем, торфами и гумусированными супесями.

Текущее глобальное потепление считается одной из наиболее насущных проблем, с которой вскоре придется столкнуться человечеству. Оценить реакцию растительности на потепление можно на основе анализа подобных изменений в недалеком прошлом (в период голоцена, четвертичный период (время муравинского межледниковья и до него)). При реконструкции палеогеографических обстановок важное значение имеет определение возраста отложений палеоботаническими методами с привлечением радиологических данных. На территории Беларуси, как и во всем мире, отложения голоцена изучаются комплексом методов в течение многих лет, среди которых ведущее место занимает палинологический анализ. Наиболее полные голоценовые разрезы установлены в донных осадках озер, изучение которых позволило провести реконструкцию климата и растительности, а также выявить особенности осадко-накопления в этот отрезок времени. На основе палеонтологических и радиоуглеродных данных разработана стратиграфическая (геохронологическая) схема голоцена [3].

Учитывая, что во время оптимальной фазы голоцена климат был теплее современного климата, цель настоящего исследования заключается в реконструкции палеогеографических условий именно атлантического периода, который может быть своеобразным аналогом предстоящего преобразования окружающей среды при долгосрочном потеплении. Палеоклиматические реконструкции в работе базируются на палеокарпологических данных, а именно на анализе семенной флоры, выявленной в отложениях оптимума голоцена. Подобные реконструкции на основе ископаемой семенной флоры для оптимума голоцена ранее не проводились.

Материалы и методы исследования

Для проведения палеогеографических реконструкций на основе палеокарпологических исследований использовались данные литературных источников [4–13]. В результате анализа собранного фактического материала было отобрано семь разрезов, в которых отложения, накопившиеся в период ~9,0–5,5 тыс. календарных лет, содержали плоды и семена теплолюбивых видов: древесных пород (липа (*Tilia*), граб

(*Carpinus*), клен (*Acer*), дуб (*Quercus*), орешник (*Corylus*)), травянистых растений (кубышка желтая (*Nuphar lutea*), кувшинка белая (*Nymphaea alba*), камыш (*Scirpus lacustris*), наяда (*Najas*), рдест (*Potamogeton*)) и др. (рис. 1).

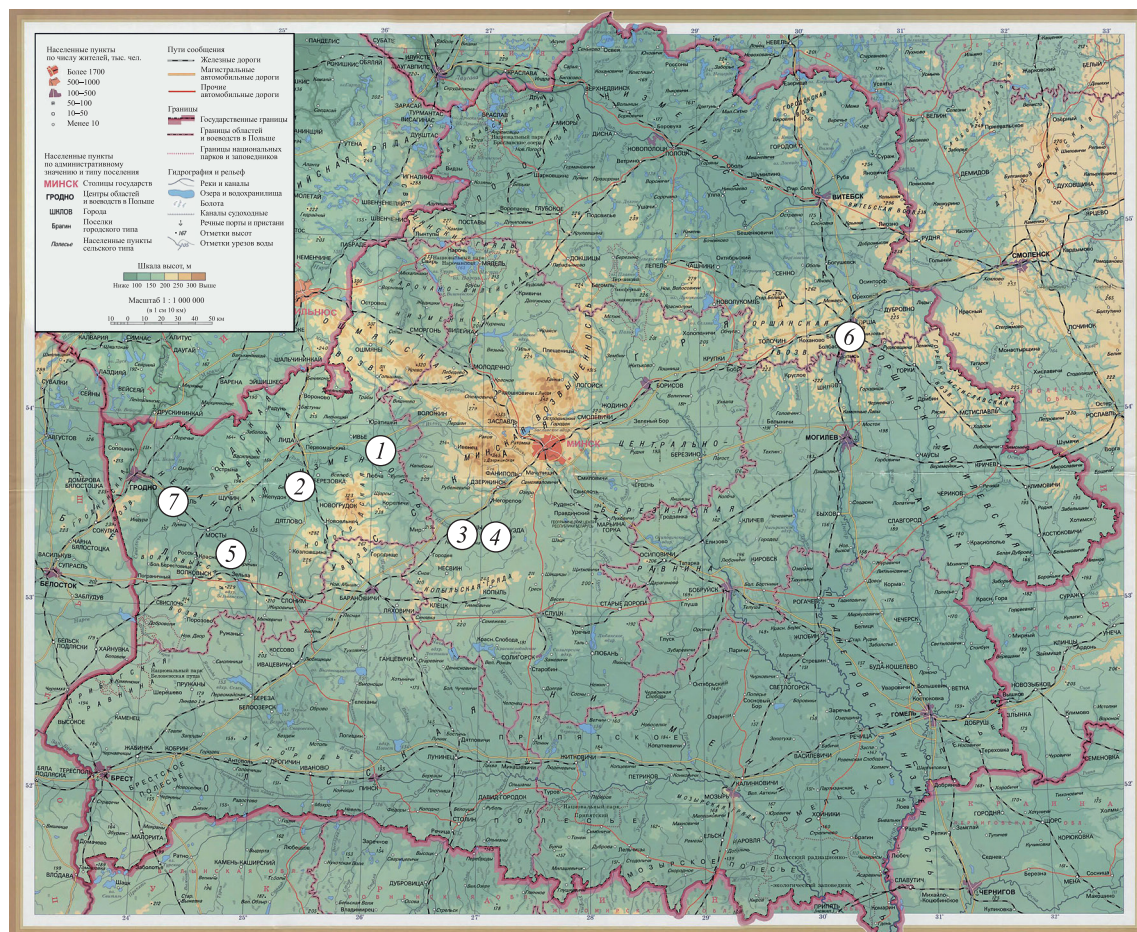


Рис. 1. Схема расположения голоценовых разрезов атлантического периода, содержащих широколиственные породы: 1 – «Брод»; 2 – «Морино»; 3 – «Каролин – Свержень»; 4 – «Семеновичи»; 5 – «Пески»; 6 – «Боровая»; 7 – «Подбараны»

Fig. 1. Scheme of the location of Holocene sections of the Atlantic period containing broad-leaved species: 1 – «Brod»; 2 – «Morino»; 3 – «Karolin – Sverzen'; 4 – «Semenovichi»; 5 – «Peski»; 6 – «Borovaya»; 7 – «Podbarany»

Реконструкции количественных климатических показателей по данным семенной флоры проводились с использованием палеофлористического метода Гричука [14], который базируется на тесной связи растений с климатическими условиями территории их обитания. Для каждого вида, обнаруженного в изученных отложениях, строились графики климатических ареалов (климатограммы), отражающие их приуроченность к конкретным климатическим показателям. Совмещение климатограмм всех таксонов ископаемой флоры для определенного временного интервала позволяет выделить общее климатическое поле с точностью климатических палеотемператур до $\pm 1^\circ\text{C}$.

Результаты и их обсуждение

Разрез «Брод» на р. Западной Березине. Геологическое обнажение расположено в урочище Туронково Молодечненского района. Оно было открыто группой белорусских геологов, изучавших краевые ледниковые образования Минской возвышенности и долину р. Западной Березины [15]. В уступе высокой поймы реки обнажается линза старичных отложений мощностью около 1 м, которая сложена буровато-черными, листоватыми, плохо разложившимися торфами с обломками древесины и темно-серыми гумусированными супесями, залегающими в толще аллювиальных песков.

Для палеокарпологического анализа были отобраны породы из торфянистой части разреза. В результате промывки и обработки полученного материала в лабораторных условиях было выявлено 27 видов семян ископаемых растений, основу которых составили древесные породы (табл. 1).

Таблица 1

Состав семенной флоры торфянистой части
разреза «Брод» на р. Западной Березине

Table 1

Composition of the seed flora of the peat part
of the section «Brod» on the Western Berezina River

Растение	Количество остатков
<i>Picea</i> sp.	31, пс
<i>Pinus</i> sp.	4
<i>Potamogeton</i> cf. <i>alpinus</i> L.	2
<i>P. pusillus</i> L.	101
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	97
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	65
<i>Carex</i> subg. <i>Vignea</i>	>100
<i>Lemna minor</i> L.	354
<i>Salix</i> sp.	пс
<i>Betula alba</i> L.	7
<i>Corylus avellana</i> L.	1, пс
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	>100
<i>Humulus lupulus</i> L.	2
<i>Urtica dioica</i> L.	146
Caryophyllaceae gen.	17
<i>Ranunculus repens</i> L.	21
<i>Batrachium</i> sp.	5
<i>Rubus idaeus</i> L.	68
<i>Acer campestre</i> L.	15
<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	26, пс
<i>Cicuta virosa</i> L.	12
<i>Lycopus europaeus</i> L.	47
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	29
<i>Mentha arvensis</i> L.	4
<i>Solanum dulcamara</i> L.	13
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	1
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	5

Примечание. Здесь и в табл. 2–4 используются следующие обозначения: пс – единичные обломки плодов и семян; ш – обломки шишки.

Судя по составу флоры, в растительных сообществах господствующее положение занимала ольха серая (*Alnus glutinosa*), представленная массовым количеством плодов и сережек, что свидетельствует о преобладании ольшаников в пойме. В качестве примесей встречались береза (*Betula alba*) и ива (*Salix*), на что указывают небольшое количество остатков первой и единичные листочки второй. Следует отметить довольно широкое распространение в лесных сообществах таких широколиственных пород, как клен (*Acer campestre*) и липа (*Tilia platyphyllos*), которые представлены большим количеством плодов. Если остатки клена были полностью вызревшими и хорошо узнавались, то большинство плодов липы выглядели недоразвитыми, видовая принадлежность была определена лишь по нескольким экземплярам. Незначительное видовое разнообразие широколиственных пород в растительных сообществах свидетельствует

об их произрастании за пределами поймы, на более возвышенных местах, но на расстоянии не более 100–200 м от места захоронения, так как плоды и семена этих растений являются крупными, тяжелыми и не могут переноситься ветром на большие расстояния (как, например, чешуйки березы). На водоразделах росли сосна и ель, в подлеске произрастал орешник, но господствующее положение среди древесных пород занимала ель обыкновенная. Состав семян травянистой растительности был значительно беднее. Он представлен единичными экземплярами как теплолюбивых видов, так и видов умеренных условий обитания (*Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Scirpus lacustris*, *Najas*, *Potamogeton*). В массовом количестве встречались остатки *Lemna minor*, *Scirpus sylvaticus*, *Carex* subg. *Viginea*, *Potamogeton pusillus*, *Alisma plantago-aquatica*. Набор водной и водно-болотной флоры свидетельствует о незначительной проточности водоема. Ряд видов умеренных условий обитания или широкого ареала распространения (*Lycopus europaeus*, *Batrachium*, *Ranunculus*) отмечены в небольшом количестве (кроме вида *Urtica dioica*).

С учетом значительного распространения широколиственных пород представленная флора является теплолюбивой и может сопоставляться с наиболее теплым отрезком голоцена – атлантическим периодом. Палеоклиматические реконструкции, выполненные на основе совмещения климатограмм отдельных видов растений, позволили получить следующие значения температур: от +16,8 до +24,8 °C (средняя температура +20,5 °C) для июля и от –5,0 до +8,4 °C (средняя температура +1,5 °C) для января (рис. 2).

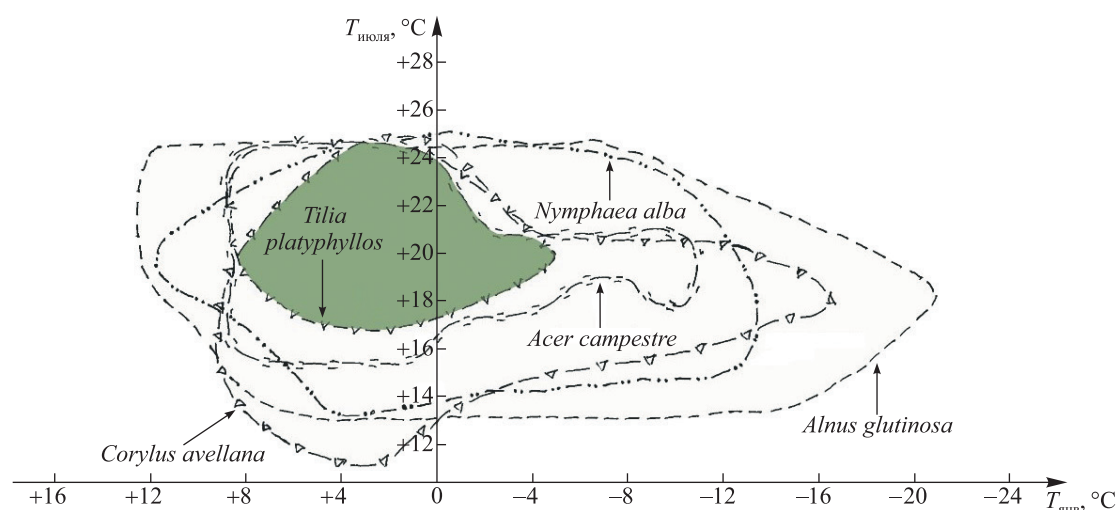


Рис. 2. Реконструкция палеотемпературных показателей для атлантического периода голоцена разреза «Брод» на р. Западной Березине

Fig. 2. Reconstruction of paleotemperature parameters for the Atlantic period of the Holocene at the section «Brod» on the Western Berezina River

Разрез «Морино» на р. Неман. Во время экспедиций летом 1970–1976 гг. М. А. Вальчик изучал геологическое строение и морфологические особенности долины р. Неман на территории Беларуси. С применением различных методов он установил и описал основные этапы формирования долины реки во время позднеледниковья и голоцена. Один из ключевых, относящихся к началу голоцена разрезов для изучения аллювия высокой поймы представлен озерно-старичными образованиями, которые обнажаются на правом берегу р. Неман в устье высокой поймы, в 1,5 км ниже по течению от д. Морино Ивьевского района. По данным М. А. Вальчика, под почвенным слоем и песками мощностью 2,40 м залегают гумусированная супесь и коричневый торф с древесиной общей мощностью 0,88 м [16].

Образцы, отобранные для палеокарпологического анализа из органогенной части отложений (супесь и торф), позволили выявить флору, в которой насчитывалось 26 видов древесных и травянистых растений. Основу обнаруженной флоры составили широко распространенные травянистые формы *Menyanthes trifoliata*, *Carex* subg. *Viginea*, *Lycopus europaeus*, *Scirpus lacustris*, *Nymphaea alba*. Из древесных пород были встречены немногочисленные остатки *Betula alba* и *Pinus sylvestris*. Результаты палинологического и палеокарпологического анализа свидетельствуют о том, что накопление аллювия высокой поймы началось во второй половине раннего дриаса и продолжалось в течение пребореального и бореального периодов голоцена. Возраст средней части торфа составил (9970 ± 110) лет (датирование по изотопу ^{14}C) [17].

Для более полного определения состава ископаемой флоры было проведено карпологическое изучение осадков рассматриваемого разреза. Расчистка, заложенная в верхней по течению реки части линзы органогенных отложений (погребенной старицы), вскрыла гумусированные супеси и торф с включениями

мелкой древесины общей мощностью 1,05 м, залегающие под желтовато-серыми (местами белесыми) мелкозернистыми песками, слой которых составил 1,50 м. Данные отложения подстилались серыми разнозернистыми (преимущественно мелкозернистыми) песками.

