



БЕЛОРУССКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ЖУРНАЛ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ГЕОГРАФИЯ ГЕОЛОГИЯ

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

GEOGRAPHY and GEOLOGY

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

Выходит один раз в полугодие

2

2024

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 Кохановского 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.
Мезенцев К. В.	Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, Киев, Украина.
Нюсупова Г. Н.	Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алма-Ата, Казахстан.
Пироженик 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, EUROGEO, 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.
Mezentsev K. V.	Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine.
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.
Sarmento 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 631.4 + 504.062:528.8 + 330.15

ТИПОЛОГИЯ ГЕОСИСТЕМ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. Н. ЧЕРВАНЬ¹⁾, Ю. С. ДАВИДОВИЧ¹⁾

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

Аннотация. Изложены принципы и методика типологии геосистем Белорусского Полесья на основе геоинформационного пространственного анализа структуры почвенного покрова. Приведен алгоритм идентификации геосистем через состав и строение почвенных комбинаций с использованием белорусской номенклатуры и подходов к классификации почв. Дано обоснование выбранной номенклатуры почвенных комбинаций, рассмотрена иерархическая группировка геосистем Полесья с учетом морфометрических, геоморфологических, гипсометрических, литологических и иных характеристик. Указаны приемы использования шкалы контрастности и модифицированной оценки расчлененности структуры почвенного покрова с применением автоматизированного картометрического анализа, позволившие составить интегрированное холистическое представление о геосистемах Полесского региона. На территории Белорусского Полесья идентифицированы 25 вариантов природных систем, дифференцирующихся на 101 мезокомбинацию почв в зависимости от орографических, геоморфологических, гипсометрических и литологических условий, что в совокупности составляет 68 % разнообразия географической среды республики, оцениваемой по структуре почвенного покрова. Геосистемы рассмотрены в качестве территориальных единиц по направлениям природопользования в соответствии с функциональными типами административных районов Беларуси. Представлена экспликация площадей геосистем региона. Оценена целесообразность использования данных дистанционного зондирования Земли в определении состояния геосистем Белорусского Полесья.

Ключевые слова: геосистема; Белорусское Полесье; почвенная комбинация; структура почвенного покрова; дистанционное зондирование Земли; территориальное планирование; почвенно-ресурсный потенциал.

Образец цитирования:

Червань АН, Давидович ЮС. Типология геосистем Белорусского Полесья. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;2:3–23. EDN: BSBAQP

For citation:

Chervan AN, Davidovich YS. Typology of geosystems of Belarusian Polesie. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:3–23. Russian. EDN: BSBAQP

Авторы:

Александр Николаевич Червань – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; заведующий кафедрой почвоведения и геоинформационных систем, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Юрий Сергеевич Давидович – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Aliaksandr N. Chervan, PhD (agricultural sciences), docent; head of the department of soil science and geographic information systems and leading researcher at the laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics. chervan@bsu.by

Yury S. Davidovich, junior researcher at the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics. seg98001@gmail.com

TYOLOGY OF GEOSYSTEMS OF BELARUSIAN POLESIE

A. N. CHERVAN^a, Y. S. DAVIDOVICH^a

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

Corresponding author: A. N. Chervan (chervan@bsu.by)

Abstract. The principles and methodology of the typology of geosystems of the Belarusian Polesie based on geoinformation spatial analysis of the soil cover structure are outlined. An algorithm for identifying geosystems through the composition and structure of soil combinations using Belarusian nomenclature and approaches to soil classification is presented. The justification for the selected nomenclature of soil combinations is given, the hierarchical grouping of geosystems of the Polesie is considered taking into account morphometric, geomorphological, hypsometric, lithological and other characteristics. Techniques for using the contrast scale and a modified assessment of the dissection of the soil cover structure with the use of automated map-metric analysis are indicated, which made it possible to create an integrated holistic view of the geosystems of Polesie region. On the territory of Belarusian Polesie 25 variants of natural systems have been identified, differentiated into 101 soil mesocombinations depending on orographic, geomorphological, hypsometric and lithological conditions, which together constitute 68 % of the geographical environment diversity of the republic assessed by the soil cover structure. Geosystems are considered as territorial units in areas of environmental management in accordance with the functional types of administrative districts of Belarus. An explication of the areas of geosystems in the region is presented. The feasibility of using Earth remote sensing data in determining the state of geosystems of Belarusian Polesie has been assessed.

Keywords: geosystem; Belarusian Polesie; soil combination; soil cover structure; Earth remote sensing; territorial planning; soil-resource potential.

Введение

В последние десятилетия на фоне почти критических климатических изменений планетарного масштаба [1] возрастают экологические и социальные потребности населения в эффективном использовании природных ресурсов территории в соответствии с их потенциалом. Согласно резолюции 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»¹ предотвращение деградации почвенных и земельных ресурсов, а также восстановление деградированных экосистем являются одной из целей устойчивого развития [2]. В 2014–2015 гг. ряд стран приняли участие в пилотном проекте в рамках Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием, посвященном достижению нейтрального баланса деградации земель² [3], несмотря на озвученное на саммите «Рио + 20» отсутствие значимых результатов в этой области за 20-летний период [4]. При этом деградация земель понимается как снижение либо потеря биологической продуктивности в результате землепользования или действия естественных процессов, в том числе связанных с деятельностью человека³.

В Беларуси особое природоохранное и почвенно-ресурсное значение имеет Полесский регион, отличающийся сложным генезисом и, соответственно, более высоким уровнем биоразнообразия. Управление такими территориями требует разработки подходов и методов как наземных, так и дистанционных исследований с использованием систем тематической обработки пространственных данных [5].

Процессы изменения состояния земель, которые могут быть описаны как переход из одного класса земельного покрытия в другой, протекают быстро либо постепенно⁴. Быстрые изменения являются результатом значительных нарушений окружающей среды, стихийных бедствий или вмешательства человека. К постепенным изменениям, например, относятся изменения в плодородии почвы, растительности либо климате. Признаками деградации земель в определенной мере может считаться как снижение

¹Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года // Организация Объединенных Наций : сайт. Нью-Йорк, 2023. URL: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/92/pdf/n1529192.pdf> (дата обращения: 11.12.2023).

²LDN target setting // United Nations Convention to Combat Desertification : website. Bonn, 2023. URL: <http://www.unccd.int/actions/ldn-target-setting-programme> (date of access: 19.12.2023).

³Integration of the sustainable development goals and targets into the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification and the Intergovernmental Working Group report on land degradation neutrality // United Nations Convention to Combat Desertification : website. Bonn, 2023. URL: <https://www.unccd.int/official-documents/scop-12-ankara-2015/3cop12> (date of access: 21.12.2023).

⁴Expert meeting on ecosystem accounts // System of Environmental-Economic Accounting : website. New York, 2023. URL: <https://seea.un.org/events/expert-meeting-ecosystem-accounts> (date of access: 13.12.2023).

фактической или потенциальной продуктивности почв из-за потери биомассы, так и снижение уровня биоразнообразия либо сложности экосистем.

Рациональное природопользование остается одной из важнейших проблем не только Полесского региона, но и всей Беларуси. Оперативное принятие управленческих решений в сфере природопользования требует наличия надежной и постоянно действующей системы регулирования землепользования на основе ежегодных отчетов о состоянии земельных ресурсов⁵. В настоящий момент эта проблема активно решается с применением современных геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли. В исследованиях [6–8] отмечается, что использование геосистемного подхода в типологии структуры почвенного покрова (СПП) управляемых территорий и актуализация данных с применением методов дистанционного зондирования Земли обеспечивают методическую и информационную основу устойчивого природопользования.

Изученность вопроса типологии геосистем и ее практического использования

На методическую необходимость рассмотрения биогеоценоза и почвы в единой системе – геосистеме – указывает Н. Ф. Реймерс после выполнения значительного терминологического исследования в области природопользования: в геосистеме реализуется принцип системной дополненности и формируется устойчивое единство биологических и биокосных систем⁶. Развитие биогеоценологического направления в изучении почв предопределяется тем, что большинство почвоведов понимают почву как открытую суперсложную систему (это подтвердилось на XVI Международном конгрессе по почвоведению [9]) и как подсистему биогеоценоза, или геосистемы [10]. Вследствие наличия в геосистеме как биотических, так и абиотических составляющих, в своем развитии подчиняющихся законам механики, термодинамики, биологии, географии и других областей знания, выбор типологической единицы остается невелик: в качестве ее принимается почва как биокосная подсистема геосистемы. В таком случае состояние и изменчивость геосистемы идентифицируются через инвариант – СПП.

Многие исследователи, в том числе В. С. Крыщенко⁷, сходятся во мнении, что почва, как система открытого типа, стремится к динамическому равновесному состоянию. Это позволяет использовать ее в качестве ключевого объекта системного анализа геосистем, особенно принимая во внимание мультимасштабное сохранение информации на разном таксономическом уровне почвенного покрова [11–13]. Рассматривая современную парадигму природопользования, В. И. Кирюшин [14] указывает на детерминированность практического использования результатов системного анализа почвы, как правило, в биогеоценозах и агроценозах ее экологическими и производственными функциями. М. Ю. Пузаченко [15] и А. Дж. Джеррард [16] отмечают целесообразность применения методов общей теории систем, системного подхода и синергетики к изучению почвенного покрова, являющегося результатом пространственно-временного взаимодействия различных внешних факторов и компонентов геосистемы, с одной стороны, и собственного развития, с другой стороны. Формируются представление об иерархических уровнях структурной организации почвенного покрова и дифференцированные приемы управления природопользованием⁸ [14; 17]. В. М. Фридланд [18] отмечает существенную неполноту традиционной почвенной карты как модели реального почвенного покрова и указывает на необходимость анализа иерархического системного характера СПП. На V Всероссийском съезде Общества почвоведов имени В. В. Докучаева В. А. Рожков [19] делает вывод о том, что путь к созданию в первом приближении формализованного почвоведения находится в пределах изучения СПП в качестве инварианта геосистемы. Преимущества карт СПП для целей территориального планирования природопользования отмечены и в предыдущих исследованиях авторов [20–23]. Почвенная комбинация (в ранге от микро- до макрокомбинаций) состоит из элементарных почвенных ареалов или их групп и является существенным свойством (признаком) любой геосистемы, поскольку составляет ее внутреннюю структуру и открывает возможность выполнения структурно-функционального анализа.

Для автоматизации технологических этапов картографирования, инвентаризации и прогнозирования динамики природных систем наиболее объективным и подходящим техническим средством считается использование материалов тематического дешифрирования разновременных данных дистанционного

⁵Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2008. № 187, 2/1522.

⁶Реймерс Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник. М. : Мысль, 1990. 638 с.

⁷Базы данных состава и свойств почв : учебник / В. С. Крыщенко [и др.]. Ростов н/Д : Изд-во РСЭИ, 2008. 145 с.

⁸Добротворская Н. И. Структура почвенного покрова в системе агроэкологической оценки земель в лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.03. Барнаул, 2009. 40 с.

зондирования Земли. Материалы космической съемки и спутниковых измерений вегетационных индексов подстилающей поверхности (NDVI, ARVI, BDMI, SIPI), оперативно получаемые с группировок планетарных природно-ресурсных спутников, в том числе с Белорусского космического аппарата, позволяют на основе автоматизированных алгоритмов осуществлять непрерывный мониторинг текущего состояния природных систем и прогнозировать динамику их развития.

Геоинформационные технологии включают инструментарий системного пространственного анализа, который при должных алгоритмах обработки данных способствует оперативному получению качественных сведений заданной точности для всей территории землепользования, что обеспечивает решение большого числа задач не только сельскохозяйственного производства, но и лесохозяйственного управления, природоохранной деятельности и других вариантов территориального планирования⁹ [22; 24]. Базовой пространственной информационной основой регулирования землепользования и мониторинга земельных ресурсов в Беларуси является земельно-информационная система (ЗИС)¹⁰ [25]. В настоящее время проведена актуализация локальных ЗИС за счет тематического слоя «Почвы»¹¹, что позволило выполнить кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения [26] и открыло возможности учета природно-ресурсного потенциала при решении задач территориального планирования. Отмечаемая ограниченность объектового состава ЗИС на территории лесных земель [25] может быть преодолена с помощью предлагаемого геосистемного подхода к учету природных ресурсов.

Вопросы оптимизации природопользования с применением ГИС-технологий успешно решаются в рамках разработки адаптивно-ландшафтных систем [14], прецизионного землепользования [27] и экологического земледелия [28]. В решении задач территориального планирования развитие ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования Земли [19; 29] также опирается на методологию пространственного геоинформационного анализа геосистем [15; 21]. Природная организация геосистем, описываемая почвенными комбинациями, характеризуется информативностью типов земель, что позволяет учесть и оценить ресурсный потенциал геосистем и оптимизировать направления их использования на основе системного анализа почвенных карт и материалов дистанционного зондирования Земли¹² [30–32]. В настоящее время адаптивно-ландшафтные системы землепользования являются методологическим подходом к ведению растениеводства, что в условиях высокой доли гидротехнически мелиорированных земель и глобальных климатических изменений приобретает особую актуальность в регионе Белорусского Полесья.

Геосистемы выступают основными носителями качественной и количественной информации о состоянии природных ресурсов в границах каждой почвенной комбинации, что позволяет говорить о них, как об инвариантах почвенно-земельных ресурсов с качественными различиями устойчивости к процессам деградации земель [33; 34]. Неоднородность почвенного покрова рассматривается в качестве обратно пропорционального критерия возможности снижения проявления деградационных процессов, например зарастания древесно-кустарниковой растительностью или постмелиоративной деградации почвенно-земельных ресурсов.

Целью данного исследования является впервые выполняемая типология геосистем крупного региона – Белорусского Полесья – в границах закономерно организованных почвенных комбинаций на основе автоматизированного геоинформационного анализа цифровых почвенных карт. Объектом исследования выступает СПП региона. Использование геосистемного подхода ориентировано на рассмотрение вопросов естественной неоднородности СПП в аспекте определения направлений эффективного землепользования при сохранении биоразнообразия в рамках территориального планирования природопользования. При этом генетически обусловленная номенклатура почвенных комбинаций с количественной оценкой качественных признаков и картометрических показателей СПП обеспечивает геосистемную инвентаризацию типов земель – первичных единиц кадастрового учета и оценки земельных ресурсов, в том числе качественного, количественного и пространственного анализа.

⁹Савин И. Ю. Анализ почвенных ресурсов на основе геоинформационных технологий : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 03.00.27. М., 2004. 47 с. ; Пузаченко Ю. Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях : учеб. пособие для студентов вузов. М. : Academia, 2004. 416 с.

¹⁰Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания, ведения (эксплуатации и обновления) : ТКП 610-2023 (33520). Взамен ТКП 610-2017 (33520) ; введ. 01.01.2024. Минск : Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, 2023. IV, 107 с.

¹¹Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования) : утв. Ком. по зем. ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Респ. Беларусь 21.05.2002 г. / Ком. по зем. ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии ; сост.: Н. И. Смеян [и др.]. Минск, 2002. 19 с.

¹²Курьянович М. Ф. Структура почвенного покрова Белорусского Полесья и ее агропроизводственная интерпретация на основе материалов дистанционных съемок : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.03. Минск, 2016. 24 с.

Формирование устойчивой структуры землепользования с экономических и экологических позиций является актуальной задачей для разных уровней административного планирования – от регионального (Белорусское Полесье) и областного до локального (хозяйственного).

Материалы и методы исследования

Исходными данными для инвентаризационных и оценочных работ геосистемного анализа регионального и районного уровня в Белорусском Полесье являются материалы локальных ЗИС, в частности тематические слои о почвенном покрове, а также разномасштабные планово-картографические сведения о физико-географических условиях региона.

В числе прочих в структуре базы данных в программной среде ГИС с использованием специализированного программного обеспечения (*ArcGIS* (версия 10.8), *ENVI* (версия 5.6), *SNAP*) для типологии геосистем учитывались следующие данные:

- информация почвенных карт (масштаб 1 : 50 000 и 1 : 10 000) районов и сельскохозяйственных организаций;
- материалы схем землеустройства районов, а также схем внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства сельскохозяйственных организаций (масштаб 1 : 50 000 и 1 : 10 000);
- материалы кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций;
- данные дистанционного зондирования Земли.

Информация мультиспектральной съемки в настоящей работе использована для определения возможной актуализации состояния геосистем в аспекте направлений природопользования в соответствии с основным документом территориального планирования – Государственной схемой комплексной территориальной организации (ГСКТО) Республики Беларусь 2012 г. [35] и 2017 г. Для формирования мозаики индексных мультиспектральных изображений территории Белорусского Полесья был сформирован предварительный набор данных из снимков тестовых полигонов, сделанных с космических летательных аппаратов «Landsat-8» и (или) «Landsat-9», а также спутников «Sentinel-2A» и (или) «Sentinel-2B» с учетом оптимальных сроков аэрокосмических съемок растительного и почвенного покрова.

Для формирования индексных изображений мозаики использовались данные коллекции «Landsat 8–9» уровня 2, которая включает в себя спутники «Landsat-8» и новейшие спутники «Landsat-9», оснащенные оперативным датчиком изображения территории (OLI) и инфракрасным тепловым датчиком (TIRS). Инфракрасный тепловой канал регистрируется с разрешением 100 м, но в данном исследовании передискретизируется до 30 м, что удовлетворяет пространственной точности инвентаризации геосистем.

Также для формирования индексных изображений мозаики использовались данные системы спутников «Sentinel-2A» и «Sentinel-2B» с 11 спектральными каналами. Пространственное разрешение 4 основных каналов («Blue», «Green», «Red», «NIR») составляет 10 м, пространственное разрешение тепловых каналов и ближнего инфракрасного канала – 20 м. Для полученных мультиспектральных снимков были выполнены процедуры радиометрической и атмосферной коррекции. Временное разрешение двух спутников «Sentinel-2», работающих вместе, составляет 5 дней.

Признаки качественного состояния геосистем неразрывно связаны с критериями их пространственной идентификации (табл. 1). По общей динамике природных, в том числе почвообразующих, процессов в СПП выделяются группы внепойменных (водораздельные пространства) и пойменных мезокомбинаций. В зависимости от орографических условий водораздельные пространства подразделяются на водоразделы, характеризующиеся поверхностным водным стоком, и депрессии, аккумулирующие сток.

По геоморфологическим особенностям и рисунку почвенных ареалов геосистемы водоразделов дифференцируются на фрагментарные (молодые моренные образования с сетчатым рисунком структуры), выпуклые (сглаженные моренные и водно-ледниковые равнины с лопастным рисунком) и плоские (донно-моренные, водно-ледниковые, озерно-аллювиальные равнины, отличающиеся локальным застоем влаги и, как следствие, пятнистым рисунком). Депрессии, или понижения в рельефе, подразделяются на долинообразные (вытянутые сточные понижения с пологими склонами, широким основанием и полосчатым почвенным покровом) и озеровидные (обширные компактные понижения рельефа, обладающие концентрической или пятнистой структурой). Отдельную группу составляют переходные зоны – геосистемы с неупорядоченным расположением почвенных ареалов, чаще всего представленные комплексом двух вариантов мезокомбинаций. Ввиду наибольшей энтропийной меры переходные зоны являются наиболее устойчивыми к любому нежелательному воздействию геосистемами и представляют собой экологический каркас территории.

Таблица 1

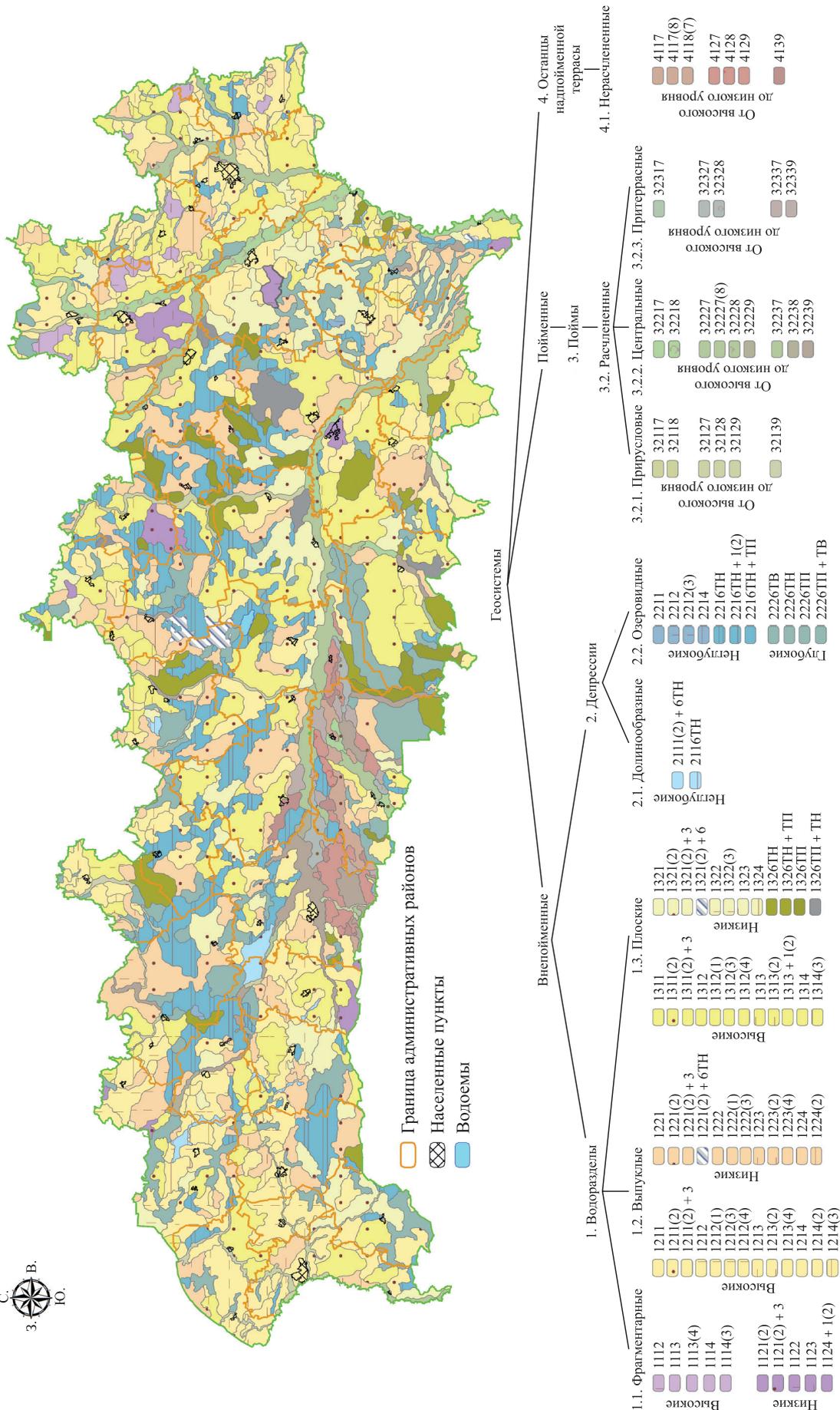
Иерархические критерии идентификации геосистем

Table 1

Hierarchical criteria for identifying geosystems

Критерии	Почвенные комбинации (типы земель)							
	Внепойменные			Пойменные				
Общая динамика природных процессов	1. Водоразделы			3. Поймы				
Орографический критерий	2. Депрессии			Расчлененные (3.2)				
Геоморфологический критерий	1. Фрагментарные		2. Озоровидные	1. Прирусловые	2. Центральные	3. Притеррасные		
	3. Плоские		1. Долиннообразные	Нерасчлененные (3.1)				
Гипсометрический критерий	1. Высокие		1. Неглубокие	1. Высокого уровня				
Литологический критерий (почвообразующие породы)	2. Низкие		2. Глубокие	2. Среднего уровня				
	3. Рыхлые породы		7. Аллювий рыхлый			1. Рыхлые породы		
	2. Двучленные породы без водоупора		8. Аллювий связный			2. Двучленные породы без водоупора		
	3. Двучленные породы с водоупором		9. Торф пойменный			3. Двучленные породы с водоупором		
	4. Суглинистые породы					4. Суглинистые породы		
	5. Глинистые породы					5. Глинистые породы		
	6. Торф					6. Торф		
						7. Аллювий рыхлый		
						8. Аллювий связный		
						9. Торф пойменный		

Источник: [21].