Отбор образцов производился на обнажении через каждые 15 см из супеси и через каждые 20 см из торфа (по два полных ведра каждого образца). Промывка осуществлялась на месте в полевых условиях. В результате была выявлена богатая семенная флора, в которой насчитывался 51 вид древесных, кустарниковых и травянистых растений (табл. 2).

Таблица 2

Состав семенной флоры разреза «Морино» на р. Неман

Table 2

Composition of the seed flora of the section «Morino» on the Neman River

Растение	Количество остатков					
	Образец 6 (торф)	Образец 5 (торф)	Образец 4 (супесь)	Образец 3 (супесь)	Образец 2 (супесь)	Образец 1 (супесь)
Characeae gen.	>100	48	—	—	—	—
<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) Link	3	1	—	1	1	1
<i>Pinus sylvestris</i> L.	34	7	5	—	пс	пс
<i>Typha</i> sp.	36	10	—	—	4	2
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	18	—	—	—	—	8
<i>Sparganium</i> sp.	—	1	—	—	—	—
<i>Potamogeton natans</i> L.	23	3	1	1	—	—
<i>Potamogeton</i> sp.	1	—	—	—	—	—
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	3	3	>100	>100	43	76
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	—	—	—	—	—	3
<i>Stratiotes aloides</i> L.	—	—	—	2	—	3
<i>Scirpus lacustris</i> L.	>100	23	1	—	—	18
<i>Carex</i> subg. <i>Vignea</i>	>100	>100	>100	>100	>100	>100
<i>Carex</i> subg. <i>Carex</i>	—	—	1	—	—	7
<i>Lemna trisulca</i> L.	—	10	>100	9	29	46
<i>Betula alba</i> L.	>100	9	21	1	—	4
<i>Alnus</i> cf. <i>glutinosa</i> (L.) Gaertn.	—	—	—	1	—	—
<i>Urtica dioica</i> L.	—	4	—	9	16	—
<i>Pilea</i> sp.	22	55	>100	>100	94	>100
<i>Rumex acetosella</i> L.	—	—	—	—	—	1
<i>Nymphaea alba</i> L.	5	10	—	—	—	10
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	—	—	—	—	—	28
<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	1	1, пс	—	—	—	—
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	2	—	—	—	—	—
<i>R.</i> cf. <i>lingua</i> L.	—	—	1	—	—	—
<i>R. repens</i> L.	1	—	—	—	—	—
<i>R. flammula</i> L.	—	—	1	2	—	—
<i>Batrachium</i> sp.	3	—	—	—	—	—
<i>Thalictrum lucidum</i> L.	2	2	6	13	3	4
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	7	—	—	2	—	1
<i>Comarum palustre</i> L.	—	—	—	43	—	1
<i>Rubus caesius</i> L.	—	1	—	—	—	—

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Растение	Количество остатков					
	Образец 6 (торф)	Образец 5 (торф)	Образец 4 (супесь)	Образец 3 (супесь)	Образец 2 (супесь)	Образец 1 (супесь)
<i>Crataegus monogyna</i> Ledeb.	11, пс	пс	–	–	–	–
<i>Fragaria vesca</i> L.	8	–	–	–	–	–
<i>Potentilla</i> sp.	–	22	–	–	2	–
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	10	–	–	–	–	–
<i>Viola</i> sp.	–	2	–	1	1	–
<i>Myriophyllum</i> sp.	–	–	3	–	–	–
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	28	9	6	2	–	1
<i>Oenanthe aquatica</i> L.	14	5	–	–	13	54
<i>Cicuta virosa</i> L.	77	96	3	–	–	–
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	–	–	–	–	1	–
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	>100	>100	16	>100	17	>100, пс
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	–	–	–	–	–	2
<i>Lycopus europaeus</i> L.	21	>100	>100	>100	56	>100
<i>Stachys palustris</i> L.	8	–	–	–	55	–
<i>Mentha arvensis</i> L.	–	3	85	41	–	21
Lamiaceae gen. 1	1	19	11	50	41	13
Lamiaceae gen. 2	1	3	–	3	7	–
<i>Solanum dulcamara</i> L.	–	–	–	–	1	–
<i>Carduus</i> sp.	1	–	–	–	1	–

Примечание. Образцы представлены в порядке от нижней до самой верхней части изученной толщи отложений.

Наиболее теплолюбивая часть флоры сосредоточена в нижней части разреза – коричневом торфе. Из древесных пород найдены семена и шишка *Pinus sylvestris*, большое количество орешков *Betula alba* и 11 косточек *Crataegus monogyna*. Травянистая растительность из этой части разреза также наиболее разнообразна и теплолюбива. Она представлена большим количеством орешков *Scirpus lacustris*, семенами *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum submersum*, которые преобладают в голоценовых флорах Беларуси (в отличие от плейстоценовых флор, в которых распространен *Ceratophyllum demersum*). Следует сказать о значительном количестве оогониев харовых водорослей, тегменов *Typha* sp., эндокарпов *Potamogeton natans*, семян *Hippuris vulgaris*, *Cicuta virosa*, *Filipendula ulmaria*.

В вышележащей супеси отмечено некоторое обеднение состава флоры. Относительно теплолюбивые виды (*Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum submersum*) представлены единичными экземплярами или не представлены вовсе. Вместе с тем возросло количество остатков *Alisma plantago-aquatica*, *Lemna trisulca* и *Urtica*. Последний вид П. И. Дорофеев определил в качестве *Pilea* sp. [16]. Обнаружены и такие виды, как *Ranunculus flammula*, *Comarum palustre*, *Myriophyllum* sp., *Solanum dulcamara* и др. Следует отметить ряд транзитных видов (*Carex* subg. *Viginea*, *Menyanthes trifoliata*, *Lycopus europaeus*), которые не имеют стратиграфического значения, поскольку представлены очень большим количеством остатков (несколько сотен экземпляров) по всему разрезу. Необходимо указать на наличие единичных экземпляров мегаспор *Selaginella selaginoides*, которые встречались по всему разрезу. В период плейстоцена данный вид обычно присутствовал в перигляциальных флорах с довольно холодными климатическими условиями, в период голоцена – во многих флорах, например в голоценовой флоре разреза «Каролин – Свержень» [4]. Все это указывает на связь (переотложение) *Selaginella selaginoides* со стадийными и интерстадийными флорами поозерского времени.

В самой верхней части органогенных отложений – гумусированной супеси – отмечены увеличение видового разнообразия и обогащение состава флоры. Встречались *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, а также *Stratiotes aloides* (ранее данный вид не был обнаружен). Увеличилось количество видов, характерных для умеренных условий обитания, и таких широко распространенных видов, как *Characeae* gen., *Pinus sylvestris*, *Typha* sp., *Sparganium emersum*, *Scirpus lacustris*, *Rorippa palustris*, *Oenanthe aquatica* и др.

В результате проведенных на разрезе «Морино» на р. Неман исследований была выявлена богатая семенная флора, состав которой увеличился в 2 раза по сравнению с составом ранее изученной флоры. Тем самым был более полно восстановлен характер растительного покрова в предбореальный период (образцы 5 и 6). В это время произрастали березово-сосновые леса с довольно богатой травянистой растительностью, свойственной среде с умеренными климатическими условиями. Последующее обеднение состава флоры, по-видимому, произошло в бореальный период (образцы 2–4). Самая верхняя часть супеси (образец 1), вероятно, соответствует началу атлантического периода. В данной флоре отсутствуют широколиственные породы, что делает ее не совсем коррелятивной с другими голоценовыми флорами атлантического времени.

Разрез «Каролин – Свержень» на р. Неман. На правом берегу р. Неман в урочище Хвойня между деревнями Каролин и Новый Свержень вскрывается мощная толща старичных отложений (1,55–1,60 м), сложенная темно-коричневыми торфами, торфянистыми сапропелями и темно-серыми гумусированными супесями и песками и обнаруженная Г. И. Горецким в ходе изучения долины названной реки в 1970 г. Данные отложения подстилаются зеленовато-серыми мелкозернистыми плывунными песками, а перекрываются желто-серыми разнозернистыми песками мощностью 1,4 м.

Из всей органогенной толщи через каждые 10–15 см были отобраны образцы породы большого объема (по шесть полных ведер каждого образца) и отмыты на месте. Нижний образец находился на урезе воды в реке. В результате палеокарпологических исследований была выявлена богатая и разнообразная по своему составу флора, в которой насчитывалось 67 видов древесных, кустарниковых и травянистых растений. Наиболее теплолюбивые виды (35 видов) сосредоточены в нижней части флороносной толщи (образцы 8 и 9), залегающей на урезе воды в реке (табл. 3) [8].

Таблица 3

Состав семенной флоры нижней части флороносной толщи
разреза «Каролин – Свержень» на р. Неман

Table 3

Composition of the seed flora of the lower part of the flora-bearing layer
of the section «Karolin – Sverzhen'» on the Neman River

Растение	Количество остатков
Characeae gen.	15
<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) Link	1
<i>Pinus sylvestris</i> L.	4
<i>Potamogeton natans</i> L.	35
<i>Potamogeton</i> sp.	10
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	34
<i>Stratiotes aloides</i> L.	пс
<i>Scirpus lacustris</i> L.	1
<i>Carex inflata</i> Huds.	5
<i>Carex</i> sp.	17
<i>Lemna minor</i> L.	2
<i>Iris pseudacorus</i> L.	2
<i>Betula alba</i> L.	1
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	17
<i>Quercus</i> cf. <i>robur</i> L.	1
<i>Humulus lupulus</i> L.	1
<i>Urtica dioica</i> L.	>50
<i>Urtica</i> sp.	4
<i>Polygonum</i> cf. <i>persicaria</i> L.	1
<i>Rumex</i> sp.	1
<i>Scleranthus annus</i> L.	1

Окончание табл. 3
Ending of the table 3

Растение	Количество остатков
<i>Nymphaea alba</i> L.	3
<i>Nuphar</i> sp.	4
<i>Ceratophyllum</i> cf. <i>submersum</i> L.	3
<i>Ranunculus repens</i> L.	11
<i>Batrachium</i> sp.	1
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	4
<i>Potentilla anserina</i> L.	1
<i>Potentilla</i> sp.	4
<i>Oenanthe aquatica</i> L.	12
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	7
<i>Lycopus europaeus</i> L.	>100
<i>Stachys palustris</i> L.	5
<i>Mentha arvensis</i> L.	>100
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	1

Из древесных пород определены семена *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa*, *Quercus robur*, *Betula alba*, среди которых наибольшее количество остатков принадлежит ольхе. Из травянистых растений установлены семена *Nymphaea alba*, *Nuphar* sp. (по-видимому, *N. lutea*), *Ceratophyllum submersum* и др. Судя по типичному набору древесных пород и травянистых растений, эта часть отложений могла сформироваться в атлантический период, однако небольшое разнообразие теплолюбивых видов не позволяет провести детальные палеоклиматические реконструкции.

Разрез «Семеновичи» на р. Усе. Новые данные о семенной флоре атлантического периода были получены при изучении пойменных отложений р. Усы (правый приток р. Неман), вскрытых в обнажении у д. Семеновичи. На глубине 0,75 м обнаружен темно-коричневый торф с прослоями светло-желтого песка мощностью 0,25 м. Ниже отмечен слой песка с чередованием прослоев торфа мощностью более 1 м. Эти отложения подстелены мощной толщей разнотравных песков (от светло-серых до черных, местами гумусированных) с раковинами моллюсков, семенами растений и обломками древесины. Встречались костные останки мелких млекопитающих и рыб (мощностью 0,15 м), вскрытые до уреза воды, общей мощностью около 0,7 м. Из этой толщи была отмыта богатая фауна мелких млекопитающих, состоящая из обломков черепов, зубов, челюстей и других костных останков. По данным П. Ф. Калиновского, ее формирование относится ко второй половине среднего голоцена, когда существовали благоприятные климатические условия [5; 18].

Для палеокарпоботанического анализа из отложений был отобран и отмыт на месте образец породы весом около 25 кг. После его обработки в лаборатории в выделенном растительном детрите была выявлена флора, в которой насчитывалось 35 видов древесных, кустарниковых и травянистых растений.

Основу флоры составила группа древесных пород: *Pinus sylvestris* (2 семени), *Betula alba* (7 орешков), *Alnus glutinosa* (более 100 крылаток), *Quercus* cf. *robur* (4 плюски). Данный факт свидетельствует о существовании смешанных хвойно-широколиственных лесов. Как и в других аналогичных разрезах, примечательно присутствие массового количества остатков ольхи. Группа травянистых растений представлена относительно теплолюбивыми формами: *Nuphar lutea* (4 семени), *Nymphaea alba* (11 семян), *Salvinia natans* (4 мегаспоры), *Potamogeton natans* (8 эндоспермов), *Lemna trisulca* (2 семени). Это обстоятельство указывает на благоприятные климатические условия. Особенно следует отметить находку 4 плюсок дуба, который крайне редко встречается в четвертичных отложениях Беларуси (разрез «Белый Ров» на Оршанской возвышенности; также он обнаружен в разрезе «Янёнис» на р. Неман в Литве) и является приуроченным только к оптимальным фазам межледниковья. Помимо указанных видов, во флоре разреза «Семеновичи» выявлены остатки *Characeae* gen., *Selaginella selaginoides*, *Typha* sp., *Alisma plantago-aquatica*, *Scirpus lacustris*, *Carex* sp., *Humulus lupulus*, *Urtica dioica*, *Polygonum* sp., *Rumex* sp., *Chenopodium* sp., несколько видов *Ranunculus*, *Batrachium* sp., *Menyanthes trifoliata*, *Lycopus europaeus* и др.

В результате выполнения палеоклиматических реконструкций были получены следующие значения температур: от +13,3 до +24,4 °C (средняя температура +18,8 °C) для июля и от –13,0 до +11,5 °C (средняя температура +0,7 °C) для января (рис. 3).