Масштаб 1 : 2 000 000 (основа 1 : 50 000)

Рис. 1. Геоисемы Белорусского Полесья, идентифицированные по СПП
 Fig. 1. Geosystems of Belarusian Polesie identified by the structure of the soil cover

Каждая геосистема определена гипсометрически: водоразделы распределены на две группы – высокие (косвенным признаком является наличие не более 40 % переувлажненных почв на рыхлых породах и не более 30 % переувлажненных почв на связных породах) и низкие (более 40 и 30 % соответственно); депрессии разделены на неглубокие (с преобладанием минеральных заболоченных почв) и глубокие (зоторфованные); поймы дифференцированы на поймы высокого, среднего и низкого уровня. По составу и литологии выделены девять вариантов почвообразующих пород: рыхлые породы – пески рыхлые и связные, подстилаемые или сменяемые песками рыхлыми; двучленные породы без водоупора – супеси рыхлые и связные (реже суглинки), подстилаемые песками (реже супесями); двучленные породы с водоупором – супеси рыхлые и связные (реже пески), подстилаемые мореной или другой водоупорной породой; суглинистые породы – суглинки легкие пылеватые и супеси связные, подстилаемые мореной; глинистые породы – моренные и озерно-ледниковые глины; торф (низинный (ТН), верховой (ТВ) или переходный (ТП)), аллювий рыхлый, аллювий связный и торф пойменный.

Орографический подход, применяемый для водораздельных пространств, для пойм заменяется подразделением их на нерасчлененные (почвы сменяются только в продольном направлении поймы) и расчлененные (смена почв происходит в поперечном сечении поймы). Последние по геоморфологическим особенностям дифференцируются на прирусловые, центральные и притеррасные. Таблица 1 дает представление об информации, закодированной в типовых названиях геосистем и отраженной в их формулах. Каждому варианту геосистемы на каждом уровне группировки присвоена цифра, так что итоговый индекс состоит из четырех (для пойменных геосистем из пяти) последовательных цифр. Он использован для обозначения единицы пространственного анализа геосистем в ГИС (см. рис. 1).

Количественными признаками геосистем как природных образований являются размер (площадь почвенных мезокомбинаций) и внутренняя неоднородность. Качественные признаки геосистем следует разделять на внешние и внутренние. Под внешними признаками понимаются критерии идентификации вариантов геосистем – общединамические, орографические, геоморфологические и литологические условия местности. При рассмотрении агроландшафтов внутренними признаками геосистем могут служить показатели агроэкологического состояния землепользования, выраженные через культуртехнические, агромелиоративные и другие оценки земельных участков. Основным внутренним признаком является неоднородность СПП. Мерой неоднородности геосистем служит коэффициент неоднородности СПП, рассчитываемый как произведение контрастности и расчлененности входящих в формулу почвенной комбинации групп элементарных почвенных ареалов.

Результаты и их обсуждение

Разработан номенклатурный список всех геосистем, встречающихся на территории Белорусского Полесья, а также унифицированная система условных обозначений каждой из них. Общее количество геосистем с учетом всех вариантов почвообразующих пород составляет 101 (см. рис. 1), что соответствует 68 % разнообразия географической среды Беларуси. Каждая из геосистем была закодирована в домене базы данных ГИС и получила символическое представление, что позволяет автоматизировать процесс инвентаризации СПП региона и составление производных картографических материалов. В среде ГИС предусмотрен системный учет типа почвенной комбинации, долевого участия почв разного генезиса, гранулометрического состава, степени увлажнения и характера подстилания почвообразующих пород.

Сочетания групп элементарных почвенных ареалов, включающих особенности почвенных разновидностей и растительных ассоциаций, образуют хорошо различимые на космических снимках, повторяющиеся в пространстве образы, отражающие комплекс физико-географических показателей. Соотношение групп почвенных ареалов в формуле почвенных комбинаций на примере геосистем водораздельных пространств Полесья представлено в табл. 2.

В качестве элементов формулы геосистемы буквенными индексами обозначены группы элементарных почвенных ареалов: ДП – дерново-подзолистые, ДПБ – дерново-подзолистые заболоченные (ДПБ0 – оглеенные на контакте, ДПБ1 – временно избыточно увлажненные, ДПБ2 – глееватые, ДПБ3 – глеевые), ДПБиг – дерново-подзолистые заболоченные с иллювиально-гумусовым горизонтом, ДБ – дерновые заболоченные (ДБ1 – временно избыточно увлажненные, ДБ2 – глееватые, ДБ3 – глеевые), ТБ – торфяно-болотные (ТН – низинные, ТВ – верховые и ТП – переходные), АДБ – пойменные дерновые (АДБ0 – оглеенные на контакте, АДБ1 – временно избыточно увлажненные, АДБ2 – глееватые, АДБ3 – глеевые), АдилБ – пойменные иловато-болотные, АТН – пойменные торфяно-болотные. Для примера: запись ДПБ1⁶⁰ + ДПБ2³⁰ + ДБ2¹⁰ означает, что в почвенной комбинации 60 % составляют дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные почвы, 30 % – дерново-подзолистые глееватые почвы и 10 % – дерновые глееватые почвы, представленные крупными контурами (более 1 га) контрастных почвенных разновидностей.

Состав почвенных комбинаций
на примере геосистем водораздельных пространств (min – max), %

Table 2

Composition of soil combinations using
the example of watershed spaces geosystems (min – max), %

Почвы	Индекс почвенной комбинации					
	1111, 1111(2), 1112, 1112(1), 1113, 1113(4), 1114, 1114(3), 1114(5), 1115	1121, 1121(2), 1122, 1122(1), 1123, 1123(4), 1124, 1124(3), 1124(5), 1125	1211, 1211(2), 1212, 1212(1), 1213, 1213(4), 1214, 1214(3), 1214(5), 1215	1221, 1221(2), 1222, 1222(1), 1223, 1223(4), 1224, 1224(3), 1224(5), 1225	1311, 1311(2), 1312, 1313, 1313(4), 1314, 1314(3), 1314(5), 1315	1321, 1321(2), 1322, 1322(1), 1323, 1323(4), 1324(3), 1324(5), 1326ТП + ТВ
ДП	35–85	30–65	40–85	30–65	35–75	20–45
ДПБО + ДПБ1	30–70	35–75	35–75	40–85	35–75	35–75
ДПБ2	15–45	20–55	20–50	35–75	15–45	30–65
ДПБ3	5–25	15–45	5–25	15–45	0–20	10–35
ДПБиг	0–15	5–15	0–10	5–25	0–20	10–25
ДБ1	15–35	25–55	25–55	20–45	25–55	15–40
ДБ2	5–20	20–45	15–35	15–45	15–40	15–45
ДБ3	0–20	15–35	5–25	10–35	5–25	10–35
ТВ	0–15	5–25	0–5	0–20	0–5	0–20
ТП	0–10	5–20	0–5	0–15	0–5	0–20
ТН	0–15	5–25	0–5	0–5	0–5	0–5
АДБО + АДБ1	5–15	5–25	5–20	5–25	0–20	5–25
АДБ2	0–20	5–25	0–20	0–15	0–15	0–15
АДБ3	0–15	0–20	0–5	0–20	0–15	0–15
АДилБ	0–15	0–20	0–5	0–10	0–15	0–15
АТН	0–15	0–20	0–5	0–15	0–15	0–10

В границах геосистем Белорусского Полесья с использованием базы данных ГИС выполнен геостатистический картометрический анализ. Получены количественные показатели СПП – коэффициенты контрастности, расчлененности и неоднородности геосистем. Результаты расчета и группировки итогового коэффициента неоднородности приведены на рис. 2 и 3.

Контрастность геосистем (см. рис. 2), как степень классификационного различия почв, составляющих формулу мезокомбинации, определена по схеме, разработанной Ю. К. Юодисом, с использованием монофакторной шкалы контрастности почв Беларуси. Расчет коэффициента расчлененности мезокомбинаций осуществлен путем отнесения суммы длин границ расчленяющих геосистему разновидностей почв к ее площади. Коэффициент неоднородности (см. рис. 3) является интегральным показателем совокупного влияния коэффициентов контрастности и расчлененности геосистем.

В формуле почвенной комбинации геосистемы закодированы природные условия почвообразования, почвенно-ресурсный потенциал и признаки устойчивости к внешнему воздействию, что подтверждается предыдущими исследованиями [23; 24; 30; 31].

Таким образом, картометрический анализ карт-слоев в границах геосистем позволяет объединить морфологический (пространственный) и генетический (функциональный) анализ природных условий. В табл. 3 указаны граничные значения картометрических показателей геосистем для целей территориального планирования. Результаты такого анализа являются основой типологического планирования направлений природопользования (уровень административного района) и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (уровень сельскохозяйственной организации).

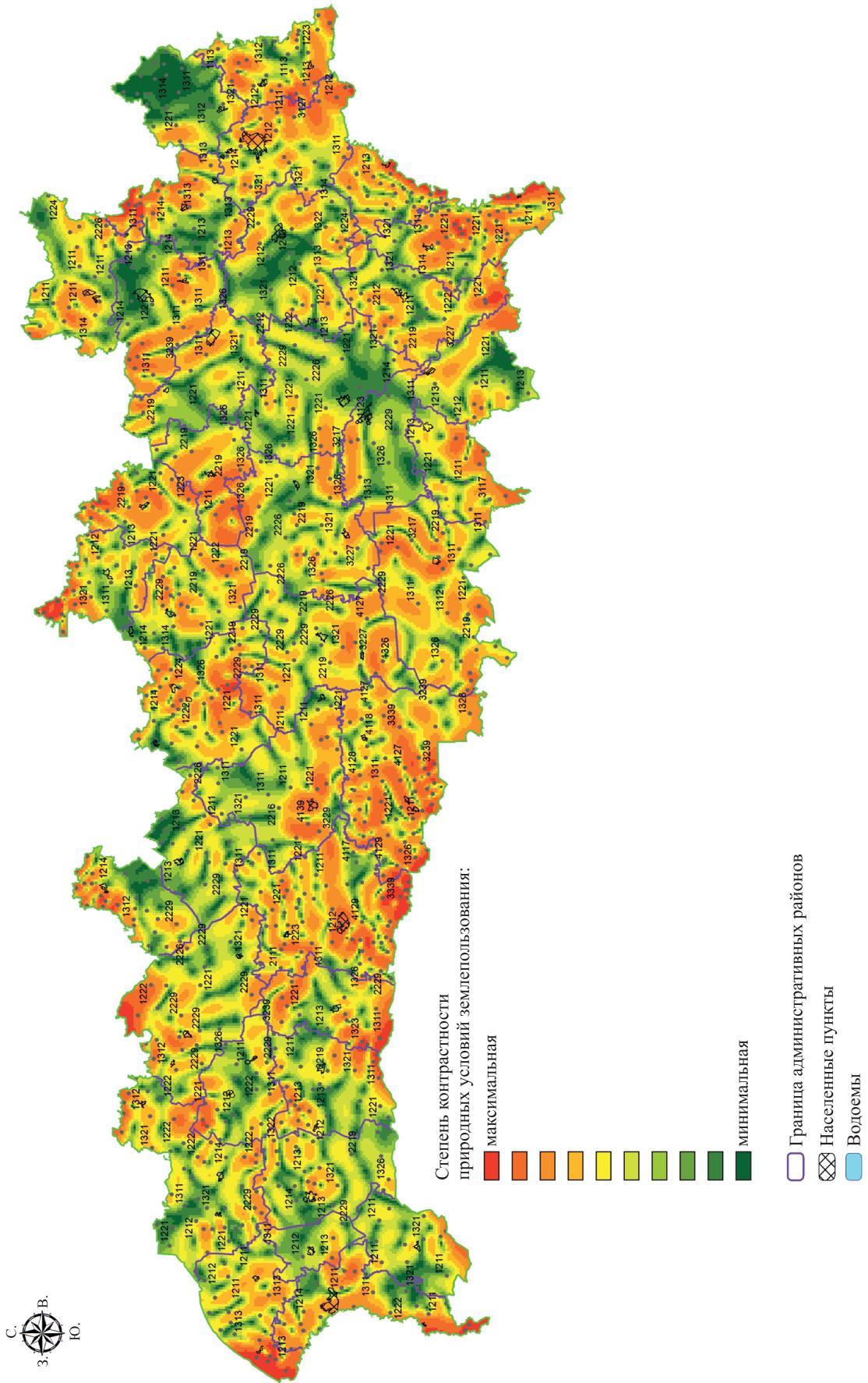


Рис. 2. Контрастность СПП Белорусского Полесья
 Fig. 2. Contrast level of soil cover structure in Belarusian Polesie