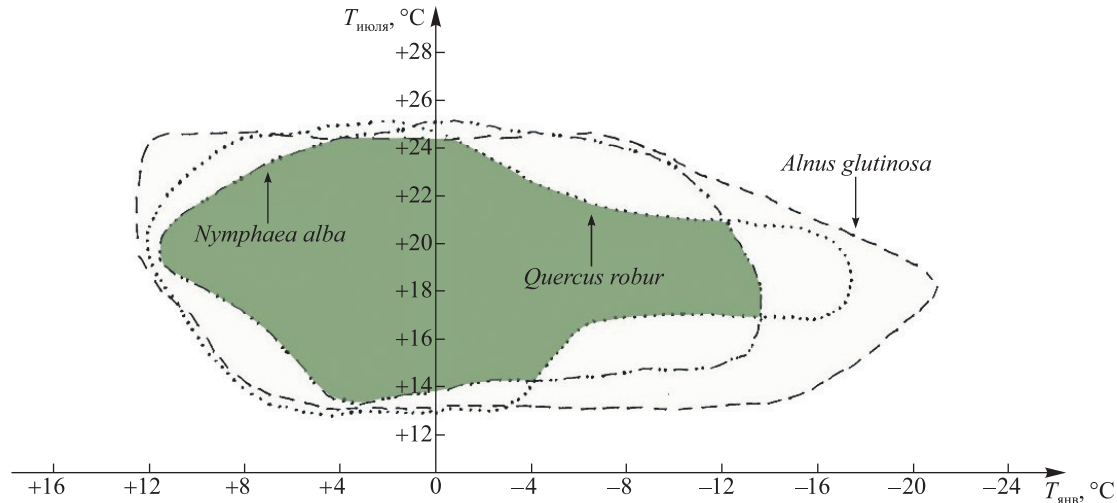


Рис. 3. Реконструкция палеотемпературных показателей
для атлантического периода голоцена разреза «Семеновичи» на р. Усе

Fig. 3. Reconstruction of paleotemperature parameters
for the Atlantic period of the Holocene at the section «Semenovichi» on the Usa River

Разрез «Пески» на р. Зельвянке. Разрез «Пески» расположен вблизи краевой зоны поозерского ледника, поэтому он привлекает внимание многих исследователей голоцена, целью которых является изучение деградации последнего ледникового покрова. Также он вызывает интерес у специалистов, занимающихся изучением долины р. Зельвянки, поскольку ее развитие теснейшим образом связано с деградацией сожской стадии припятского оледенения [19]. Следует отметить, что эволюцию долины р. Зельвянки и климата в период голоцена исследовали польские и белорусские ученые [20]. В долине реки ниже д. Пески выявлен ряд линз, содержащих органогенные отложения и залегающих в уступе высокой и низкой поймы. По данным В. М. Федени [21], они встречаются более чем в десяти местах. Органогенные отложения представлены торфами, супесями, гиттиями и гумусированными песками с обломками древесины и даже целыми стволами деревьев. Ниже органогенных линз залегают пески, содержащие костные останки мелких млекопитающих. Согласно работам П. Ф. Калиновского и Д. Л. Иванова [15; 22–24] выявлено 127 определимых костных останков, представленных коренными зубами, резцами, обломками черепов и других частей скелета. В этих отложениях также встречается большое количество энтомофауны, изученной В. И. Назаровым [25; 26]. Исследование ископаемых остатков растений было выполнено Т. В. Якубовской [19]. Она определила около 50 видов плодов и семян, полученных из вышележащих торфянистых отложений. По данным исследователя, основу флоры составили древесные породы (*Pinus* sp., *Carpinus betulus*, *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Tilia cordata*, *Betula alba*), также встречается ряд кустарников и кустарничков (*Rubus idaeus*, *R. caesius*, *Swida sanguinea* и др.).

Из торфянистых отложений и гумусированных супесей нами было изучено 15 больших по объему образцов породы, отобранных в 6 расчистках и содержащих крупный растительный детрит. Наиболее богатая ископаемая флора выявлена в разрезах «Пески-5» и «Пески-6». В ней насчитывалось 94 вида древесных, кустарниковых и травянистых растений (табл. 4).

Таблица 4

Состав семенной флоры разреза «Пески» на р. Зельвянке

Table 4

Composition of the seed flora of the section «Peski» on the Zelvyanka River

Растение	Количество остатков				
	Расчистка 1	Расчистка 5	Расчистка 6(1)	Расчистка 6(2)	Расчистка 11
Characeae gen.	1	3	41	—	—
<i>Pinus sylvestris</i> L.	2	>50, пс, ш	>100, пс, ш	>100, пс, ш	13
<i>Pinus</i> sp.	—	—	пс	пс	—
<i>Typha</i> sp.	—	1	>50	2	—
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	3	10	1	1	20

Продолжение табл. 4
Continuation of the table 4

Растение	Количество остатков				
	Расчистка 1	Расчистка 5	Расчистка 6(1)	Расчистка 6(2)	Расчистка 11
<i>S. microcarpum</i> (Neuman) Raunk.	—	—	—	—	6
<i>Potamogeton natans</i> L.	—	8	4	—	>50
<i>P. praelongus</i> Wulfen	—	1	—	—	2
<i>P. pectinatus</i> L.	—	—	—	—	1
<i>P. cf. compressus</i> Wulfen	—	—	2	—	—
<i>P. obtusifolius</i> Mert. & W. D. J. Koch	—	10	—	—	4
<i>P. alpinus</i> Balb.	—	—	—	—	7
<i>P. crispus</i> L.	—	1	—	—	2
<i>P. rutilus</i> L.	—	—	2	—	1
<i>P. pusillus</i> L.	—	2	3	1	—
<i>P. filiformis</i> L.	—	2	—	—	3
<i>P. gramineus</i> L.	—	8	4	—	>50
<i>Potamogeton</i> sp.	—	4	—	3	1
<i>Najas</i> cf. <i>marina</i> L.	—	—	—	—	1, пс
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	—	20	35	5	5
<i>Stratiotes</i> cf. <i>aloides</i> L.	—	пс	1, пс	пс	пс
<i>Scirpus lacustris</i> L.	—	2	—	—	>50
<i>S. sylvaticus</i> L.	—	—	2	1	2
<i>Eleocharis</i> cf. <i>palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	—	—	—	—	1
<i>Carex</i> subg. <i>Vignea</i>	12	>100	>100	>100	>100
<i>Carex</i> subg. <i>Carex</i>	12	47	29	11	3
<i>Lemna trisulca</i> L.	—	81	>100	>100	5
<i>L. minor</i> L.	—	>100	>100	>100	3
<i>Iris pseudacorus</i> L.	—	—	1	—	—
<i>Betula alba</i> L.	1	>100	>100	48	44
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	2	>100	>100	>100	>100
<i>Carpinus betulus</i> L.	—	1	—	—	—
<i>Corylus</i> sp.	—	пс	—	—	пс
<i>Quercus</i> cf. <i>robur</i> L.	—	—	2	—	пс
<i>Humulus lupulus</i> L.	—	6	—	—	1
<i>Urtica dioica</i> L.	2	>100	>100	>100	>100
<i>Rumex acetosella</i> L.	—	—	1	—	—
<i>Rumex</i> sp.	—	—	15	—	2
<i>Polygonum persicaria</i> L.	—	3	—	—	—
<i>P. lapathifolium</i> L.	—	—	—	—	27
<i>Polygonum</i> sp.	—	—	>100	—	—
<i>Chenopodium album</i> L.	—	1	7	1	8
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	—	5	2	3	44
<i>Stellaria palustris</i> Retz.	—	—	5	—	—

Продолжение табл. 4
Continuation of the table 4

Растение	Количество остатков				
	Расчистка 1	Расчистка 5	Расчистка 6(1)	Расчистка 6(2)	Расчистка 11
<i>Stachys palustris</i> L.	—	—	—	—	39
Caryophyllaceae gen.	4	11	—	—	47
<i>Nymphaea alba</i> L.	—	11	—	—	15
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sibth. & Sm.	—	7	9, пс	2	9, пс
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	—	5	3, пс	—	1
<i>C. submersum</i> L.	—	1	—	1	2, пс
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	—	5	5	2	1
<i>R. cf. lingua</i> L.	—	4	—	—	11
<i>R. repens</i> L.	—	>50	>50, пс	17	>100
<i>Batrachium</i> sp.	—	1	—	1	10
<i>Thalictrum lucidum</i> L.	—	8	2	—	39
<i>Chelidonium majus</i> L.	—	—	—	—	1
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	—	—	2	—	—
<i>Rubus idaeus</i> L.	—	5	1	—	13
<i>R. cf. caesius</i> L.	—	—	2	—	2
<i>R. saxatilis</i> L.	—	—	1	—	—
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.	—	19	—	5	6
<i>Fragaria vesca</i> L.	—	2	8	2	6
<i>Comarum palustre</i> L.	9	10	43	22	—
<i>Frangula alnus</i> Mill.	—	—	—	1	1
<i>Potentilla anserine</i> L.	—	—	—	—	19
<i>Potentilla</i> sp.	2	2	—	—	3
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	—	2	10	—	8
<i>T. cf. platyphyllos</i> Scop.	—	4	17	9	—
<i>Hypericum perforatum</i> L.	—	—	—	—	1
<i>Hypericum</i> sp.	—	—	3	—	—
<i>Viola</i> sp.	—	—	2	4	2
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	—	14	1	1	14
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	1	45	—	—	—
<i>Cicuta virosa</i> L.	—	2	1	—	1
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	—	>100	>100	>100	18
<i>Swida sanguinea</i> L.	—	2	1, пс	—	пс
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	—	4	6	5	—
<i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichenb.	—	—	3	2	1
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	3	8	—	—	9
<i>Fraxinus</i> sp.	—	пс	—	—	—
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	—	—	8	пс	>100
<i>Ajuga reptans</i> L.	—	—	—	—	7
<i>Lycopus europaeus</i> L.	—	—	>50	36	22

Окончание табл. 4
Ending of the table 4

Растение	Количество остатков				
	Расчистка 1	Расчистка 5	Расчистка 6(1)	Расчистка 6(2)	Расчистка 11
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	—	—	4, пс	—	—
<i>Stachys palustris</i> L.	—	40	—	—	—
<i>Stachys</i> sp.	1	—	—	—	—
<i>Mentha arvensis</i> L.	—	—	28	7	11
Lamiaceae gen.	—	—	5	2	26
<i>Solanum dulcamara</i> L.	—	—	2	3	5
<i>Viburnum lantana</i> L.	—	2	—	—	—
<i>Bidens</i> sp.	—	—	—	1	—
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	—	7	—	—	7
<i>Cirsium palustre</i> L.	—	—	—	—	2
<i>Carduus acanthoides</i> L.	—	6	—	—	15

Основу семенной флоры составили древесные и кустарниковые растения. Наиболее массовыми из них являются семена сосны (*Pinus sylvestris*), ольхи (*Alnus glutinosa*), березы (*Betula alba*). Также встречаются единичные плоды граба (*Carpinus betulus*), липы (*Tilia tomentosa*, *T. platyphyllos*), ясеня (*Fraxinus* sp.), орешника (*Corylus* sp.), свидины (*Swida* sp.), толокнянки (*Arctostaphylos uva-ursi*). Группа травянистых растений менее разнообразна, она представлена водными и болотными видами: осокой (*Carex*), ряской трехдольной (*Lemna trisulca*) и ряской малой (*L. minor*) (довольно редко встречается в ископаемых флорах). Кроме того, многочисленны остатки крапивы двудомной (*Urtica dioica*). Были обнаружены несколько видов лютиковых (*Ranunculus*), телорез (*Stratiotes* sp.), кувшинка белая (*Nymphaea alba*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), два вида роголистника (*Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*). Таким образом, данная флора относится к одной из самых теплолюбивых флор голоцена.

Палеоклиматические реконструкции, выполненные по палеокарпологическим данным, свидетельствуют о том, что климат в атлантический период был примерно таким же, как и в настоящее время, или, возможно, немного теплее (рис. 4). Температуры июля колебались в пределах от +17,0 до +21,7 °C (средняя температура +19,3 °C), температуры января составляли от –5,0 до +4,0 °C (средняя температура –0,5 °C).

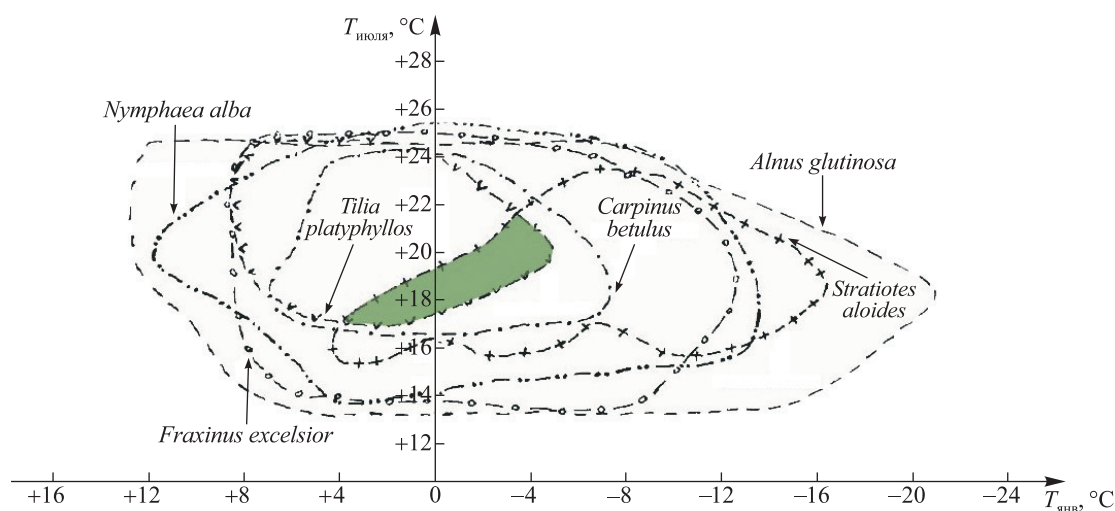


Рис. 4. Реконструкция палеотемпературных показателей для атлантического периода голоцена разреза «Пески» на р. Зельвянке

Fig. 4. Reconstruction of paleotemperature parameters for the Atlantic period of the Holocene at the section «Peski» on the Zelvyanka River

В настоящее время северная граница распространения граба на территории Беларуси проходит севернее широты г. Барановичи. Свидина, кувшинка и роголистник полупогруженный чаще всего встречаются в южной части республики.

Разрез «Подбараны» на р. Неман. Ниже по течению р. Неман в 2 км от п. Лунно по левому берегу обнажается плотный листоватый торф (от темно-коричневого до черного цвета) с многочисленными стволами деревьев (до 0,30 м в диаметре) мощностью 1,45 м, который залегает на гиттии (1,45–1,95 м) и подстилается аллювиальными песками [21].

Из органогенных отложений (0,30–1,95 м), содержащих ископаемую макрофлору, была получена небольшая по количеству остатков, но очень характерная семенная флора, в которой насчитывалось 46 видов ископаемых растений. Наиболее богатая и теплолюбивая флора выявлена в нижней части разреза на глубине 1,45–1,95 м. Из древесных и кустарниковых пород следует отметить остатки *Tilia*, *Acer*, *Corylus avellana*, *Quercus* cf. *robur*, *Frangula alnus*, *Swida sanguinea*. Особенно многочисленны семена *Betula alba* и *Alnus glutinosa*. Среди водных растений господствующее положение занимают *Nymphaea alba*, *Stratiotes* cf. *aloides*, *Ceratophyllum demersum*, *Nuphar lutea*, среди болотных растений – *Oenanthe aquatica* и многие другие виды более умеренных условий обитания. Состав и возраст ((5750 ± 90) календарных лет, или (4650 ± 50) лет согласно датированию по изотопу ¹⁴C) ископаемой флоры на глубине 1,45 м указывают на ее формирование в течение атлантического периода.

Разрез «Боровая» на р. Днепр. На левом берегу р. Днепр напротив д. Боровой Оршанского района Витебской области в уступе высокой поймы обнажается линза погребенного темно-коричневого торфяника со стволами деревьев.

Из растительного детрита, полученного при промывке торфа, выделена небольшая по количеству остатков, но очень характерная флора, состоящая из 36 видов древесных, кустарниковых и травянистых растений (табл. 5).

Таблица 5

Состав семенной флоры торфянистой части
разреза «Боровая» на р. Днепр

Table 5

Composition of the seed flora of the peat part
of the section «Borovaya» on the Dnieper River

Растение	Количество остатков
Characeae gen.	1
<i>Picea</i> sp.	13
<i>Pinus</i> sp.	19
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	2
<i>Potamogeton</i> sp.	10
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	7
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	9
<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	33
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	9
<i>Carex</i> sp.	>100
<i>Betula alba</i> L.	>100
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	>100
<i>Urtica dioica</i> L.	>100
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	6
<i>Rumex maritimus</i> L.	1
<i>Chenopodium album</i> L.	>100
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	2

Окончание табл. 5
Ending of the table 5

Растение	Количество остатков
Caryophyllaceae gen.	>50
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	23
<i>R. repens</i> L.	24
<i>Batrachium</i> sp.	3
<i>Thalictrum lucidum</i> L.	16
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	>50
<i>Potentilla anserina</i> L.	3
<i>Rubus idaeus</i> L.	3
<i>R. saxatilis</i> L.	2
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	2
<i>Lycopus europaeus</i> L.	9
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	>100
<i>Stachys palustris</i> L.	>50
<i>Solanum dulcamara</i> L.	2
<i>Hypericum</i> sp.	12
<i>Viola</i> sp.	1
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	>100
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	4
<i>Bidens tripartita</i> L.	2

Основу семенной флоры составила группа древесных пород: *Tilia tomentosa*, *Pinus sylvestris*, *Betula alba*, *Alnus glutinosa*. Обнаружено большое количество плодов липы, которая по количеству остатков мало чем уступает ольхе. Такое явление, по-видимому, связано с неширокой левобережной поймой (не более 100 м). В пойме реки произрастали ольшаники, которые на этом участке были доминирующей породой. На близко расположенном левом коренном берегу господствовали широколиственные или хвойно-широколиственные леса, в которых росли липы, занимавшие главенствующее положение, а также березы, сосны, ели и другие древесные породы. Большое количество остатков *Tilia tomentosa* встречается и в других голоценовых разрезах на территории Беларуси, а именно в разрезах «Брод» и «Пески». Травянистая растительность в разрезе «Боровая» не отличается большим разнообразием. В составе данной флоры нет растений семейства кувшинковых и роголистниковых.

В результате анализа данных семенной флоры из отложений атлантического периода были выявлены следующие особенности: редкое присутствие граба (единичные плоды), что объясняется датированием основной фазы развития лесов с участием граба – постоптимальным временем; наличие массового количества остатков ольхи практически во всех разрезах; широкое распространение липы и присутствие дуба; различные по разрезам количественные показатели водных и водно-болотных видов, редкие находки сальвинии (единичные мегаспоры в разрезе «Семеновичи»). Данные особенности связаны с тем, что плоды и семена растений, обнаруженные в конкретном разрезе, отражают локальный тип растительного покрова, так как не переносятся на большие расстояния подобно пыльце. В связи с этим большинство палеоклиматических реконструкций по представленным разрезам дают значительно отличающиеся диапазоны температур. Для устранения таких «разбежек» была выполнена общая палеоклиматическая реконструкция, объединяющая результаты всех изученных семенных флор с учетом выявленных теплолюбивых видов (рис. 5). Проведенная реконструкция позволила получить следующие значения палеотемператур для центральной части Беларуси: от +16,8 до +20,8 °С (средняя температура +18,8 °С) для июля и от –4,8 до +3,8 °С (средняя температура –0,5 °С) для января. Эти показатели свидетельствуют о том, что климат в атлантический период был несколько теплее климата в настоящее время.

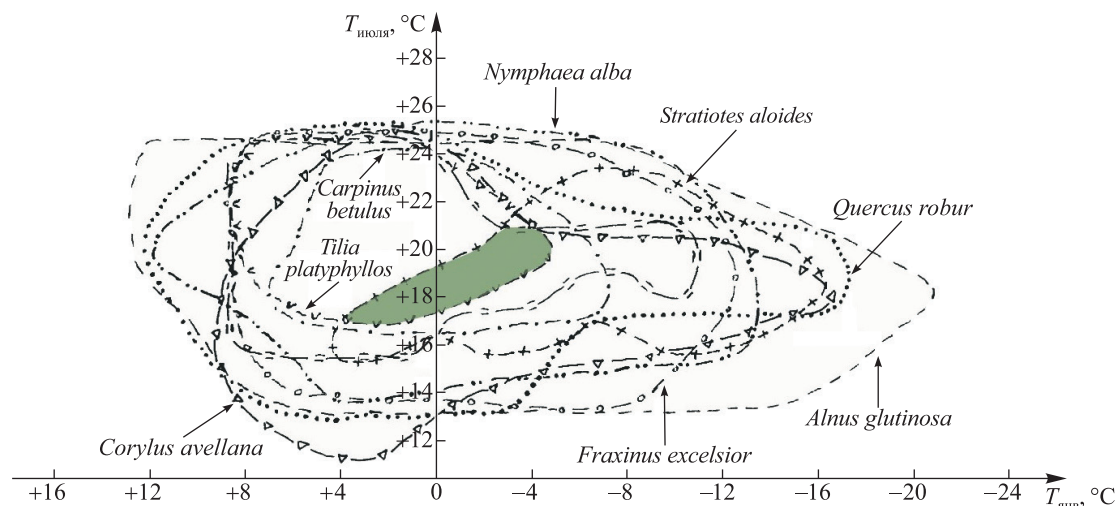


Рис. 5. Реконструкция обобщенных палеотемпературных показателей для атлантического периода голоцена

Fig. 5. Reconstruction of generalised paleotemperature parameters for the Atlantic period of the Holocene

По палинологическим данным, среднегодовая температура в оптимуме голоцена была на 2 °C выше, чем среднегодовая температура в настоящее время, за счет роста зимних температур. На юго-западе страны температуры июля составляли от +18,2 до +21,0 °C (средняя температура +19,6 °C), температуры января колебались в пределах от -4,0 до +4,0 °C (средняя температура 0 °C). В северных районах республики средняя температура июля составляла +18,8 °C, средняя температура января равнялась -4,5 °C (разрез «Межуholz») [3]. Аналогичные данные были получены Д. Л. Ивановым в ходе изучения микро-терииофауны Беларуси [24]. Выполненные различными палеонтологическими методами реконструкции палеоклиматических условий показали практически схожие результаты (с учетом ошибки метода ± 1 °C), что свидетельствует об их надежности и достоверности.

Закключение

В результате проведенных исследований и анализа состава семенных комплексов голоценовых разрезов «Пески», «Брод», «Морино», «Каролин – Свержень», «Семеновичи» и «Боровая» установлено, что на территории Беларуси во время оптимума голоцена по долинам рек произрастали хвойно-широколиственные леса, в которых доминировали сосна, липа, в подлеске же преобладали орешник, боярышник, свидина. Реже в лесных сообществах встречались ель, береза, дуб и клен. В поймах рек по всей территории страны широкое распространение имели ольшаники. Среди водной растительности теплолюбивые виды широкого распространения не имели. Отмечено относительно небольшое количество плодов кубышек, кувшинок, изредка сальвинии. Выполненные палеоклиматические реконструкции по палеокарпологическим данным указали на то, что климат в атлантический период был теплее климата в настоящее время за счет повышения температур в зимний период.

Библиографические ссылки

1. Зерницкая ВП, Матвеев АВ, Махнач НА. Стратиграфическая схема позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси. *Літасфера*. 2005;1:157–164.
2. Зерницкая ВП, Матвеев АВ, Колковский ВМ. Новое в стратиграфии позднеледниковых и голоценовых отложений Беларуси. *Літасфера*. 2020;1:105–124.
3. Зерницкая ВП. *Позднеледниковье и голоцен Беларуси: геохронология, осадконакопление, растительность и климат*. Минск: Беларуская навука; 2022. 304 с.
4. Литвинюк ГИ. Голоценовая флора дд. Каролин – Свержень на Немане. В: Кузнецов ВА, Хотько ЖП. *Вопросы геологии, геохимии и геофизики земной коры Белоруссии. Материалы I научной конференции молодых ученых*. Минск: Наука и техника; 1975. с. 119–123.
5. Калиновский ПФ, Литвинюк ГИ. О фауне и флоре разреза «Семеновичи» на р. Усе. *Доклады Академии наук БССР*. 1979;23(8):734–736.
6. Kalicki T, San'ko AF, Zernicka VP, Litvinjuk GI. Ewolucja doliny Dżwiny na nizinie Suraskiej w późnym glacie i holocenie. W: Kalicki T, redaktor. *Badania ewolucji dolin rzecznych na Białorusi 1*. Wrocław: PAN; 1997. s. 13–52.

7. Каліцкі Т, Ліцвінюк Г, Санько А, Зярніцкая В, Калкоўскі У, Паўлава І. Даліна Нёмана адрэзка Сярэднянёманскай нізіны. Падбараны. У: Матвееў АВ, Аношка ЯІ, Зярніцкая ВП, рэдактары. *Праблемы палеагеаграфіі позняга плейстацэну і галацэну. Матэрыялы беларуска-польскага семінара; 26–29 верасня 2000 г.; Гродна, Беларусь*. Мінск: Інстытут геалагічных навук АН Беларусі; 2000. с. 133–140.
8. Величневич ФЮ, Дерюго ГВ, Зерницкая ВП, Илькевич ГИ, Левицкая РИ, Литвинюк ГИ и др. Четвертичная система (квартер). В: Махнач АС, Гарецкий РГ, Матвеев АВ, редакторы. *Геология Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2001. с. 325–386.
9. Крутоус ЭА. История развития некоторых болотных массивов юга Белоруссии. В: Гурский БН, Матвеев АВ, редакторы. *Современные рельефообразующие процессы*. Минск: Наука и техника; 1986. с. 43–48.
10. Махнач АС, Гарецкий РГ, Матвеев АВ, редакторы. *Геология Беларуси*. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2001. 815 с.
11. Крутоус ЭА. Асаблівасці насенных флор позналедавіковых азёрных адкладаў Беларускага Паазер’я. У: Каліцкі Т, Санько АФ, рэдактары. *Прыродныя працэсы ў плейстацэне і галацэне Беларусі і Польшчы. Матэрыялы беларуска-польскага семінара; 22–23 кастрычніка 1996 г.; Мінск, Беларусь*. Мінск: Інстытут геалагічных навук АН Беларусі; 1996. с. 43–44.
12. Крутоус ЭА. Голоценовая семенная флора из отложений археологических стоянок Осовец и Кривино (Белорусское Поозерье). *Літасфера*. 2001;2:32–37.
13. Матвеев АВ, Крутоус ЭА, Зерницкая ВП. Палеогеографические условия формирования отложений современных озер юга Беларуси. В: Широков ВМ, редактор. *Прикладные вопросы лимнологии Беларуси*. Минск: БГУ; 1992. с. 86–93.
14. Гричук ВП. Опыт реконструкции некоторых элементов климата Северного полушария в атлантический период голоцена. В: Нейштадт МИ, редактор. *Голоцен*. Москва: Наука; 1969. с. 41–51.
15. Калиновский ПФ, Вальчик МА. Новая находка ископаемых мелких млекопитающих в центральной Белоруссии. *Доклады Академии наук БССР*. 1986;30(1):77–79.
16. Вознячук ЛН, Вальчик МА. *Морфология, строение и история развития долины Немана в неоплейстоцене и голоцене*. Минск: Наука и техника; 1978. 211 с.
17. Вознячук ЛН, Пуннинг Я-МК, Вальчик МА, Раямяэ РА, Зименков ОИ. Абсолютный возраст дриасовых флор Средне-неманской низины. В: *Опыт и методика изотопно-геохимических исследований в Прибалтике и Белоруссии*. Рига: [б. и.]; 1975. с. 67–68.
18. Калиновский ПФ. *Териофауна позднего антропогена и голоцена Белоруссии*. Горецкий ГИ, редактор. Минск: Наука и техника; 1983. 154 с.
19. Левков ЭА, Людвиг АО, Карабанов АК. О роли термокарстовых процессов в формировании гидросети и времени исчезновения многолетнемерзлых пород на территории Белоруссии. *Доклады Академии наук БССР*. 1988;32(4):343–346.
20. Kalicki T, Caldroni G, Zernitskaya WP. Rola klimatu i człowieka w holocénskiej ewolucji doliny Zelwianki (Białoruś). W: Michalczyk Z, redaktor. *Badania geograficzne w poznawaniu srodowiska*. Lublin: Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie; 2004. s. 185–191.
21. Феденя ВМ, Калиновский ПФ, Назаров ВИ. Геологические и палеозоологические исследования у д. Пески на р. Зельвянке. *Доклады Академии наук БССР*. 1985;29(3):260–262.
22. Иванов ДЛ. О фауне мелких млекопитающих раннего голоцена разреза «Пески-5» на реке Зельвянка. В: Аношко ВС, Матвеев ВА, редакторы. *Современные проблемы естествознания. Сборник научных статей*. Минск: Учебно-издательский центр Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка; 2001. с. 106–110.
23. Іваноў ДЛ, Яловічава ЯК. Асаблівасці развіцця галацэнавых біяцэнозаў далін рэк Зальвянкі і Свіслачы. *Весці БДПУ*. 1997;1(11):82–90.
24. Иванов ДЛ. *Микротириофауна позднеледникового-голоцена Беларуси*. Минск: БГУ; 2008. 215 с.
25. Назараў УІ, Каліноўскі ПФ, Санько АФ. Развіццё фаўны (Mollusca, Insecta, Mammalia) за апошнія 130 тысяч гадоў на тэрыторыі Беларусі і яе будучае. *Літасфера*. 1996;4:85–93.
26. Назаров ВИ. *Реконструкция ландшафтов Беларуси по палеоэнтомологическим данным (антропоген)*. Расницын АП, редактор. Москва: Наука; 1984. 96 с.

Получена 05.07.2025 / исправлена 15.09.2025 / принята 17.09.2025.
Received 05.07.2025 / revised 15.09.2025 / accepted 17.09.2025.

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ И ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. ЗУЙ¹⁾

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

Аннотация. В десятках буровых скважин на территории Минской области выполнена регистрация многочисленных термограмм высокоточными скважинными термометрами. На основе накопленных данных построены карты распределения температуры в пределах региона и сделаны первые оценки плотности ресурсов низко-энтальпийной геотермальной энергии. В качестве примера приведены карты распределения температуры на глубинах 100 и 200 м и карта плотности извлекаемых ресурсов подземного тепла, заключенного в интервале глубин 100–200 м. Выявлена значительная неоднородность как поля распределения температуры, так и геотермальных ресурсов в границах Минской области. Рассмотрены параметры геотермического поля региона, и показаны перспективы использования подземного тепла для практических нужд, в частности для отопления зданий, теплиц и иных сооружений, осуществления сушки в различных технологических процессах и др. Описаны основные технологические схемы отбора природного тепла из подземных горизонтов, приемлемые для освоения геотермальных ресурсов в Минской области. Отмечено, что к настоящему времени в регионе созданы и введены в эксплуатацию десятки небольших геотермальных установок на базе промышленных тепловых насосов.