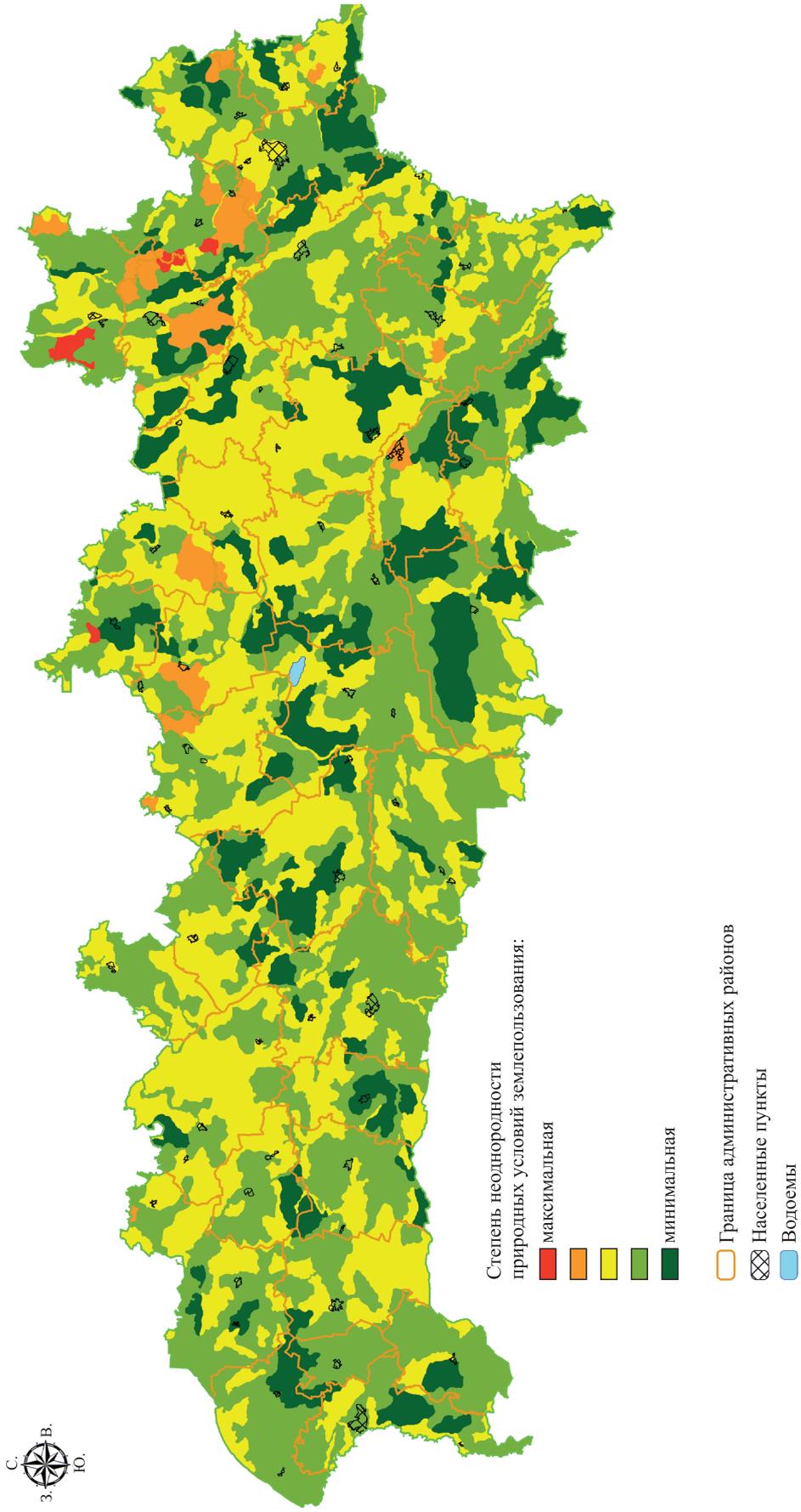


Рис. 3. Неоднородность СПП Белорусского Полесья
 Fig. 3. Heterogeneity of the soil cover structure of the Belarusian Polesie

Количественные показатели СПП геосистем

Quantitative indicators of the structure of soil cover of geosystems

Картометрические коэффициенты	Критерии оценки почвенного покрова			
	Оптимальное состояние	Допустимое состояние	Неудовлетворительное состояние	Критическое состояние
Коэффициент сложности	Менее 1,0	1,0–2,5	2,6–4,0	Более 4,0
Коэффициент контрастности	0–1,5	1,6–3,0	3,1–4,5	Более 4,5
Коэффициент неоднородности	Менее 1,5	1,5–7,5	7,6–18,0	Более 18,0

В ходе идентификации пространственной структуры геосистем оценивались показатели их неоднородности с учетом полученных ранее закономерностей взаимосвязи биоразнообразия и педоразнообразия [36], так как в перспективе направления природопользования могут предусматривать природоохранное и рекреационное использование почвенных комбинаций¹³ [37]. Геосистемы выступают едиными территориальными (пространственными) системами, в которых взаимосвязано размещение сельскохозяйственных и лесных земель, поселений, транспортной сети и сохранившихся в естественном состоянии природных объектов.

В соответствии с составом геосистем на территории Белорусского Полесья (см. рис. 1) по площади преобладают 25 геосистем, внутренняя структура и показатели неоднородности которых определяют организацию сельскохозяйственной, лесохозяйственной, природоохранной и даже туристической деятельности на новом методическом и информационном уровне. База разновременных аэрокосмических снимков актуализирует данную основу для экологического и хозяйственно-функционального зонирования территории, организации мониторинга на геосистемном уровне в Полесском регионе. Особого внимания с точки зрения биоразнообразия заслуживают геосистемы пойм (17 вариантов), а с точки зрения сельскохозяйственной деятельности – геосистемы останцов надпойменной террасы, отличающиеся более высокими показателями продуктивной способности почв (8 вариантов).

На примере территории пяти районов Полесья выделены 15 вариантов природных систем, дифференцированных на мезокомбинации почв в зависимости от орографических, геоморфологических, гипсометрических и литологических условий (см. легенду к карте на рис. 1). Типология геосистем свидетельствует о том, что в рассматриваемых районах общей площадью 1525,5 тыс. га водораздельные пространства, характеризующиеся стоком поверхностных вод, занимают 628,7 тыс. га, или 41,1 % общей площади, причем большую их часть (522,2 тыс. га, или 83,0 %) составляют выпуклые низкие и плоские низкие водоразделы, указывающие не только на незначительную трансформацию рельефа оледенениями, но и на перспективность луговоеводческого направления, обусловленную большей степенью естественного гидроморфизма почв агроландшафтов.

Фрагментарные водоразделы встречаются на территории рассматриваемых районов только в одном варианте. Приуроченные обычно к молодым конечно-моренным грядам и возвышенностям, они не характерны для региона Белорусского Полесья, где отсутствуют скопления холмов и бугров с крутыми короткими склонами разной экспозиции, чередующиеся с межхолмными понижениями, объясняющими сложный сетчатый рисунок СПП.

Выпуклые водоразделы представляют собой слабо- или средневолнистые сглаженные конечно-моренные, водно-ледниковые или эоловые возвышенности и холмы. В сравнении с фрагментарными выпуклые водоразделы более сильно, но менее глубоко расчленены расположенными вдоль склонов тальвегами, западинами и ложбинами стока, придающими мезокомбинациям почв лопастный рисунок. Такие геосистемы, как отражено на рис. 1 и в табл. 4, выражены в Пинском, Лунинецком и особенно Петриковском районах Полесья. Выпуклые низкие водоразделы отличаются большим разнообразием, чем плоские высокие геосистемы, что подтверждается легендой к карте мезокомбинаций на рис. 1. Выпуклые высокие и низкие водоразделы характеризуются особенно большим разнообразием геосистем за счет частой смены разных по гранулометрическому составу почвообразующих пород. Среди них преобладают моренно-зандровые волнистые равнины на рыхлых (1211 и 1211(2)) и двучленных с водоупором (1213) почвообразующих породах, в СПП которых доминируют дерново-подзолистые автоморфные и временно избыточно увлажненные почвы в сочетании с дерново-подзолистыми и дерновыми глееватыми почвами в нижних частях склонов.

¹³ *Volungevičius J.* The peculiarities of soil cover territorial differentiation in the context of landscape structure (in case of Lithuania's territory) : summ. of doctoral diss. : 06P. Vilnius, 2007. 50 p.

Наиболее выровненные участки донно-моренных образований, водно-ледниковых равнин и озерно-ледниковых низин относятся к категории геосистем плоских водоразделов. Поверхностный сток влаги здесь замедлен, что отражается в наличии большого числа замкнутых западин с переувлажненными, часто заболоченными почвами, создающими пятнистый рисунок СПП. Для всей территории Беларуси регион Полесья отличается максимальным разнообразием плоских водоразделов, не уступающих по количеству вариантов выпуклым водоразделам. Несмотря на небольшую общую долю в границах рассматриваемых пяти районов, плоские водоразделы встречаются повсеместно. Плоские высокие и низкие водоразделы представлены геосистемами на рыхлых (1311(2)) и двучленных (1313) породах при абсолютном преобладании рыхлых пород. В пределах плоских низких водоразделов на рыхлых почвообразующих породах формируются автохтонные верховые и переходные болота (1326ТП).

Геосистемы депрессий – это крупные понижения рельефа, характеризующиеся аккумуляцией поверхностного стока, разгрузкой грунтовых вод и вследствие этого значительной долей переувлажненных почв. По морфометрии выделяются долинообразные и озеровидные депрессии, происхождение и возможности использования которых существенно различаются.

В качестве самостоятельных геосистем в пяти районах депрессии суммарно занимают 294,9 тыс. га (табл. 5). Территориально они приурочены к Лунинецкому и Пинскому районам, что подтверждается существующей сетью гидротехнических мелиоративных систем, поскольку почвенный покров таких геосистем является первоочередным объектом регулирования водного режима. Долинообразные депрессии представлены неглубокими депрессиями (широкими тальвегами) с преобладанием дерновых заболоченных песчаных и супесчаных почв с включением торфяных почв низинного типа. Геосистемы озеровидных депрессий имеют компактную замкнутую форму, нередко с микрозападинами. Озеровидные глубокие депрессии, как правило, заполнены торфом низинного типа, иногда перекрываемым пластом переходного и даже верхового торфа.

Геосистемы пойм в регионе очень разнообразны, они представлены более чем 20 вариантами (см. легенду к карте на рис. 1) преимущественно низкого уровня. Речные долины в регионе имеют широкие поймы общей площадью 340,9 тыс. га, дифференцируемые на прирусловые, центральные и притеррасные. Почвенные комбинации этих геосистем часто включают аллювиальные иловато-торфяно-болотные и дерновые заболоченные почвы на аллювии рыхлом, реже аллювии связном.

Особую группу в границах рассматриваемых районов Полесья составляют геосистемы останцов надпойменной террасы, это наиболее перспективные сельскохозяйственные земли в связи с наибольшими показателями продуктивности почвенного покрова, сложенного дерново-карбонатными и дерново-карбонатными заболоченными почвами. Данные геосистемы приурочены к Пинскому и Столинскому районам (соответственно южной и северной частям региона) и отличаются благоприятными водно-физическими и химическими свойствами, что открывает возможности интенсификации сельскохозяйственной деятельности. В настоящее время здесь наблюдается значительная доля крестьянских (фермерских) хозяйств, специализирующихся на овощеводстве.

Территория геосистем переходных зон является примером пестрого сочетания водоразделов и депрессий или разных геосистем с одинаковыми геоморфологическими, но отличающимися орографическими либо литологическими условиями, когда выделение отдельных геосистем невозможно. В границах рассматриваемых районов доля переходных зон невысока (менее 6 % от общей площади) вследствие незначительного геоморфологического влияния последних стадий оледенения на территории республики. Переходные зоны характеризуются чрезвычайной неоднородностью природных условий, их хозяйственное использование возможно лишь выборочно. Однако в естественном состоянии они представляют собой устойчивые геосистемы с высоким уровнем биологического разнообразия и экологическим значением, превосходящим экономический эффект природопользования.