Ключевые слова: геотермическое поле; распределение температуры; геотермическая карта; геотермальная установка; Минская область; Беларусь.

THERMAL FIELD AND GEOTHERMAL RESOURCES OF THE MINSK REGION

V. I. ZUI^a

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

Abstract. Numerous thermograms were recorded using high-precision borehole thermometers in dozens of boreholes in the Minsk Region. The accumulated data allowed us to construct temperature distribution maps within the region and make initial estimates of the distribution density of low-enthalpy geothermal energy resources. As an example, maps of temperature distribution at depths of 100 and 200 m and a map of the density of recoverable underground heat resources available within the 100–200 m depth interval are presented. Significant heterogeneity in both the temperature distribution and geothermal resources within the region was revealed. This paper examines the parameters of the region's geothermal field and demonstrates the potential for using the underground heat for practical purposes, specifically for heating buildings, greenhouses, drying processes, and more. It also describes the main technological schemes for extracting natural heat from underground horizons, suitable for developing geothermal resources in the Minsk Region. Dozens of small geothermal installations based on industrial heat pumps have already been created and are operating in the region.

Keywords: geothermal field; temperature distribution; geothermal map; geothermal installation; Minsk Region; Belarus.

Образец цитирования:

Зуй ВИ. Тепловое поле и геотермальные ресурсы Минской области. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2025;2:106–118.
EDN: GUEFNJ

For citation:

Zui VI. Thermal field and geothermal resources of the Minsk Region. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2025;2:106–118. Russian.
EDN: GUEFNJ

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

Введение

Геотермические исследования в Беларуси начаты в конце 1950-х гг. Первая термограмма, зарегистрированная в глубокой скважине Припятского прогиба, была опубликована еще в 1954 г. М. Ф. Беляковым [1] в связи с инициированными в послевоенные годы работами по изучению глубинного строения, поиску и разведке нефтяных залежей глубокого осадочного бассейна в юго-восточной части страны. Начиная с 1969–1970 гг. заметный вклад в развитие геотермических исследований в республике внесли Г. В. Богомолов, Л. А. Цыбуля, П. П. Атрошенко, М. Д. Пархомов, А. П. Пинчук, В. Г. Левашкевич, В. И. Зуй и др.¹ В последующие годы осуществлялось постепенное накопление геотермических данных: по всей стране, включая Минскую область, велась регистрация термограмм в скважинах, находящихся в тепловом равновесии после завершения буровых работ, на основе лабораторных методов определялись тепловые свойства образцов бурового керна разного литологического состава, изучалась плотность теплового потока. Как результат, к настоящему времени в Беларуси накоплены сотни термограмм, зарегистрированных в буровых скважинах различных регионов, в том числе Минской области.

Хотя к концу XX в. и был достигнут существенный прогресс в изучении геотермического поля, но в целом рассматриваемая территория оставалась недостаточно изученной. Дальнейшее расширение геотермических исследований произошло после 2000 г. В середине 1990-х гг. в Минской области была создана и введена в эксплуатацию первая геотермальная установка на базе теплового насоса, запроектированная И. С. Жидовичем и предназначенная для обогрева надскважинного павильона на одном из водозаборов возле Минска. Это событие положило начало использованию подземного тепла для практических нужд.

Геотермическое поле характеризует, с одной стороны, тепловой режим земных недр, распределение геотермических параметров в горных породах по глубине и площади, а с другой стороны, ресурсы подземного тепла, для их оценки используют ряд методик [2; 3]. Тепло, содержащееся в горных породах, представляет собой источник геотермальной энергии, практическое освоение которого на протяжении нескольких десятилетий успешно ведется в ряде стран. С этих позиций геотермальная энергия земных недр имеет явно выраженный прикладной аспект.

Методика исследования и получения исходных данных

Геотермический режим недр традиционно отображается на картах распределения температуры на выбранных глубинах или стратиграфических поверхностях, а также на картах плотности теплового потока либо извлекаемых ресурсов подземного тепла. Сведения о распределении температуры по глубине скважин – термограммы – являются важными исходными данными.

Регистрацию термограмм в скважинах рассматриваемого региона выполняли с помощью двух типов высокочувствительных скважинных приборов – аналогового терморезисторного и цифрового электротермометров. В качестве термочувствительного элемента (датчика) в первом из них используются кобальт-марганцевые терморезисторы типа КМТ, электрическое сопротивление которых быстро снижается под влиянием температуры окружающей среды. Крутизна их характеристики позволяет регистрировать температуру с погрешностью около 0,01 °С. Однако с учетом инструментальной погрешности всего скважинного термометра, погрешностей в системе датчик в скважине – кабель – регистратор на земной поверхности, а также необходимости соблюдения ряда требований (например, приложенное к терморезистору напряжение не должно превышать 1 В, чтобы избежать его подогрева измерительным током) точность измерений составляет приблизительно 0,03 °С. Информация на регистрирующий прибор (электрический мост или электронный омметр) поступает в аналоговом виде.

Второй тип приборов – цифровой скважинный электротермометр – обеспечивает аналогичные чувствительность и точность измерения температуры. Термочувствительным элементом в нем является платиновая проволока, электрическое сопротивление которой линейно возрастает с увеличением температуры. Аналоговый сигнал с датчика обрабатывается аналого-цифровым преобразователем и через электрический кабель поступает на земную поверхность в цифровом виде для отображения на электронном регистраторе (рис. 1). Оба типа скважинных термометров были откалиброваны по выпускаемым промышленностью эталонным ртутным термометрам ТР-1 с ценой деления 0,01 °С.

Примеры общего вида цифрового скважинного электротермометра и процесса регистрации термограммы в полевых условиях, выполненной в осенний период на площади залегания калийных солей в скважине 96бг на территории Солигорского района Минской области, приведены на рис. 2.

Примеры термограммы и геотермического градиента (скорости нарастания температуры с увеличением глубины) скважины 96бг приведены на рис. 3. В данном случае имеет место монотонное нарастание температуры с увеличением глубины спуска геотермического зонда (см. рис. 3, а). Вариация геотермического градиента (см. рис. 3, б) связана с изменяющимся напластованием горных

¹Зуй В. И. Основы геотермии : пособие. Минск : БГУ, 2017. 287 с.

пород, составляющих литологический разрез, во вскрытой толще осадочного чехла. В зависимости от чередования пластов разного литологического состава изменяется их теплопроводность.

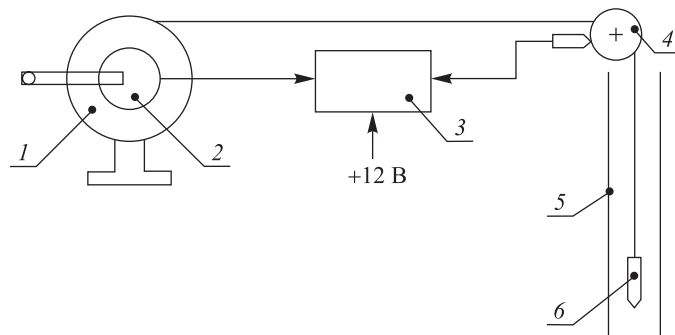


Рис. 1. Схема регистрации температуры с помощью цифрового скважинного электротермометра:
1 – ручная или машинная лебедка; 2 – щеточный узел (коллектор); 3 – устройство отображения информации;
4 – блок-баланс с датчиком глубины; 5 – стенка скважины; 6 – скважинный зонд

Fig. 1. Temperature recording diagram using a digital borehole thermometer:
1 – manual or machine winch; 2 – brush unit (collector); 3 – information display device;
4 – balance block with depth sensor; 5 – borehole wall; 6 – borehole probe



Рис. 2. Общий вид цифрового скважинного электротермометра (а) и процесс регистрации термограммы в скважине 966г, пробуренной в Солигорском районе Минской области (северо-западная часть Припятского прогиба) (б)

Fig. 2. General view of a digital borehole thermometer (a) and the process of recording a thermogram in the borehole 966g drilled in the Soligorsk District of the Minsk Region (northwestern part of the Pripyat Trough) (b)

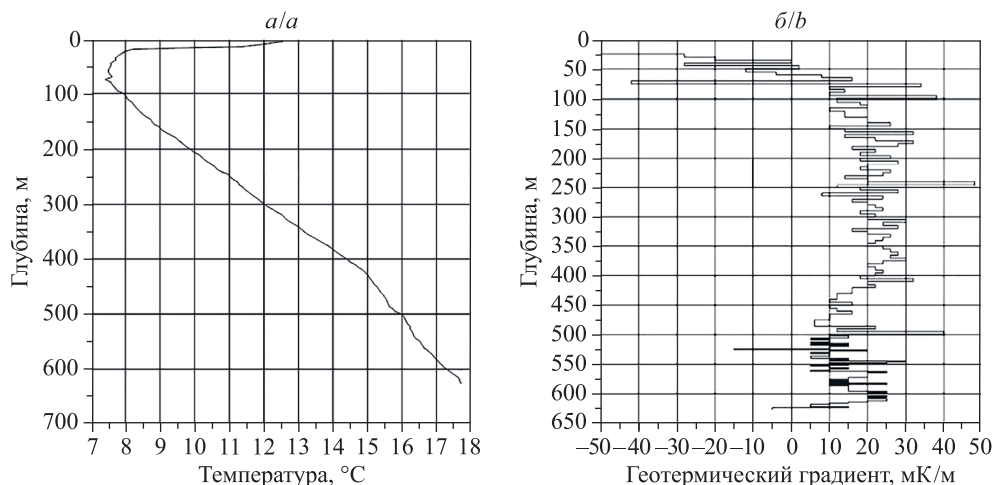


Рис. 3. Термограмма (а) и геотермический градиент (б) скважины 966г, пробуренной в Солигорском районе Минской области (северо-западная часть Припятского прогиба)

Fig. 3. Thermogram (a) and geothermal gradient (b) for the borehole 966g drilled in the Soligorsk District of the Minsk Region (northwestern part of the Pripyat Trough)

Распределение температуры на глубинах 100 и 200 м

Изменчивость распределения температуры по площади на различных глубинах традиционно отражают на картах. Чтобы дать об этом представление, мы составили карты распределения температуры в Минской области для двух глубин – 100 и 200 м. Они построены по результатам регистрации термограмм. В регионе изучена неравномерная сеть скважин (их положение обозначено желтыми кружками). На картах изображен характер температурного поля Минской области и непосредственно прилегающих к ее границе участков соседних областей. Карта распределения температуры в регионе на глубине 100 м приведена на рис. 4.

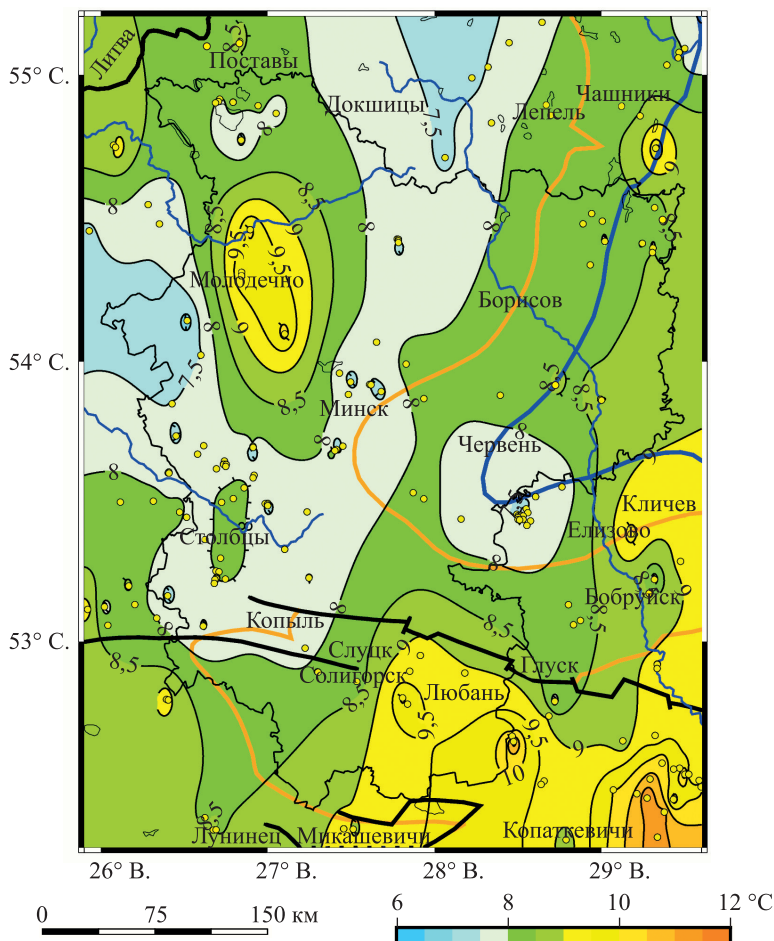


Рис. 4. Карта распределения температуры в Минской области на глубине 100 м.

Линиями черного цвета показаны основные разломы и граница области, линиями оранжевого и синего цвета – границы Белорусской антеклизы и Оршанской впадины соответственно. Желтыми кружками обозначено положение скважин с зарегистрированными термограммами

Fig. 4. Temperature distribution map in the Minsk Region at the depth of 100 m.

Black lines show the main faults and the region's border, orange and blue lines show borders of the Belarusian Anticline and the Orsha Depression, respectively. Yellow circles indicate the location of wells with recorded thermograms

Как видно из рис. 4, в пределах Минской области наблюдается заметная дифференциация температурного поля. В окрестностях Минска, Червеня и Копыля выделяются аномалии низких значений температуры (менее 7 °C). Положительные значения температуры (до 9–10 °C) отмечены на юге Минской области (в геологическом отношении это северо-западная часть Припятского прогиба), а также севернее Минска в пределах Молодечненско-Вилейской геотермической аномалии меридионального простирания, которая была выделена по трем изученным скважинам. Повышенные значения температуры (более 9–10 °C) выявлены в юго-восточной части рассматриваемого региона. Ее рост продолжается и за пределами Минской области в восточном и южном направлениях.

Карта распределения температуры в регионе на глубине 200 м приведена на рис. 5, из которого следует, что здесь в основном сохраняются аномалии, выявленные на глубине 100 м (см. рис. 4), при этом возрастают значения температуры (максимум достигает уже 12 °C) и увеличивается диапазон ее изменения, а также контрастность геотемпературного поля.