Типология геосистем в границах объектов исследования разного уровня (почвенно-экологических, административных районов, землепользований) позволяет сравнивать объекты на основе анализа их внутренней структуры, так как содержит достаточно полную информацию обо всем комплексе факторов, определяющих их природную специфику. Анализ СПП выявляет и учитывает то обстоятельство, что одни и те же типы земель присутствуют во всех районах, которые различаются главным образом по общей площади, занимаемой тем или иным типом земель. Это дает возможность существенно сократить перечень выделов и разрабатывать технико-экономические обоснования проектов территориального планирования, имеющие принципиально близкие подходы к решению задач эффективного природопользования.

Для целей территориального планирования в границах инвентаризованных геосистем возможно создание прогнозных интерактивных карт динамики растительности лесов, лугов и болот при разных сценариях землепользования – от негативных до оптимальных. Такая практика позволит учитывать динамику структуры землепользования и повысить контроль за основными экологическими параметрами, определяющими состояние полесских экосистем.

Экспликация площадей геосистем Житковичского, Лунинецкого, Петриковского, Пинского и Столинского районов Полесья и возможность их интенсивного использования

Table 4

Explication of geosystems areas of the Zhitkovichi, Luninets, Petrikovsky, Pinsky and Stolinsky districts of Polesie and the possibility of their intensive use

Административный район	Общая площадь обследования, тыс. га	Водоразделы										Депрессии				Поймы				Остатки надпойменной террасы								
		Фрагментарные		Выпуклые		Плоские		В том числе		Доля от общей площади, %		Площадь, тыс. га		Доля от общей площади, %		Площадь, тыс. га		Доля от общей площади, %		Площадь, тыс. га		Доля от общей площади, %						
		Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Высокие	Низкие	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Высокие (на рыхлых или связных породах)	Низкие (на рыхлых или связных породах)	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %	Площадь, тыс. га	Доля от общей площади, %					
																								В том числе	В том числе			
Житковичский	289	0	0	0	0	50	17,0	35	15	78	27,0	60	16	2	42	15,0	28	14	99	34,0	1	75	23	20	7,0	6	14	
Лунинецкий	271	0	0	0	0	56	20,7	33	23	51	18,8	19	32	6	122	45,0	62	60	40	14,8	30	8	2	2	0,7	1	1	
Петриковский	282	1	0,4	0	1	142	50,0	62	80	44	15,6	9	16	19	61	21,6	22	39	33	12,0	13	16	4	1	0,4	1	0	
Пинский	326	1	0,3	0	1	70	21,5	39	31	57	17,5	10	45	2	69	21,2	35	34	80	24,5	1	71	8	49	15,0	1	48	
Столинский	240	0	0	0	0	26	11,0	13	13	49	21,0	1	31	17	5	2,0	2	3	92	38,0	1	57	34	68	28,0	8	60	
Возможности интенсивного использования:																												
в естественном состоянии	–	–	2	4	–	–	–	3 (4)	4 (3)	–	–	4 (2)	5 (4)	6	–	–	5	6	–	6	5 (6)	4 (5)	5 (6)	–	–	2 (3)	3 (4)	
при условии проведения гидромелиоративных мероприятий	–	–	2	4	–	–	1 (2)	3	–	–	–	2 (3)	4	4	–	–	3	3	–	6	5	4	4	–	–	1	2	

Примечание. Возможности интенсивного использования: 1 – неограниченны; 2 – локально неограниченны; 3 – слабоограниченны; 4 – среднеограниченны; 5 – сильноограниченны; 6 – отсутствуют.

Следует отметить, что состав почвенных таксонов в агроландшафтах не является неизменным: процессы сработки торфа, проявления дефляции почв, перераспределения влаги вследствие непроектной работы элементов мелиоративной сети приводят к увеличению контрастности почвенного покрова [38]. На эродированных разновидностях почв наблюдаются достоверное снижение урожайности возделываемых культур, ухудшение агрофизических свойств почв. Количественная оценка неоднородности СПП геосистем в баллах приведена в табл. 5 (от минимального (1 балл) до максимального (5 баллов) уровня), данные которой свидетельствуют о факторном влиянии не только рельефа местности, но и генезиса и гранулометрического состава почвообразующих пород, предопределяющих в первую очередь водно-физические свойства почв и, следовательно, поведение влаги в почвенном профиле – значимом факторе роста и развития культурной и естественной растительности.

Таблица 5

Количественная оценка неоднородности СПП геосистем

Table 5

Quantitative assessment of the heterogeneity
of the soil cover structure of geosystems

Геосистемы (типы земель)			Индекс почвенной комбинации	Оценка, баллы	
Водоразделы	Фрагментарные	Низкие	На двучленных породах	1123	5
			На связных породах	1124	5
	Выпуклые	Высокие	На рыхлых породах	1211	5
			На двучленных породах	1212	4
			На связных породах	1213	4
			На лёссовых и лёссовидных породах	1214	3
		Низкие	На рыхлых породах	1221	4
			На двучленных породах	1222	4
			На связных породах	1223	3
			На лёссовых и лёссовидных породах	1224	3
	Плоские	Высокие	На рыхлых породах	1311	4
			На двучленных породах	1312	4
			На связных породах	1313	3
			На лёссовых и лёссовидных породах	1314	3
		Низкие	На рыхлых породах	1321	2
			На двучленных породах	1322	3
На связных породах			1323	3	
На лёссовых и лёссовидных породах			1324	3	
Депрессии	Неглубокие	С минеральными почвами	211	3	
	Глубокие	С торфяными почвами	222	1	
Заторфованные участки			1326	2	
Поймы центральные и притеррасные			322(3)	3	
Останцы надпойменной террасы			41(2)	3	

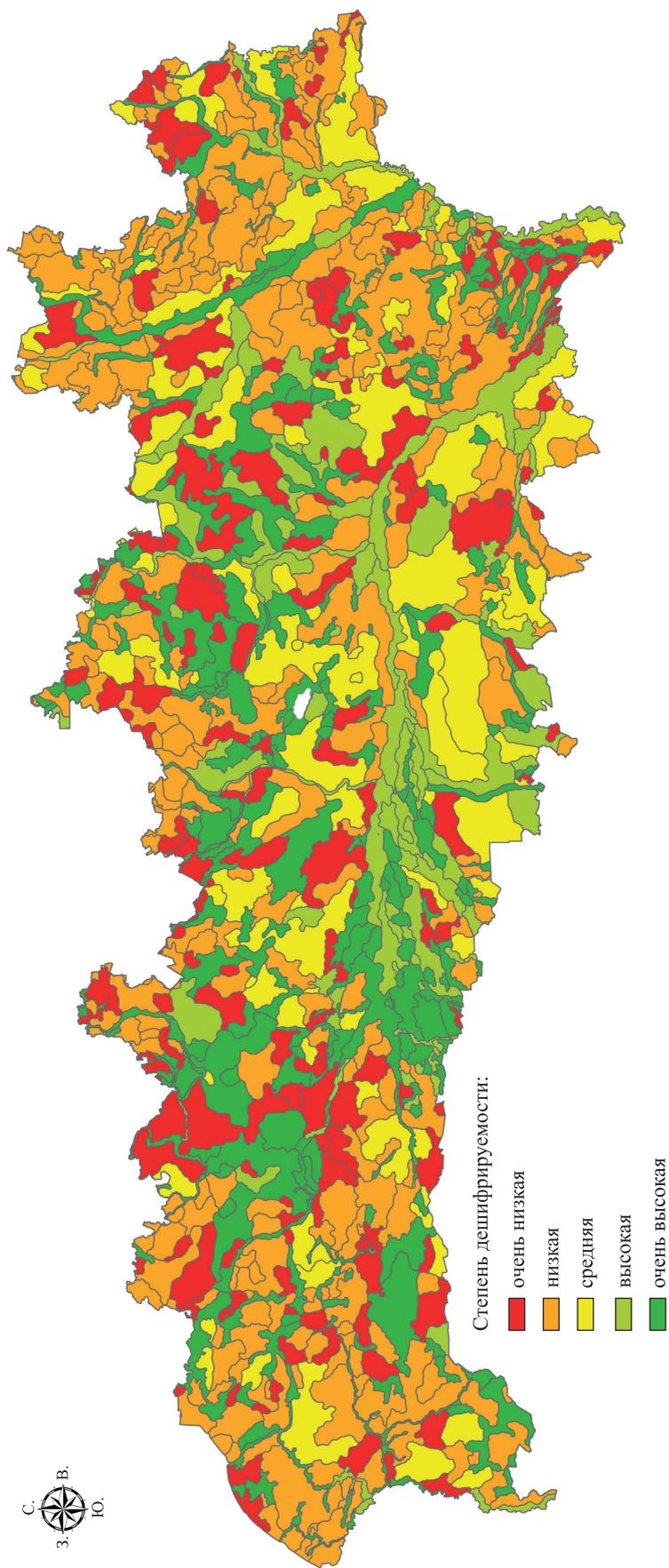
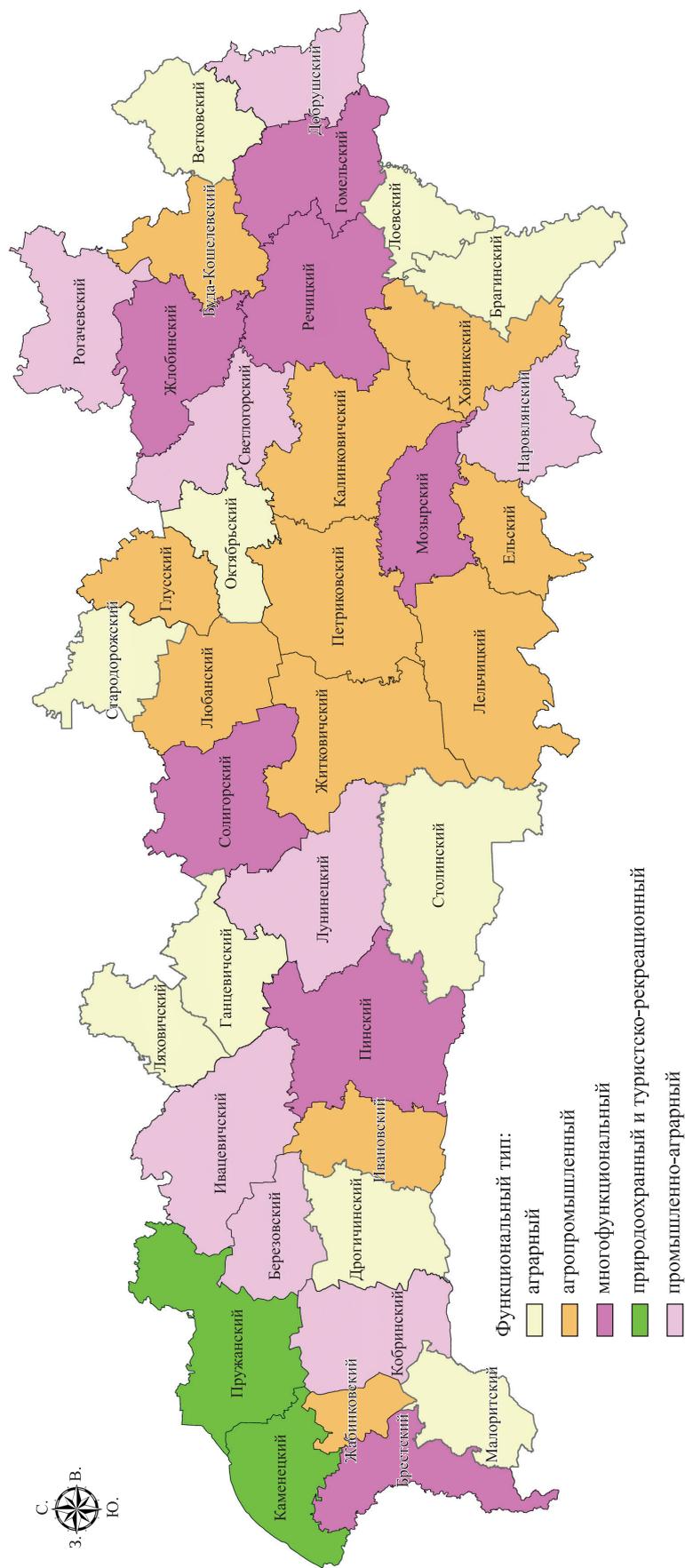


Рис. 4. Степень дешифрируемости геосистем Белорусского Полесья по данным дистанционного зондирования Земли
 Fig. 4. Degree of decoding of geosystems in Belarusian Polesie by Earth remote sensing data



Масштаб 1 : 2 000 000 (основа 1 : 50 000)

Рис. 5. Функциональная типология районов Полесья в соответствии с ГСКТО
 Fig. 5. Functional typology of districts in Polesie in accordance with GSKTO

Расчет показателей неоднородности в границах геосистем позволяет прогнозировать развитие и направление изменений в СПП и, соответственно, в структуре землепользования. Необходимо также отметить, что высокая неоднородность СПП пространственно коррелирует с локализацией типа антропогенно преобразованных почв. Возможно резкое снижение экологической устойчивости агроландшафтов, поскольку дефляционная опасность почвенного покрова возрастает на 20–30 %. Например, максимальная степень неоднородности почвенного покрова для геосистем Полесья, выявленная по результатам картометрического анализа, характерна для выпуклых высоких водоразделов на двучленных почвообразующих породах без водоупора, реже с водоупором (1212(3)) и центральных пойм высокого и среднего уровня на аллювии рыхлом, иногда с участием иловато-торфянистых отложений (32127 + 9). Высокий естественный уровень неоднородности и педоразнообразия в первом случае обусловлен литологией отложений в СПП, а во втором случае – геоморфологическими условиями почвообразования. Полученные для данных почвенных комбинаций показатели неоднородности свидетельствуют о том, что пахотное использование в таких условиях далеко не всегда целесообразно и может осуществляться только выборочно. Однако, как показал пространственный анализ границ геосистем и видов использования земель по данным ЗИС и дистанционного зондирования Земли, в этих условиях часто наблюдается интенсивное пахотное землепользование.

В базе данных ГИС для каждой геосистемы дополнительно учитываются природные факторы, осложняющие хозяйственное использование геосистем в естественном состоянии. К их числу отнесены как неустраняемые (неоднородность почвенного покрова), так и устраняемые (эрозия, дефляция, низкое плодородие, заболоченность) факторы.

Объективная характеристика природных условий геосистем в естественном состоянии независимо от фактического направления землепользования позволяет сформировать систему поддержки принятия решений по предпочтительному направлению землепользования с вариантами в естественном или преобразованном виде, при трансформировании которых можно предвидеть объем затрат и экологические последствия.

Для целей территориального планирования региона Белорусского Полесья в статье приводятся результаты пространственного анализа дешифрируемости геосистем по данным дистанционного зондирования Земли (см. рис. 4) и границ функциональной типологии административных районов (см. рис. 5) в соответствии с ГСКТО Республики Беларусь 2012 г. [35] и 2017 г.

Степень дешифрируемости рассчитана на основании формул каждой почвенной комбинации, системно учитывающих прежде всего степень увлажнения и неоднородность СПП. Представленные в табл. 6 данные указывают на целесообразность первоочередного использования дистанционных методов оценки состояния геосистем в Ганцевичском, Ляховичском, Октябрьском и Столинском районах в связи с их принадлежностью к аграрному типу согласно функциональному зонированию в ГСКТО 2017 г. и наличием более 40 % хорошо дешифрируемых условий в соответствии с типологией геосистем. Особое место в данном аспекте занимают Брестский, Солигорский и особенно Пинский районы, так как территориальное планирование направлений землепользования на геосистемной основе необходимо для их многоцелевого функционирования и может быть обеспечено дистанционными методами оценки состояния геосистем (доля площади группы максимального дешифрирования превышает 30 %).

Таблица 6

Дешифрируемость геосистем районов Полесья с учетом функциональной типологии

Table 6

Decoding of geosystems of districts in Polesie taking into account the functional typology

Функциональный тип по ГСКТО 2017 г.	Административный район	Доля площади группы по степени дешифрируемости данных дистанционного зондирования Земли, %				
		Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Аграрный	Брагинский	11,26	56,70	6,52	5,26	20,26
	Ветковский	30,12	35,53	18,35	2,00	14,00
	Ганцевичский	17,18	26,25	13,94	8,38	34,24
	Дрогичинский	18,27	44,36	11,64	0,02	25,71
	Лоевский	7,61	40,83	18,24	15,76	17,57
	Ляховичский	22,68	37,27	0,01	10,70	29,34
	Малоритский	6,55	51,65	11,07	0,00	30,73
	Октябрьский	25,27	0,00	11,03	23,84	39,86
	Стародорожский	17,82	41,79	17,25	3,02	20,12
	Столинский	9,70	8,65	18,82	38,34	24,50

Окончание табл. 6
Ending of the table 6

Функциональный тип по ГСКТО 2017 г.	Административный район	Доля площади группы по степени дешифрируемости данных дистанционного зондирования Земли, %				
		Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Агропромышленный	Буда-Кошелевский	4,95	52,25	18,06	0,22	24,52
	Глусский	35,42	23,90	4,49	8,65	27,55
	Ельский	26,83	37,89	17,52	6,19	11,56
	Жабинковский	1,96	68,48	18,10	0,00	11,46
	Житковичский	6,51	24,07	29,89	<i>21,95</i>	<i>17,57</i>
	Ивановский	33,98	26,31	23,55	1,18	14,99
	Калинковичский	23,22	11,79	19,82	<i>28,46</i>	<i>16,70</i>
	Лельчицкий	4,36	16,80	48,27	18,47	12,10
	Любанский	18,56	32,98	12,92	0,00	35,55
	Петриковский	7,27	31,86	22,42	22,39	16,06
	Хойникский	8,57	61,12	5,74	8,73	15,84
Многофункциональный	Брестский	19,76	24,78	10,33	3,22	41,91
	Гомельский	1,56	51,70	29,73	11,07	5,93
	Жлобинский	25,06	26,82	28,23	6,66	13,22
	Мозырский	15,72	19,05	32,79	28,16	4,28
	Пинский	15,29	18,55	9,02	<i>12,14</i>	44,99
	Речицкий	12,21	57,77	10,69	6,69	12,65
	Солигорский	20,32	31,40	4,13	<i>10,67</i>	33,47
Природоохранный и туристско-рекреационный	Каменецкий	10,56	57,00	14,85	0,00	17,60
	Пружанский	17,86	52,74	6,57	0,00	22,84
Промышленно-аграрный	Березовский	19,76	24,78	10,33	3,22	41,91
	Добрушский	12,82	48,24	20,85	4,94	13,16
	Ивацевичский	35,69	18,58	4,36	<i>2,31</i>	<i>39,06</i>
	Кобринский	25,77	40,61	3,90	3,14	26,58
	Лунинецкий	18,27	13,39	31,04	<i>11,90</i>	<i>25,40</i>
	Наровлянский	3,89	26,30	44,11	23,58	2,12
	Рогачевский	10,68	65,77	10,82	1,90	10,84
	Светлогорский	23,75	9,34	25,35	<i>16,94</i>	<i>24,63</i>

Примечание. Полужирным начертанием выделены экстремальные (выше 40 %) значения показателя, а курсивным начертанием – суммарно экстремальные (выше 40 %) значения максимальной степени дешифрируемости.

Заключение

Геосистемный подход позволяет сформировать методологическую и пространственно-временную основу для объединения данных ЗИС, дистанционного зондирования Земли и мониторинга земель для целей территориального планирования, предусматривающего эффективное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды как в регионе Полесья, так и на всей территории республики.

Закономерное пространственное размещение геосистем, выявляемое при крупно- и среднемасштабном картографировании почвенного покрова и обусловливаемое многократным повторением одного или нескольких образующих элементов (почвенных комбинаций), предопределяет возможность их типологии, характеризующейся схожими уровнями почвенно-ресурсного потенциала и реакцией на внешнее воздействие при разных сценариях природопользования. На территории Белорусского Полесья идентифицированы 25 вариантов природных систем, дифференцирующихся на 101 мезокомбинацию почв в зависимости от орографических, геоморфологических, гипсометрических и литологических условий, что в совокупности составляет 68 % разнообразия географической среды республики, оцениваемой по СПП. Типология

геосистем Белорусского Полесья открывает возможность системного учета природных условий для идентификации оптимальных направлений природопользования в регионе.

Для целей территориального планирования выявлена целесообразность использования данных дистанционного зондирования Земли при оценке состояния геосистем в административных районах в соответствии с их функциональной типологией по ГСКТО Республики Беларусь 2017 г. Ограниченное количество геосистем в пределах республики (мезо- и макрокомбинации), Полесского региона, любого административного района и сельскохозяйственной (лесохозяйственной) организации (микро- и мезокомбинации) позволяет с известной точностью прогнозировать изменение качественного состояния и количественного состава почвенно-земельных ресурсов.

Таким образом, стратегия эффективного экологически обоснованного природопользования заключается в адекватной оценке полифункциональных возможностей геосистем разного ранга и приведении направлений использования земель в соответствие с почвенно-ресурсным потенциалом и степенью их возможной интенсификации.

Библиографические ссылки

1. Prāvālie R, Bandoc G, Patriche C, Sternberg T. Recent changes in global drylands: evidences from two major aridity databases. *Catena*. 2019;178:209–231. DOI: 10.1016/j.catena.2019.03.016.
2. Montanarella L, Pennock DJ, McKenzie N, Badraoui M, Chude V, Baptista I, et al. World's soils are under threat. *Soil*. 2016;2(1):79–82. DOI: 10.5194/soil-2-79-2016.
3. Eswaran H, Lal R, Reich PF. Land degradation: an overview. In: Bridges EM, Hannam ID, Oldeman LR, Penning de Vries FWT, Scherr SJ, Sombatpanit S, et al., editors. *Response to land degradation*. Boca Raton: CRC Press; 2019. p. 20–35. DOI: 10.1201/9780429187957-4.
4. Chervan AN, Chizh DA. Continuing the Rio + 20 Sustainable Development Summit. *Zemlya Belarusi*. 2012;4:5. Russian. EDN: IBQPFN.
5. Shalkevich FE, Topaz AA, Shalkevich MF. The structure of the Pripyat floodplain soil and its typification on materials of distance shooting, occurring at different times. *Zemlya Belarusi*. 2010;2:42–48. Russian. EDN: ZRXZOF.
6. Chernysh AF, Kachkov JP, Bachila SS. Land types as a necessary element of substantiation and implementation of territorial organization of agrolandscapes of Belarus. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2014;1:9–23. Russian. EDN: YLTUNN.
7. Червань АН, Давидович ЮС, Романова МЛ. Геосистемный подход к территориальному планированию агроландшафтов Припятского Полесья Беларуси. В: Гуня АН, Гакаев РА, Вагапова АБ, редакторы. *Природно-ресурсный потенциал и экологическая реабилитация деградированных ландшафтов. Сборник материалов Международной научно-практической конференции; 17–18 марта 2023 г.; Грозный, Россия*. Грозный: Издательство ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А. А. Кадырова»; 2023. с. 348–355.
8. Kachkov YP, Bashkintava OF, Yatsukhno VM, Chernysh AF. Land typisation and use of its results in the working sites forming. *Zemlya Belarusi*. 2011;3:41–48. Russian. EDN: WDHRAZ.
9. Targulyan VO, Goryachkin SV. 16th International congress on soil science. *Pochvovedenie*. 1999;11:1400–1406. Russian.
10. Романова ТА. *Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО – WRB*. Минск: [б. и.]; 2004. 428 с.
11. McBratney AB, Santos MLM, Minasny B. On digital soil mapping. *Geoderma*. 2003;117(1–2):3–52. DOI: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.
12. Nikiforova AA, Fleis ME, Belyonova NK. The systems approach in soil science and landscape science. *Knowledge Organization*. 2023;50(1):34–46. DOI: 10.5771/0943-7444-2023-1-34.
13. Hengl T. Finding the right pixel size. *Computers and Geosciences*. 2006;32(9):1283–1298. DOI: 10.1016/j.cageo.2005.11.008.
14. Кирюшин ВИ, Иванов АЛ, редакторы. *Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий*. Москва: Росинформагротех; 2005. 784 с.
15. Пузаченко МЮ. Многомерный анализ почвенного покрова на основе полевой и дистанционной информации. В: Иванов АЛ, Сорокина НП, Савин ИЮ, Самсонова ВП, Мешалкина ЮЛ, Конюшкова МВ, редакторы. *Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования*. Москва: Почвенный институт имени В. В. Докучаева; 2012. с. 253–269.
16. Джеррард АДж. *Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфолого-почвенное исследование*. Фурсенко РВ, Видре ЕМ, переводчики; Селиверстов ЮП, редактор. Ленинград: Недра; 1984. 208 с.
17. Fu G, Chen S, McCool DK. Modeling the impacts of no-till practice on soil erosion and sediment yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. *Soil and Tillage Research*. 2006;85(1–2):38–49. DOI: 10.1016/j.still.2004.11.009.
18. Фридланд ВМ. *Структура почвенного покрова*. Москва: Мысль; 1972. 423 с.
19. Рожков ВА. Тектологическая концепция почвоведения. В: Казеев КИШ, Тищенко СА, редакторы. *Материалы V Всероссийского съезда Общества почвоведов имени В. В. Докучаева; 18–23 августа 2008 г.; Ростов-на-Дону, Россия*. Ростов-на-Дону: Ростиздат; 2008. с. 14.
20. Romanova ML, Chervan AN, Ermolenkova GV, Puchilo AV. Soil and land resources of Pripyat Polesie. *Nauka i innovatsii*. 2015;8:7–10. Russian. EDN: UHPBYR.
21. Romanova TA, Chervan AM, Andreeva VL Theoretical basis and practical significance of investigations into soil cover patterns. *Eurasian Soil Science*. 2011;44(3):272–280. DOI: 10.1134/S106422931101011X.
22. Червань АН, Романова МЛ, Пучило АВ, Климчик ГЯ, Клыш АС. Анализ современного состояния ландшафта репрезентативной части бассейна Немана. В: Ковалевич АИ, Усеня ВВ, Багинский ВФ, Булко НИ, Гедых ВВ, Гончаренко ГТ и др., редакторы. *Проблемы лесоведения и лесоводства. Выпуск 74*. Гомель: Институт леса НАН Беларуси; 2014. с. 469–475.