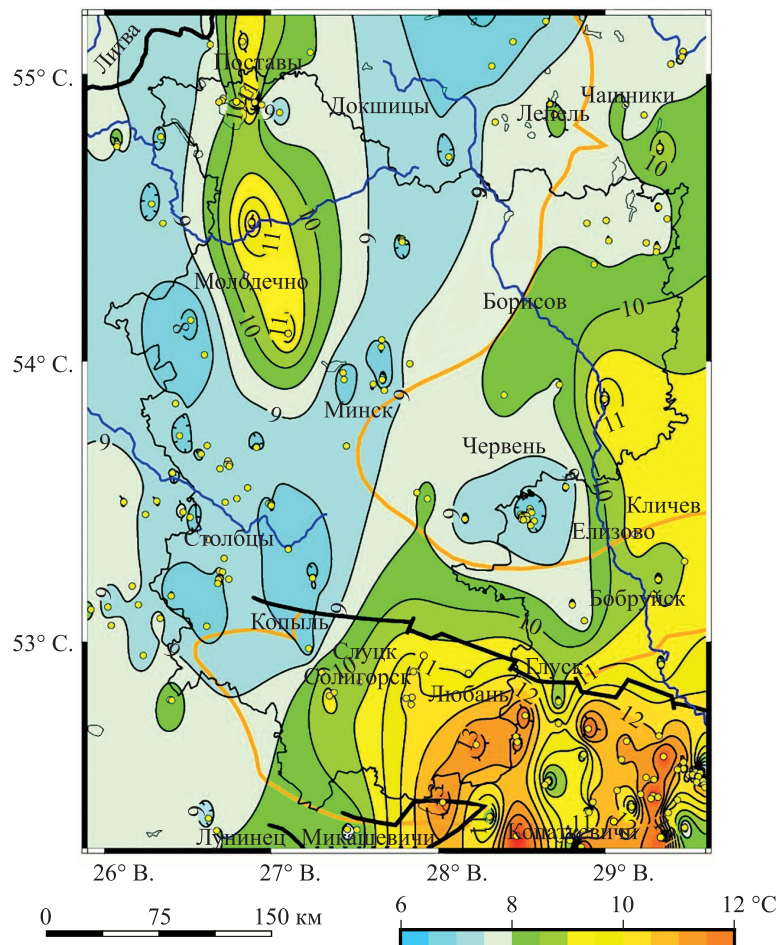


Рис. 5. Карта распределения температуры в Минской области на глубине 200 м.

Линиями черного цвета показаны основные разломы и граница области, линиями оранжевого цвета показана граница Белорусской антеклизы.

Желтыми кружками обозначено положение скважин с зарегистрированными термограммами

Fig. 5. Temperature distribution map in the Minsk Region at the depth of 200 m.

Black lines show the main faults and the region's border, orange line shows the border of the Belarusian Anticline.

Yellow circles indicate the location of wells with recorded thermograms

Ресурсы геотермальной энергии

На практике используются две основные методики оценки геотермальных ресурсов – методика, разработанная Санкт-Петербургским горным университетом императрицы Екатерины II, и методика, принятая в странах Западной Европы. В рамках первой методики выделяют следующие категории ресурсов геотермальной энергии [3]: перспективные (С3) и прогнозные (Р1 и Р2). Ресурсы категории Р2 представляют собой запасы тепла, накопленные в горных породах, без учета реальной возможности его извлечения. Они определяются для больших регионов. Ресурсы категории Р1 рассчитываются исходя из директивных требований теплопотребителя к температуре поступающего и возвращаемого теплоносителя с учетом коэффициента его температурного извлечения до глубин, промышленно и массово освоенных бурением (6 км), и возможного догрева. Однако в пределах геологических структур Минской области на глубине 6 км, как правило, залегают породы кристаллического фундамента, которые характеризуются отсутствием пористости и локальной трещиноватостью лишь на отдельных участках, что затрудняет циркуляцию флюидов. Кроме того, мощность платформенного чехла в Минской области чаще всего составляет менее 500 м и только в самой южной части региона может превышать 1000 м.

Вторая методика, принятая в странах Западной Европы, использует модель объемного содержания тепла в пористых коллекторах и предполагает извлечение геотермальной энергии системой дублетов скважин (по эксплуатационной скважине пластовая вода поднимается на земную поверхность, а по нагнетательной скважине отработанная вода, с которой «снята» часть температуры, возвращается обратно в пласт).

С учетом вышеизложенного для оценки плотности геотермальных ресурсов в рамках настоящей работы была выбрана вторая методика². Оценка плотности ресурсов подземного тепла с ее использованием требует наличия данных о распределении температуры в изучаемом интервале глубин и тепловых свойствах слагающих его горных пород (объемная теплоемкость горных пород и объемная теплоемкость воды), а также знания особенностей применяемой технологии отбора геотермальной энергии (прямое использование подземного тепла, применение теплонасосных установок и т. п.).

В целом с увеличением глубины геологического разреза температура возрастает, увеличивается и плотность ресурсов геотермальной энергии. Так, например, в пределах Припятского прогиба максимальная зарегистрированная температура на вертикальной глубине 6,4 км в скважине «Предречицкая-1» превышает 139 °С.

Для эффективного освоения подземного тепла лучше выбирать более глубокие геотермальные горизонты. Однако в них увеличивается минерализация термальных рассолов, что осложняет процесс извлечения тепла. В глубоких горизонтах платформенного чехла минерализация термальных рассолов может превышать 400 г/дм³ [4]. Такие высококонцентрированные рассолы оказывают агрессивное воздействие на металл эксплуатационных колонн скважин. Более того, при их откачке происходит выпадение кристаллов солей из пересыщенного раствора и их постепенное осаждение на стенках колонн, что может привести к закупорке последних. С технологической точки зрения наиболее благоприятные условия для использования геотермальной энергии существуют в горизонтах платформенного чехла, содержащих пресные воды (рис. 6).

В границах Минской области на территории Белорусской антеклизы преобладающая мощность платформенного чехла изменяется в диапазоне от приблизительно 100 до 500 м [5]. Водоносные горизонты здесь содержат пресные или слабоминерализованные воды, что является благоприятным фактором для использования их тепла.

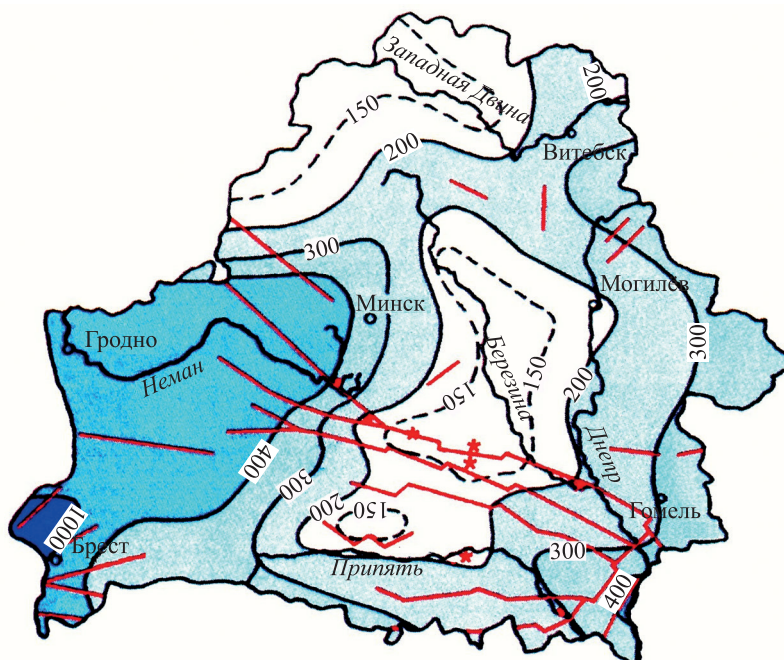


Рис. 6. Схема глубины залегания подошвы пресных вод в Беларуси.
Звездочками отмечены отдельные аномалии разгрузки глубинных минерализованных вод над разломами.
Источник: [5], с изменениями

Fig. 6. Scheme of the depth of occurrence of the bottom of fresh water in Belarus.
Individual anomalies of discharge of deep mineralised waters above faults are marked with asterisks.
Source: [5], modified

Возврат отработанных термальных вод в водоносные горизонты предотвращает падение давления в них во время эксплуатации, а также исключает загрязнение поверхностных водотоков отработанными флюидами.

²Atlas of geothermal resources in Europe / Europ. Commiss. ; ed.: S. Hurter, R. Haenel. Luxembourg : Office for Offic. Publ. of the Europ. Communities, 2002. 92 p., 89 pl. of maps (Publication of the European Commission ; No. EUR 17811).

Плотность ресурса H_1 (в джоулях) оценивается по формуле³

$$H_1 = H_0 R_0,$$

где H_0 – тепло, содержащееся в породах на месте их залегания и подразумевающее объемную модель его извлечения; R_0 – коэффициент извлечения, представляющий собой часть тепла, которая подлежит добыче. Параметр H_0 включает тепло, запасенное в матрице горной породы и воде, заполняющей поровое пространство⁴:

$$H_0 = [(1-P)\rho_m c_m + P\rho_w c_w][T_t - T_0] A \Delta z,$$

где ρ_m, ρ_w – плотность матрицы горной породы и плотность воды соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_m, c_w – удельная теплоемкость матрицы горной породы и удельная теплоемкость воды соответственно, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; P – эффективная пористость; T_t – температура на кровле водоносного горизонта, $^{\circ}\text{C}$; T_0 – температура на земной поверхности, $^{\circ}\text{C}$; A – рассматриваемая площадь земной поверхности, м^2 ; Δz – эффективная мощность водоносного горизонта, м.

В расчетные соотношения входят объемная теплоемкость горной породы и объемная теплоемкость воды ($\rho_m c_m$ и $\rho_w c_w$ соответственно). Значения первого параметра определяются в ходе лабораторных измерений, выполняемых на образцах керна, который был поднят при бурении скважин. При определении значений второго параметра следует учитывать, что удельная теплоемкость воды зависит от температуры. Вид этой зависимости представлен на рис. 7, из которого следует, что минимальные значения удельной теплоемкости воды приходятся на диапазон температур от 30 до 50 $^{\circ}\text{C}$.

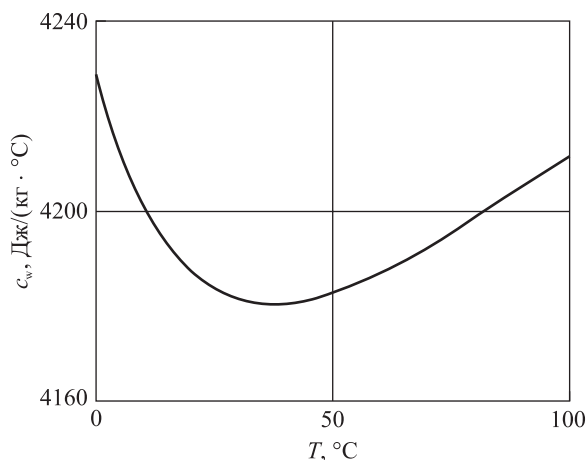


Рис. 7. Удельная теплоемкость воды в зависимости от температуры.
Источник: Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Справочник по элементарной физике.
7-е изд., стер. М.: Наука, 1976. 256 с.

Fig. 7. Specific heat capacity of water depending on temperature
Source: Koshkin N. I., Shirkevich M. G. Handbook of elementary physics.
7th ed., ster. Moscow: Nauka, 1976. 256 p.

Коэффициент R_0 зависит от выбранной технологии извлечения подземного тепла. Если добыча геотермальной энергии производится с использованием дублета скважин (наиболее эффективный способ, при котором через эксплуатационную скважину осуществляется подъем геотермального флюида, а через нагнетательную скважину – захоронение отработанного флюида в водоносный горизонт), то

$$R_0 = \frac{0,33(T_t - T_r)}{(T_t - T_0)},$$

где T_r – температура закачки (реинжекции), $^{\circ}\text{C}$.

Данные, необходимые для оценки плотности ресурсов геотермальной энергии с использованием описанной методики, можно получить из литолого-стратиграфического описания вскрытого бурением разреза, информации о пористости образцов горных пород, каротажных диаграмм, сведений о тепловых свойствах горных пород [6; 7] и термограмм скважин. Знание других критичных параметров не требуется.

³Atlas of geothermal resources in Europe... 92 p., 89 pl. of maps.

⁴Ibid.

В выбранном интервале глубин на территории Минской области существует ряд водоносных горизонтов, содержащих пресные воды и разделенных слабопроницаемыми отложениями с многочисленными гидрогеологическими окнами (рис. 8). С этой точки зрения в первом приближении интервал глубин 100–200 м можно рассматривать как единый геотермальный горизонт.

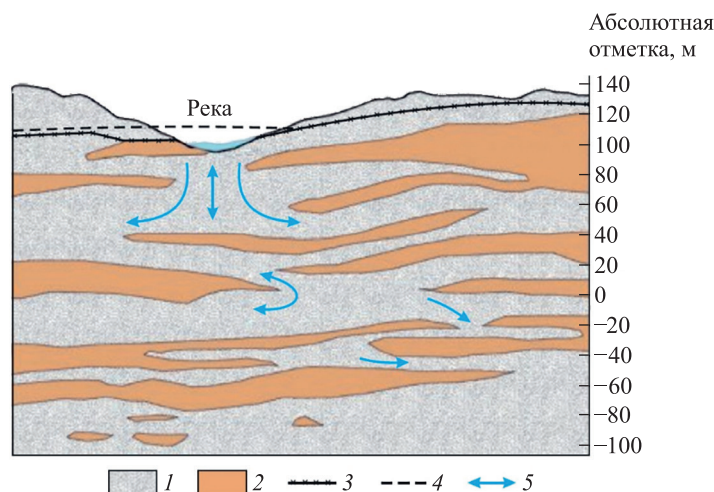


Рис. 8. Пример, поясняющий строение верхней части геологического разреза в зоне распространения пресных вод с гидрогеологическими окнами, соединяющими водоносные горизонты: 1 – водоносные отложения; 2 – относительные водоупоры; 3 – нормальное положение зеркала грунтовых вод; 4 – положение зеркала грунтовых вод в периоды паводков; 5 – направления фильтрации воды.

Источник: [8]

Fig. 8. An example explaining the structure of the upper part of a geological section in a freshwater distribution zone with hydrogeological windows connecting aquifers: 1 – water-bearing deposits; 2 – relative aquicludes; 3 – normal position of the groundwater table; 4 – position of the groundwater table during flood periods; 5 – directions of water filtration.

Source: [8]

Данные, необходимые для использования принятой методики расчетов, не предполагают проведения специальных тестов скважин. Как отмечено выше, они могут быть получены из литолого-стратиграфического описания вскрытого бурением разреза, информации о пористости образцов горных пород, каротажных диаграмм и термограмм скважин. В гидрогеологической практике не всегда имеется информация о пористости, проницаемости или гидропроводности продуктивных толщ. Расчет этих параметров требует проведения откачек из скважин либо специальных расчетов по диаграммам производственного каротажа скважин. Кроме того, полученные таким образом величины проницаемости характеризуют локальные участки и являются весьма изменчивыми по площади даже в пределах одной геологической структуры.