23. Chervan AN. Cartographic support of managed adaptive landscape farming in agricultural landscapes of Belarus. *Agrofizika*. 2022;1:21–29. Russian. EDN: NYURYW.
24. Chervan AN, Tsybulka MM, Yatsuhno VM. Methodological approaches and practical application of the results of land/soil degradation assessment in Belarus. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2022;86(1):55–68. Russian. DOI: 10.31857/S2587556622010058.
25. Коробкин АС, Самсоненко ИП, Теренева АП, Шарох НН. *Методика совместного использования глобальных данных и данных земельно-информационной системы Республики Беларусь для подготовки национальной отчетности в рамках Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке*. Минск: [б. и.]; 2020. 92 с.
26. Мороз ГМ, Дробыш СВ, Зданович ТН, Угначева НВ, Теренева АП, Павлюкевич ОА и др. *Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика*. Мороз ГМ, Лапа ВВ, редакторы. Минск: ИВЦ Минфина; 2017. 208 с.
27. Schröder D, Haneklaus S, Schnug E. Information management in precision agriculture with LORIS. In: Stafford JV, editor. *Precision agriculture '97. Papers presented at the First European conference on precision agriculture; 1997 September 7–10; Warwick, England. Volume 2*. Oxford: BIOS Scientific Publishers Ltd.; 1997. p. 821–826.
28. Позняк СС, Романовский ЧА. *Экологическое земледелие*. Позняк СС, редактор. Минск: МГЭУ имени А. Д. Сахарова; 2009. 327 с.
29. Wu J, Qi Y. Dealing with scale in landscape analysis: an overview. *Geographic Information Sciences*. 2000;6(1):1–5. DOI: 10.1080/10824000009480528.
30. Chervan AN, Gartsueva EY. Geosystem approach to land use planning of administrative district in Pripyat Polesie. *Zemlya Belarusi*. 2012;2:31–34. Russian. EDN: WCBUGX.
31. Chervan AN, Gartsueva EY. Geosystem approach to land use planning of administrative district in Pripyat Polesie (ending). *Zemlya Belarusi*. 2012;3:42–46. Russian. EDN: ZSRAXV.
32. Яновский АА. Методические предпосылки дистанционного картографирования деградированных торфяных почв Беларуси. В: Карабанов АК, Бамбалов НН, Березовский НИ, Бровка ГП, Волчек АА, Кадацкая ОВ и др., редакторы. *Природопользование. Выпуск 21*. Минск: [б. и.]; 2012. с. 192–198.
33. Сочава ВБ. *Введение в учение о геосистемах*. Новосибирск: Наука; 1978. 319 с.
34. Konovalova TI. Variability of geosystems. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2004;2:5–11. Russian.
35. Vlasiuk NN. State comprehensive scheme of territorial organization of the Republic of Belarus. Main focus and priorities. *Vestnik of Brest State Technical University. Series: Construction and Architecture*. 2012;1:3–5. Russian. EDN: YPZMFF.
36. Chervan AN, Kindeev AL, Sazonov AA. Soil cover patterns and pedo- and biodiversity of the Berezinsky Biospheric Reserve. *Eurasian Soil Science*. 2022;55(10):1348–1359. DOI: 10.1134/S1064229322100027.
37. Sorokina NP, Kozlov DN. Experience in digital mapping of soil cover patterns. *Eurasian Soil Science*. 2009;42(2):182–193. DOI: 10.1134/S1064229309020094.
38. Haaren C, Galler C, Ott S. *Landscape planning. The basis of sustainable landscape development*. Leipzig: Federal Agency for Nature Conservation; 2008. 52 p.

Получена 19.02.2024 / исправлена 09.07.2024 / принята 18.09.2024.
Received 19.02.2024 / revised 09.07.2024 / accepted 18.09.2024.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ «SENTINEL-2» И «LANDSAT-8»

К. Я. ЛИС¹⁾, Д. А. КИСЛИЦЫН¹⁾, А. А. ТОПАЗ¹⁾

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

Аннотация. Представлен методический подход к идентификации лесного пожара в юго-восточной части Лельчицкого района Гомельской области по данным разновременных космических снимков «Sentinel-2» и «Landsat-8». Рассмотрена возможность использования информации о спектральных индексах для оценки уровня вегетации различных экосистем. Для идентификации выгоревшей территории в программном комплексе ArcGIS (версия 10.7) выполнен геоинформационный анализ разницы индексов NBR, NDVI, BAI за период с 5 по 10 апреля 2020 г. по космическим снимкам «Sentinel-2» и за период с 25 марта по 10 апреля 2020 г. по космическим снимкам «Landsat-8». В созданных в среде ModelBuilder двух моделях геообработки использованы 29 и 15 инструментов соответственно, что позволяет в значительной степени автоматизировать процесс выявления территории, пострадавшей от лесного пожара. Предварительная идентификация выгоревшей территории проведена на основе участков, соответствующих двум или трем индексным критериям, которые были определены по результатам выполнения первой модели геообработки. Применение сочетаний как минимум двух индексных критериев дает возможность учесть особенности каждого из индексов и уменьшает вероятные погрешности при идентификации территории, пострадавшей от лесного пожара. Дальнейшее уточнение основано на использовании пространственной информации о сельскохозяйственных землях, которые были выделены в результате автоматизированного дешифрирования космического снимка «Sentinel-2» методом максимального правдоподобия, а также генерализации и векторизации классифицированного растра. Степень достоверности заметно увеличилась после удаления участков, выбранных на основе индексных критериев, но приуроченных к пахотным и луговым землям. Для количественной оценки точности выполнено пространственное пересечение между векторными слоями, полученными с использованием представленной методики, и результатом визуального дешифрирования. Эффективность применения геоинформационных систем для идентификации и картографирования последствий лесных пожаров по данным дистанционного зондирования Земли подтверждена высоким уровнем достоверности полученных результатов (около 96 и 89 % по снимкам «Sentinel-2» и «Landsat-8» соответственно).

Ключевые слова: лесные пожары; спектральные индексы; «Sentinel-2»; «Landsat-8»; автоматизированное дешифрирование; геоинформационные технологии; ModelBuilder.

Образец цитирования:

Лис КЯ, Кислицын ДА, Топаз АА. Геоинформационное картографирование последствий лесных пожаров по данным спутников «Sentinel-2» и «Landsat-8». *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024; 2:24–38.
EDN: HCXYLG

For citation:

Lis KY, Kislitsyn DA, Topaz AA. Geoinformation mapping of the consequences of forest fires according to «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite data. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:24–38. Russian.
EDN: HCXYLG

Авторы:

Карина Ярославовна Лис – преподаватель кафедры геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и геоинформатики.

Дмитрий Андреевич Кислицын – преподаватель кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.

Антонина Анатольевна Топаз – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Karina Y. Lis, lecturer at the department of geodesy and aerospace cartography, faculty of geography and geoinformatics.

lis.lis-karina@yandex.ru

Dmitry A. Kislitsyn, lecturer at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics.

dimas_13082000@mail.ru

Antonina A. Topaz, PhD (geography), docent; head of the department of geodesy and aerospace cartography, faculty of geography and geoinformatics.

topaz_antonina@mail.ru

GEOINFORMATION MAPPING OF THE CONSEQUENCES OF FOREST FIRES ACCORDING TO «SENTINEL-2» AND «LANDSAT-8» SATELLITE DATA

K. Y. LIS^a, D. A. KISLITSYN^a, A. A. TOPAZ^a

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

Corresponding author: K. Y. Lis (lis.lis-karina@yandex.ru)

Abstract. This article presents methodological approach for identifying a forest fire in the southeastern part of the Lelchitsy District of the Gomel Region based on data from multi-temporal «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite images. The possibility of using information on spectral indices to assess the level of vegetation of various ecosystems is considered. To identify the burned area in *ArcGIS* software (version 10.7), a geoinformation analysis of the difference in the NBR, NDVI, BAI indices for the period from 5 to 10 April 2020 according to «Sentinel-2» satellite images and from 25 March to 10 April 2020 according to «Landsat-8» satellite images was carried out. The two geoprocessing models created in ModelBuilder environment use 29 and 15 tools, respectively, which allows us to largely automate the process of identifying areas affected by forest fire. The preliminary identification of the burned area was based on areas that met two or three index criteria, which were determined based on the results of the first geoprocessing model. The use of combinations of at least two index criteria makes it possible to take into account the characteristics of each of the indices and reduces possible errors in identifying the territory affected by a forest fire. Further refinement is based on the use of spatial information about agricultural lands, which were identified as a result of automated interpretation of the «Sentinel-2» satellite image using the maximum likelihood method, as well as generalisation and vectorisation of the classified raster. The degree of confidence increased markedly after removing areas selected on the basis of index criteria, but confined to arable lands and grasslands. To quantify the accuracy, a spatial intersection was performed between the vector layers obtained based on the presented technique and the result of visual interpretation. The effectiveness of using geographic information systems for identifying and mapping the consequences of forest fires based on Earth remote sensing data has been confirmed by a high level of reliability of the results obtained (about 96 and 89 % according to «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite data, respectively).

Keywords: forest fires; spectral indices; «Sentinel-2»; «Landsat-8»; automated interpretation; geographic information technologies; ModelBuilder.

Введение

В настоящее время в лесном хозяйстве Беларуси наблюдается устойчивая тенденция к повышению пожарной опасности в лесах. Выявление последствий лесных пожаров с помощью данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет оперативно получать сведения, необходимые для эффективного и рационального управления природными ресурсами. Этот подход имеет ряд преимуществ перед полевыми методами получения данных. Среди них можно отметить минимальные затраты времени, отсутствие необходимости непосредственного взаимодействия с изучаемым объектом, независимость от погодных условий, низкие трудозатраты. В связи с этим обозначенная тема работы является достаточно актуальной.

Научные исследования в области использования данных ДЗЗ и геоинформационных технологий (ГИС-технологий) для мониторинга лесной растительности, а также выявления последствий лесных пожаров проводятся в широком диапазоне масштабов и охватывают различные территории. Анализ изменений растительного покрова, в том числе лесной растительности, представлен в публикациях, которые затрагивают основные аспекты выбора источников информации [1] и алгоритмов количественной оценки при проведении мониторинга различных экосистем [2]. Среди трудов, посвященных вопросам мониторинга лесных экосистем, актуальными являются работы, связанные с изучением использования спектральных индексов и комплексного картографирования особенностей лесных экосистем, а также земельного покрова с учетом отличий в методике мелкомасштабных [2; 3] и крупномасштабных [4; 5] исследований. Сравнение различных методов автоматизированного дешифрирования (*random forest*, *k-nearest neighbor*, *support vector machine*) при картографировании земельного покрова и лесных экосистем представлено в публикации [4], а анализ динамики разных классов земель, включая леса, на основе совместного использования данных ДЗЗ, ГИС-технологий и статистического анализа с прогнозом на следующие 20 лет отражен в статье [5]. Теоретические аспекты применения данных ДЗЗ для разработки проектов по проведению мониторинга различных ландшафтов подробно рассмотрены в исследованиях [6; 7, p. 27].