При выполнении расчетов плотности геотермальных ресурсов использованы следующие данные: температура на кровле водоносного горизонта (глубина 100 м), взятая из термограмм скважин, а также объемная теплоемкость горных пород и объемная теплоемкость воды, принятые равными $2,76 \cdot 10^6$ и $4,18 \cdot 10^6$ Дж/(м³ · °С) соответственно. Пористость водоносных пород изменяется в широких пределах (вплоть до 30–35 %) в зависимости от их литологического и гранулометрического состава, а также степени цементации. С учетом того что реальный разрез включает и водонепроницаемые породы, в качестве усредненной пористости пород по всему разрезу автор принял несколько заниженную величину (5 %), чтобы не переоценить расчетные значения плотности геотермальных ресурсов. При проектировании конкретных геотермальных установок эта величина подлежит уточнению.

Полученные расчетные значения плотности геотермальных ресурсов пересчитаны в килограммах условного топлива на квадратный метр (далее – кг у. т./м²). Переводной коэффициент, обеспечивающий связь между единицами измерения, выраженными в джоулях, с одной стороны, и единицами измерения, выраженными в тоннах условного топлива (далее – т у. т.), с другой стороны, равен $0,034 \cdot 10^{-9}$ т у. т./Дж [3].

Предварительная карта плотности извлекаемых ресурсов подземного тепла Минской области, составленная для интервала глубин 100–200 м с использованием указанных выше исходных данных, приведена на рис. 9.

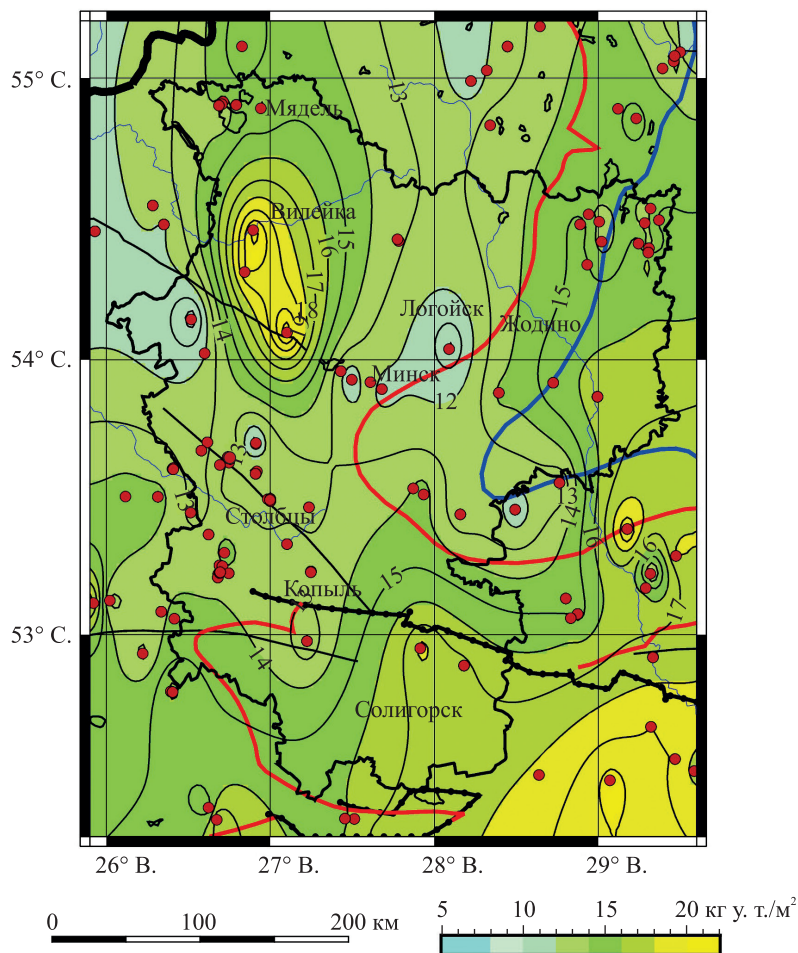


Рис. 9. Карта плотности извлекаемых ресурсов подземного тепла Минской области для интервала глубин 100–200 м. Линиями черного цвета показаны основные разломы и граница области, линиями красного и синего цвета – границы Белорусской антеклизы и Оршанской впадины соответственно. Красными кружками обозначены скважины, использованные для оценки плотности ресурсов подземного тепла

Fig. 9. Map of the distribution of the density of extractable underground heat resources in the Minsk Region for the depth interval of 100–200 m. Black lines show the main faults and the region's border, red and blue lines show the borders of the Belarusian Anticline and the Orsha Depression, respectively. Red circles indicate the wells used to estimate the density of underground heat resources

Изолинии плотности ресурсов подземного тепла изменяются от 10–11 кг у. т./м² в центральной части Минской области в окрестностях Минска и Логойска до 18–20 кг у. т./м² по направлению к Припятскому прогибу на юге и Молодечненско-Вилейской геотермической аномалии на севере региона. Значения плотности геотермальных ресурсов более 20 кг у. т./м² выявлены в Припятском прогибе за пределами Минской области (см. рис. 9, правый нижний угол карты).

Технологические схемы отбора подземного тепла

В границах исследуемого региона ресурсы низкоэнтапийной геотермальной энергии частично уже используются. Так, в Минской области созданы и введены в эксплуатацию десятки небольших геотермальных установок на базе тепловых насосов для отопления зданий и сооружений, горячего водоснабжения в жилищно-коммунальном секторе и сельском хозяйстве, осуществления сушки в различных технологических процессах и многих других назначений [9]. Как показывает практика, теплонасосные установки для извлечения подземного тепла устойчиво работают уже при температуре грунтового горизонта 7–8 °С, что обеспечивается на всей территории Минской области. В большинстве случаев на платформах для подъема пластовых вод на земную поверхность необходимо бурение скважин⁵ [10], как, например, на рис. 10.

⁵Handbook of terrestrial heat-flow density determination: with guidelines and recommendations of the International Heat Flow Commission / ed. by R. Haenel, L. Rybach, L. Stegena. Dordrecht ; Boston ; London : Kluwer Acad. Publ., 1988. XIV, 486 p. (Solid earth sciences library).

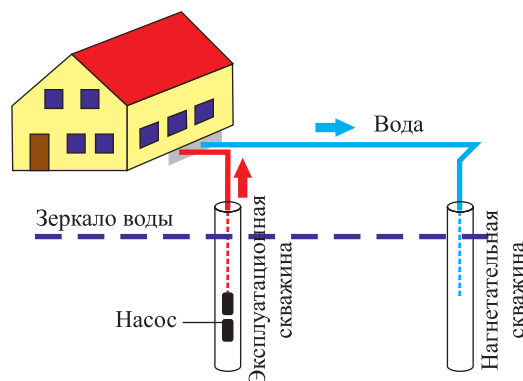


Рис. 10. Геотермальная система с открытым циркуляционным контуром.
Источник: Mands E., Sanner B. Shallow geothermal energy [Electronic resource].
URL: <http://www.ubeg.de/downloads/shallowgeothengl.pdf> (date of access: 04.11.2010)

Fig. 10. Geothermal system with an open circulation loop.
Source: Mands E., Sanner B. Shallow geothermal energy [Electronic resource].
URL: <http://www.ubeg.de/downloads/shallowgeothengl.pdf> (date of access: 04.11.2010)

Один из методов отбора подземного тепла основан на размещении в скважинах грунтовых теплообменников [11; 12]. Принципиальная схема такого теплообменника приведена на рис. 11. Его используют для реализации как прямой, так и обратной циркуляции жидкости. Расчет параметров теплообменника выполняют для каждого конкретного случая индивидуально [13].

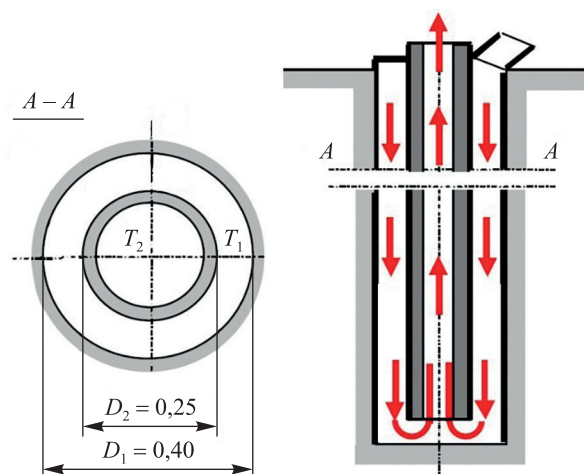


Рис. 11. Схема замкнутого циркуляционного контура в скважине (прямая циркуляция жидкости).
Источник: [13], с изменениями

Fig. 11. Scheme of a closed circulation loop in a well (direct circulation of liquid).
Source: [13], modified

Опытные работы по оценке эффективности рассмотренного метода отбора подземного тепла проведены в тестовом режиме для скважины «Березинская-1», расположенной в пределах Припятского прогиба в Светлогорском районе Минской области, с использованием замкнутого циркуляционного контура, созданного путем введения центральной трубы внутрь обсадной колонны. Полученные результаты подтвердили, что обеспечиваемая при этом тепловая мощность может достигать около 200 кВт в зависимости от глубины скважины и ее термограммы, и показали эффективность отбора подземного тепла с помощью такого теплообменника [14]. Гидравлическая связь между циркулирующей в контуре пресной водой и пластовыми водами отсутствовала. Данный теплообменник может успешно использоваться и для глубин, где присутствуют высокоминерализованные воды – крепкие рассолы.

Наиболее распространенным типом скважинных теплообменников в странах Европы является U-образный одиночный или двойной пластиковый трубопровод, погруженный в скважину (рис. 12).

На рис. 12, а, показана нижняя часть теплообменника, где выполнено соединение двух пластиковых труб с помощью наконечника, а на рис. 12, б, приведен общий вид поставленного на барабане U-образного

теплообменника, изготовленного из пластиковых труб. После их заполнения низкокипящим хладагентом (рассолом) – этиленгликолем или пропиленгликолем – создается *U*-образный циркуляционный контур, помещенный в скважину. Отбор тепла от грунта на каждый метр длины зонда может изменяться от 30 Вт до приблизительно 70 Вт в зависимости от типа грунта и его обводненности [15; 16].

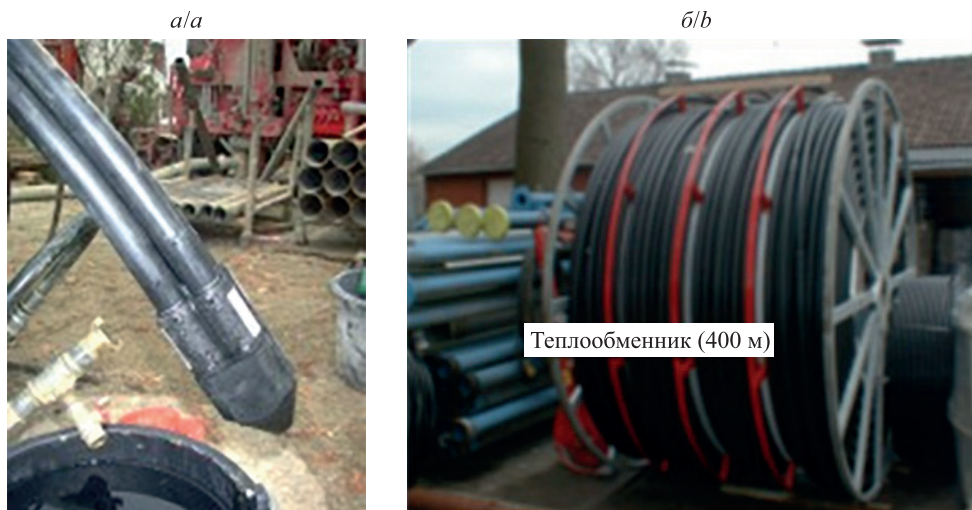


Рис. 12. Промышленные скважинные теплообменники: *a* – нижняя часть теплообменника, обеспечивающая соединение прямой и обратной пластиковых труб, перед его спуском в скважину; *б* – *U*-образный пластиковый скважинный теплообменник длиной 400 м на строительной площадке

Fig. 12. Industrial downhole heat exchangers: *a* – the lower part of the heat exchanger, which provides the connection of the direct and return plastic pipes, before lowering it into a borehole; *b* – 400 m long *U*-shaped plastic borehole heat exchanger at a construction site

На небольших глубинах (до 100 м) в ряде теплонасосных геотермальных установок на территории Минской области также используются промышленно изготавливаемые скважинные теплообменники на базе пластиковых труб⁶. После их монтажа в скважинах свободное пространство между стенкой скважины и теплообменником заполняют бентонитовой глиной для улучшения теплопередачи между массивом горных пород и циркулирующим в теплообменнике низкокипящим теплоносителем (например, жидкостью R147, не приводящей к разрушению озонового слоя при ее утечке).

Еще одним распространенным типом теплообменников является горизонтальный теплообменник, закладываемый в грунт ниже зоны промерзания, при этом конфигурация пластиковых труб в грунте может быть различной. На рис. 13 изображена кольцевая укладка. Циркулирующий в таком теплообменнике этиленгликоль или пропиленгликоль доставляет отобранное от грунта тепло к тепловому насосу.



Рис. 13. Принцип устройства горизонтального циркуляционного контура (кольцевая укладка)

Fig. 13. The principle of the horizontal circulation loop (ring laying)

⁶Зуй В. И. Основы геотермии... 287 с.

В качестве примера использования теплонасосной установки с открытым циркуляционным контуром кратко рассмотрим организацию обогрева сооружений канализационной насосной станции № 24 в д. Новый Двор Минского района. Для отопления на станции установлен тепловой насос Carrier 30NXC110 теплопроизводительностью 380 кВт. На выходе он может обеспечивать температуру до 55–60 °С. Общий вид теплового насоса и отапливаемого объекта приведен на рис. 14.



Рис. 14. Тепловой насос (а) и отапливаемый им комплекс сооружений канализационной насосной станции № 24 в д. Новый Двор Минского района (б).
Источник: [17]

Fig. 14. Heat pump (a) and the complex of buildings of sewerage pumping station No. 24 heated by it in the village of Novy Dvor, Minsk District (b).
Source: [17]

Теплонасосная установка используется для обогрева станции более 10 лет. Она смонтирована в машинном зале рядом с основным технологическим оборудованием. Благодаря наличию системы автоматики насос Carrier 30NXC110 не требует постоянного присутствия оператора. В качестве первичного источника для его питания используется пресная вода из скважины глубиной несколько десятков метров с температурой около 7–9 °С.

В зимний период на случай резкого снижения температуры наружного воздуха (до –25...–30 °С) предусмотрен также подогрев в течение нескольких дней за счет газовой котельной. В летнее время тепловой насос выводится из эксплуатации для межсезонного обслуживания.

Заключение

В результате проведенных исследований построены карты распределения температуры в Минской области на глубинах 100 и 200 м. В пределах изученного региона на этих глубинах залегают пресные подземные воды. Температура изменяется в широком диапазоне – от 7 °С до более чем 12 °С. Ее повышенные значения характерны для южной части региона, относящейся к территории Припятского прогиба.

Выполнена оценка плотности извлекаемых ресурсов геотермальной энергии. В границах Минской области плотность геотермальных ресурсов (в эквиваленте условного топлива) изменяется от 11 до 20 кг у. т./м². Наиболее высокие значения выявлены в южной части региона (Припятский прогиб) и севернее Минска в пределах Молодечненско-Вилейской геотермической аномалии. Полученные результаты показывают, что на всей территории Минской области ресурсы подземного тепла представляют интерес для практического использования.

К настоящему времени в регионе созданы несколько десятков небольших геотермальных установок для отопления зданий и сооружений. Приведен пример использования одной из них на крупной канализационной насосной станции. Кратко рассмотрены принципы отбора подземного тепла на основе технологических схем открытого и закрытого циркуляционных контуров. Отмечено, что использование пресных подземных вод в открытых циркуляционных контурах позволяет избежать технологических осложнений, имеющих место при откачке термальных рассолов (проблема выпадения кристаллов солей из пересыщенного раствора).

Показана возможность расширения практического использования подземного тепла в пределах области с применением теплонасосных геотермальных установок для различных нужд – отопления зданий и сооружений промышленного и аграрного секторов экономики, горячего водоснабжения, осуществления сушки в разных технологических процессах и др.

Библиографические ссылки

1. Беляков МФ. Геотермические измерения в Белоруссии. *Нефтяное хозяйство*. 1954;11:50–51.
2. Чекалюк ЭБ, Федорцов ИМ, Осадчий ВГ. *Полевая геотермическая съемка*. Китык ВИ, редактор. Киев: Наукова думка; 1974. 103 с.
3. Дядькин ЮД, Богуславский ЭИ, Вайнблат АБ, Остроумова ИМ, Троицкая ЕБ, Моисеенко УИ. Геотермальные ресурсы СССР. В: Моисеенко УИ, Гордиенко ВВ, редакторы. *Геотермические модели геологических структур*. Санкт-Петербург: [б. и.]; 1991. с. 168–176.
4. Кудельский АВ, Шиманович ВМ, Махнач АА. *Гидрогеология и рассолы Припятского нефтегазоносного бассейна*. Минск: Наука и техника; 1985. 223 с.
5. Кудельский АВ, Пашкевич ВИ, Карабанов АК, Павловская ИЭ, Коркин ВД. Гидросфера Беларуси на новейшем тектоническом этапе. *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. 2000;44(6):79–83.
6. Богомолов ГВ, Цыбуля ЛА, Атрощенко ПП. *Геотермическая зональность территории БССР*. Минск: Наука и техника; 1972. 212 с.
7. Любимова ЕА, Старикова ГН, Шушпанов АН. Теплофизические исследования горных пород. В: Любимова ЕА, редактор. *Геотермические исследования*. Москва: Наука; 1964. с. 115–173.
8. Zui VI, Gribik YaG, Martynova OA, Dubanevich MA, Vasilionak EA. Geothermal field and geothermal resources in Belarus. *Litasfera*. 2016;2:108–121. EDN: VANZEM.
9. Зуй ВИ. *Тепловое поле платформенного чехла Беларуси*. Минск: Экономпресс; 2013. 256 с.
10. Buntebarth G. *Geothermics: an introduction*. Berlin: Springer-Verlag; 1984. X, 144 p.
11. Kohl T, Salton M, Rybach L. Data analysis of the deep borehole heat exchanger plant Weissbad (Switzerland). In: Iglesias E, Blackwell D, Hunt T, Lund J, Tamanyu S, Kimbara K, editors. *Proceedings of the World geothermal congress – 2000; 2000 May 28 – June 10; Kyushu – Tohoku, Japan*. Auckland: International Geothermal Association; 2000. p. 3459–3464.
12. Калинин МИ, Баранов АВ. Метод расчета глубинных теплообменников для односкважинной технологии геотермального теплоснабжения. *Разведка и охрана недр*. 2003;6:53–60.
13. Kujawa T, Nowak W. Thermal calculations of geothermal heat utilizing one-well systems with both injection and production. In: Iglesias E, Blackwell D, Hunt T, Lund J, Tamanyu S, Kimbara K, editors. *Proceedings of the World geothermal congress – 2000; 2000 May 28 – June 10; Kyushu – Tohoku, Japan*. Auckland: International Geothermal Association; 2000. p. 3483–3488.
14. Зуй ВИ, Грибик ЯГ, Сусленко АЛ. Опытные работы по созданию теплообменника в скважине «Березинская-1» Припятского прогиба. В: Высоцкий ЭА, редактор. *Проблемы региональной геологии Беларуси. IV Университетские геологические чтения, посвященные 15-летию кафедры динамической геологии БГУ; 2–3 апреля 2010 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2010. с. 69–70.
15. Fridleifsson IB, Bertani R, Huenges E, Lund JW, Ragnarsson A, Rybach L. The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change. In: Hohmeyer O, Trittin T, editors. *Proceedings of the IPCC scoping meeting on renewable energy sources; 2008 January 20–25; Lübeck, Germany*. [S. l.]: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2008. p. 59–80.
16. Петин ЮМ, Накоряков ВЕ. Тепловые насосы. *Российский химический журнал*. 1997;41(6):107–111.
17. Zhidovich IS. Natural heat resources of the territory of Belarus: an experience of their utilization. *Geoterminis biuletenis*. 2004;5:82–86.

Получена 14.07.2025 / исправлена 26.09.2025 / принята 26.09.2025.
Received 14.07.2025 / revised 26.09.2025 / accepted 26.09.2025.

Галина Иосифовна
МАРЦИНКЕВИЧ

Galina Iosifovna
MARTSINKEVICH



Доктору географических наук, профессору Галине Иосифовне Марцинкевич исполнилось 90 лет.

Галина Иосифовна родилась 9 октября 1935 г. в г. Червене. В 1958 г. она окончила географический факультет Белорусского государственного университета и после завершения обучения в дневной аспирантуре (1963) начала свою педагогическую деятельность. С 1992 г. Галина Иосифовна Марцинкевич являлась профессором кафедры физической географии и охраны природы (после переименования – кафедры географической экологии). С 2019 г. она работала главным научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов БГУ, с 2021 г. – научным консультантом научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов БГУ.

За время трудовой деятельности Галина Иосифовна проявила себя как высококвалифицированный педагог, владеющий знаниями из различных областей географической науки и приемами их передачи студентам. Она разработала около 10 учебных

курсов, которые преподавала студентам. В целях обеспечения учебного процесса Г. И. Марцинкевич подготовила и опубликовала 12 учебников, учебных и учебно-методических пособий для этих курсов.

Галина Иосифовна Марцинкевич – лидер научной школы ландшафтоведения Республики Беларусь, ею подготовлены 5 кандидатов географических наук. Она опубликовала около 500 научных работ, в том числе 18 монографий и статей в монографиях, а также около 200 научных статей в журналах и сборниках международных и республиканских конференций.

В течение многих лет Галина Иосифовна занималась научными исследованиями в области фундаментального и прикладного ландшафтоведения, ландшафтной экологии, ландшафтного картографирования, природопользования и охраны окружающей среды. В начале XXI в. Г. И. Марцинкевич участвовала в реализации нескольких образовательных проектов по международным программам *TASIS* и *TEMPUS*, государственных программ научных исследований Республики Беларусь. С 2001

по 2020 г. под ее руководством успешно выполнены задания по оценке ландшафтного разнообразия, антропогенной трансформации ландшафтов Республики Беларусь, типологии и эколого-геохимической оценке урболандшафтов промышленных центров страны.

Галина Иосифовна – автор большого количества картографических работ, среди которых можно выделить настенные ландшафтные карты Беларуси для средней школы (2012, 2021) и учреждений высшего образования (1984, 2014), ландшафтные карты административных областей и районов. В издании «Нацыянальны атлас Беларусі» (2002, 2024) опубликованы разработанные Г. И. Марцинкевич карты районирования природных ландшафтов (совместно с Н. К. Клицуновой), а также новый вариант карты физико-географического районирования Республики Беларусь в десятичной системе районирования.

Преподаватели и научные сотрудники знают Галину Иосифовну как компетентную, коммуникабельную, доброжелательную коллегу. Ее отличает уважительное отношение к студентам.

За большой вклад в развитие белорусской науки и успехи в подготовке специалистов-географов и специалистов-геоэкологов Галина Иосифовна удостоена множества наград: Почетной гра-

моты Верховного Совета Республики Беларусь (1996), Почетной грамоты Совета Министров Республики Беларусь (2001), почетных грамот Министерства образования БССР и Министерства образования Республики Беларусь (1971, 1985, 1989, 1995, 2005), Почетной грамоты Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (2000). Также она имеет нагрудный знак «Отличник образования Республики Беларусь» (2000). Достижения Г. И. Марцинкевич отмечены и в БГУ: она является лауреатом премии имени А. Н. Севченко (2003). Галине Иосифовне присвоено звание «Заслуженный работник БГУ» (2010), также она поощрена почетными грамотами БГУ (2010, 2019), награждена медалью «100 лет БГУ» (2021).

Галина Иосифовна Марцинкевич – достойный продолжатель дела по формированию и развитию ландшафтной школы. Ее исследования еще долгое время будут воодушевлять студентов и аспирантов на поиски новых решений и направлений в ландшафтоведении, что позволит сохранить и приумножить знания и достижения белорусской научной ландшафтной школы.

*И. И. Счастливая*¹

¹*Ирина Иосифовна Счастливая* – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры географической экологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета.

Iryna I. Shchasnaya, PhD (geography), docent; associate professor at the department of geographical ecology, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University.

E-mail: irina.schasnaya@gmail.com

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

УДК 574(075.8)

Витченко А. Н. Общая экология : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 6-05-0521-03 «Геоэкология» / А. Н. Витченко ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 168 с. : табл. Библиогр.: с. 163–165. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/331567>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 02.07.2025, № 008602072025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 6-05-0521-03 «Геоэкология». В теоретическом разделе ЭУМК изложены научные представления о биосфере как специфической оболочке Земли, последовательно рассмотрены основные закономерности и механизмы устойчивого существования биологических систем разного уровня в условиях сложной и динамичной окружающей среды. В практическом разделе представлены вопросы к семинарским занятиям, методические разработки по выполнению практических заданий по учебной дисциплине, позволяющие формировать навыки научно-исследовательской работы.

УДК 502.1:55(075.8)

Витченко А. Н. Географическая экология : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 6-05-0521-03 «Геоэкология» / А. Н. Витченко ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 285 с. : табл. Библиогр.: с. 281–283. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/335542>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 07.10.2025, № 010807102025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальности 6-05-0521-03 «Геоэкология». В теоретическом разделе ЭУМК изложены научные представления о географической экологии; геоэкологические особенности функционирования, динамики и эволюции географической среды и ее компонентов, обусловленные естественными тенденциями их развития и антропогенным воздействием; геоэкологические аспекты функционирования природно-антропогенных геосистем; основные геоэкологические проблемы человечества и возможные пути их решения. В практическом разделе представлены вопросы к семинарским занятиям, методические разработки по выполнению практических заданий по учебной дисциплине, позволяющие сформировать навыки научно-исследовательской работы, а также перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля, промежуточного и итогового контроля знаний.

УДК 528:004(075.8)

Введение в космоаэрокартографию : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец. 6-05-0532-05 «Космоаэрокартография и геодезия» / БГУ ; сост.: А. П. Романкевич [и др.] ; под общ. ред. А. П. Романкевича. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 108 с. : ил. Библиогр.: с. 106–108. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/337525>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 24.11.2025, № 014524112025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) с креативным компонентом «Введение в космоаэрокартографию» предназначен для студентов специальности 6-05-0532-05 «Космоаэрокартография и геодезия». Содержание ЭУМК способствует изучению ключевых вопросов, составляющих фундамент топографо-геодезического метода географических исследований, и формированию знаний в области основ теории и практики получения информации, ее обработки для картографирования объектов географической оболочки.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ

<i>Сазонов А. А.</i> Агроэкологическая типология агроландшафтов Беларуси.....	3
<i>Скоурон Р., Суховило Н. Ю., Яцук Т.</i> Факторы, определяющие динамику температуры поверхностных вод в отдельных озерах Польши и Беларуси по десятилетиям в период изменения климата.....	16
<i>Антипова Е. А., Макаревич Е. Е.</i> Географические особенности разводимости и риски распада браков и партнерских союзов в Беларуси на основе материалов двух волн обследования «Поколения и гендер».....	30
<i>Антипова Е. А., Сушкевич Л. О.</i> К вопросу о типологии регионов Республики Беларусь в контексте демографической устойчивости.....	48
<i>Крыстев В.</i> Объяснение силы в современной геополитике.....	65
<i>Полюхович А. Н., Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А.</i> Структура биотопов ключевых водно-болотных угодий Припятского Полесья.....	74

ГЕОЛОГИЯ

<i>Литвинюк Г. И., Воробей М. В.</i> Условия формирования семенных флор голоцена и палеоклиматические реконструкции атлантического периода на территории Беларуси.....	89
<i>Зуй В. И.</i> Тепловое поле и геотермальные ресурсы Минской области.....	106

ЮБИЛЕИ

Галина Иосифовна Марцинкевич.....	119
Аннотации депонированных в БГУ работ.....	121

CONTENTS

GEOGRAPHY

<i>Sazonov A. A.</i> Agroecological typology of Belarusian agrolandscapes.....	3
<i>Skowron R., Sukhovilo N. Yu., Jaszczyk T.</i> Determinants of the course of decadal surface water temperatures in selected lakes in Poland and Belarus during the period of climate change.....	16
<i>Antipova E. A., Makarevich E. E.</i> Geographic patterns of divorce rates and risks of marriage and partnership dissolution in Belarus based on data from two waves of the Generations and Gender Programme....	30
<i>Antipova E. A., Sushkevich L. O.</i> On the issue of typology of regions of the Republic of Belarus in the context of demographic resilience	48
<i>Krastev V.</i> Explanation of force in modern geopolitics	65
<i>Paliukhovich A. M., Grummo D. G., Zelenkevich N. A.</i> Structure of biotopes of key wetlands in Pripyat Polesie.....	74

GEOLOGY

<i>Litvinyuk G. I., Vorobey M. V.</i> Conditions of formation of seed floras of the Holocene and paleoclimatic reconstructions of the Atlantic period in the territory of Belarus.....	89
<i>Zui V. I.</i> Thermal field and geothermal resources of the Minsk Region.....	106

JUBILEES

Galina Iosifovna Martsinkevich.....	119
Indicative abstracts of the papers deposited in BSU.....	121

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.
№ 2. 2025**

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Республика Беларусь.
Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Республика Беларусь.
Тел. (017) 259-72-34, (017) 259-72-38.

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. Д. Баранова, А. С. Люкевич,
С. Р. Пинчук, О. А. Семенец*
Технический редактор *М. А. Панкратова*
Корректор *Л. А. Меркуль*

Подписано в печать 28.11.2025.
Тираж 25 экз.

© БГУ, 2025

**Journal
of the Belarusian State University.
Geography and Geology.
No. 2. 2025**

Founder:
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030, Republic of Belarus.
Correspondence address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030, Republic of Belarus.
Tel. (017) 259-72-34, (017) 259-72-38.
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. D. Baranova, A. S. Lyukevich,
S. R. Pinchuk, O. A. Semenets*
Technical editor *M. A. Pankratova*
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 28.11.2025.
Edition 25 copies.

© BSU, 2025