Картографирование лесных экосистем с использованием данных ДЗЗ основано на разнообразных методах обработки информации: многовременных преобразованиях Каута – Томаса [8]; применении

классификатора дерева решений, который позволяет учесть различные данные в качестве обучающей выборки для дешифрирования снимков; обнаружении изменений на основе разновременных результатов контролируемой классификации [8; 9]; расчете вегетационных индексов, сегментации многозональных изображений и неконтролируемой классификации методом ISODATA [10].

Ряд современных зарубежных публикаций [11; 12] посвящены подробному анализу использования различных спектральных индексов для идентификации выгоревших территорий, а также оценке уровня точности при сопоставлении результатов, полученных на основе каждого из индексов в отдельности. В работе [13] классификация спутниковых изображений, анализ изменений и эконометрическое моделирование применяются для определения темпов и движущих сил вырубки лесов при исследовании южного региона полуострова Юкатан (Мексика). Оценка состояния лесных экосистем, пострадавших от пожаров, на основе разницы индекса NBR и расчета показателя CBI (композитный индекс гарей) по данным космических снимков «Landsat» для территории Республики Марий Эл и Чувашии (Россия) представлена в статье [14]. Анализу динамики площади лесов, пострадавших от пожаров, по космическим снимкам «MODIS» для территории России за 2006–2013 гг. посвящена статья [15], в которой также оценена степень достоверности результатов на основе космических снимков «Landsat-8».

В статье [16] проанализировано использование данных спутников «Terra» и «Aqua» (продукт MCD64A1) для расчета суммарной площади территорий, пострадавших от природных пожаров, в рамках районов Беларуси с 2001 по 2020 г., и выполнена оценка точности результатов путем сопоставления с космическими снимками «Landsat». В работе [17] изучена динамика индекса NDVI на основе спутниковых данных «MODIS» за два пятилетних периода (с 2000 по 2004 г. и с 2015 по 2019 г.) для лесных, луговых и болотных экосистем, а также антропогенных ландшафтов тестовых участков территории Белорусского Полесья. В статье [18] представлен анализ разницы индекса NBR по космическим снимкам «Sentinel-2» за период до и после пожара для разработки алгоритма автоматизированного выявления выгоревшей территории в ландшафтном заказнике «Ольманские болота». Комплексное применение методов ДЗЗ и ГИС-технологий для мониторинга природных пожаров на основе материалов съемки со спутников «Terra» и «Aqua» (продукт MCD64A1) и спутника «Landsat» в рамках федеральных округов России представлено в публикации [19].

Таким образом, аналитический обзор литературы показал, что данные ДЗЗ и ГИС-технологии активно используются для распознавания и картографирования лесной растительности. В меньшей мере комплексный подход применяется при картографировании последствий лесных пожаров. В работах ученых как ближнего, так и дальнего зарубежья при идентификации выгоревших территорий в основном приводятся сравнение и анализ результатов расчета индексных изображений, полученных на основе лишь отдельных спектральных индексов.

Цель настоящего исследования – разработка методического подхода для автоматизации основных этапов геоинформационного картографирования последствий лесных пожаров по данным спутников «Sentinel-2» и «Landsat-8». Поставленная цель решалась путем создания моделей геообработки в среде ModelBuilder программного комплекса ArcGIS (версия 10.7). Научная новизна исследования заключается в автоматизированном анализе выгоревшей территории на основе комплексного применения данных ДЗЗ и ГИС-технологий при совместном использовании нескольких спектральных индексов, что позволит учесть особенности различных индексов в их совокупности для уменьшения погрешностей, а также повысить общий уровень точности при использовании информации о земельном покрове.

Материалы и методы исследования

Исследуемая территория, общая площадь которой составляет 33 931 га, расположена в окрестностях аг. Стодоличи в Лельчицком и Ельском районах Гомельской области (рис. 1).

Местоположение лесного пожара, который произошел 8 апреля 2020 г. к югу от д. Запесочное Лельчицкого района, определено по данным сервиса «Система информации о пожарах для управления ресурсами» (*Fire Information for Resource Management System, FIRMS*). Выбор территории исследования обусловлен достаточно большой площадью лесного пожара (более 600 га), наличием космических снимков «Sentinel-2» и «Landsat-8» с близкими датами съемок, а также труднодоступностью местности для проведения наземной валидации из-за высокого уровня заболоченности.

В качестве исходных данных ДЗЗ были выбраны мультиспектральные космические снимки «Sentinel-2» (уровень обработки L2A) и «Landsat-8» (уровень обработки collection 2, level 2), которые находятся в открытом доступе в интернет-каталогах сервиса *Sentinel Hub*¹ и Геологической службы США² соответственно. Для изучения динамики спектральных индексов за период до и после пожара применялись

¹EO Browser // Sentinel Hub : website. 2024. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (date of access: 02.04.2024).

²EarthExplorer // United States Geological Survey : website. 2024. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (date of access: 03.04.2024).

разновременные изображения «Landsat-8» (даты съемки – 25 марта и 10 апреля 2020 г.) с пространственным разрешением 30 м и разновременные изображения «Sentinel-2» (даты съемки – 5 и 10 апреля 2020 г.) с пространственным разрешением 10 м для синего, зеленого, красного и ближнего инфракрасного каналов. Автоматизированное дешифрирование методом максимального правдоподобия проводилось в программном комплексе ArcGIS (версия 10.7) для определения контуров сельскохозяйственных земель на основе космического снимка «Sentinel-2» за 5 апреля 2020 г.

При выполнении исследования применялись картографический, геоинформационный и статистический методы, а также технологии обработки данных ДЗЗ. Для выявления последствий лесного пожара использовались индексы NDVI и BAI (рассчитываются на основе спектральных каналов «NIR» и «Red»), а также индекс NBR (рассчитывается на основе спектральных каналов «NIR» и «SWIR2») согласно формулам [20], представленным в табл. 1.

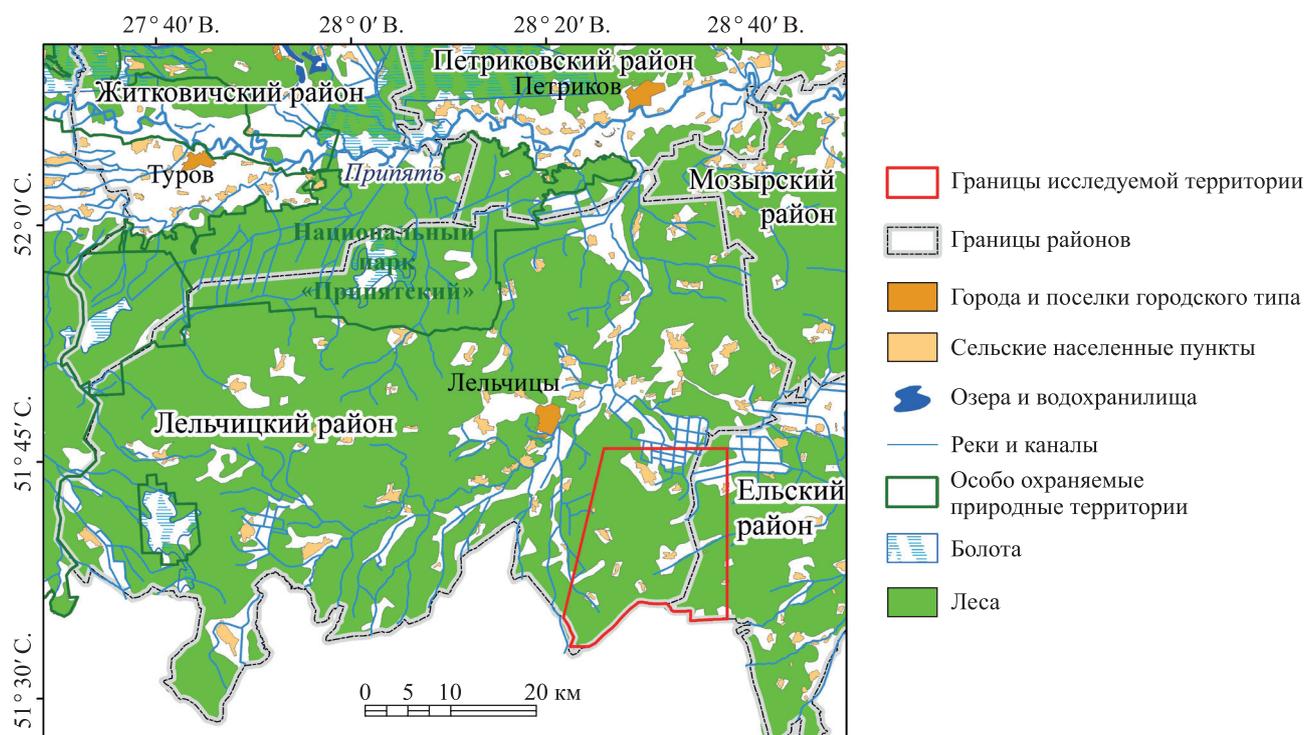


Рис. 1. Расположение территории исследования
Fig. 1. Location of the study area

Таблица 1

Характеристика основных спектральных индексов выгоревших территорий

Table 1

Characteristics of the main spectral indices of burnt areas

Индекс	Полное название	Диапазон значений	Формула расчета
BAI	Индекс выгоревших областей (burn area index)	От 0 и выше	$BAI = \frac{1}{(0,1 - Red)^2 + (0,06 - NIR)^2}$
NBR (NBRI)	Стандартизированный индекс коэффициента выжигания (normalised burn ratio index)	От -1 до 1	$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$
NDVI	Нормализованный разностный вегетационный индекс (normalised difference vegetation index)	От -1 до 1	$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$

Источник: [20].

Вегетационный индекс NDVI дает возможность определить наличие растительности и ее относительную биомассу, что широко используется в различных научных исследованиях [21]. Индекс NBR позволяет идентифицировать территории, пострадавшие от лесных пожаров, при усилении «углеродного» сигнала на интервале NIR – SWIR (NIR – ближний инфракрасный диапазон, SWIR – коротковолновый инфракрасный диапазон) [22, с. 143]. При этом индекс NBR основывается на том, что в диапазоне NIR здоровая растительность имеет высокую отражательную способность, а в диапазоне SWIR – низкую отражательную способность. Для выгоревших территорий наблюдается противоположная закономерность. Некоторые затруднения при использовании индекса BAI могут быть связаны с тем, что выгоревшие территории и объекты с низкой отражательной способностью (водоемы, тени облаков) имеют близкие значения данного индекса [23]. Следует отметить, что при визуальном дешифрировании космических снимков выгоревшие территории в основном распознаются по темному тону изображения, своеобразной форме участков гарей, а также изрезанным границам территорий, пострадавших от лесных пожаров, что позволяет отделить их от вырубок [22, с. 138].

Для автоматизации процесса определения территории, пострадавшей от лесного пожара, в среде ModelBuilder программного комплекса *ArcGIS* (версия 10.7) были созданы две авторские модели геообработки, которые включают в себя исходные данные, основные параметры и различные инструменты из коллекции ArcToolbox.

Первая модель геообработки используется для предварительного определения участков выгоревшей территории по индексным критериям на основе разницы индексов NBR, NDVI, BAI за период с 25 марта по 10 апреля и с 5 по 10 апреля 2020 г. по данным космических снимков «Landsat-8» и «Sentinel-2» соответственно. Учитывая, что временной интервал охватывает период несущественного увеличения уровня вегетации, статистически значимые различия для индекса NDVI составили 0,07 и 0,09 при расчете на основе снимков «Landsat-8» и «Sentinel-2» соответственно, а для индекса NBR – 0,065 и 0,13 при расчете на основе снимков «Landsat-8» и «Sentinel-2» соответственно. При вычислении индекса BAI по космическим снимкам «Landsat-8» дополнительно было проведено умножение индексных изображений на 10 000, чтобы улучшить возможность интерпретации полученных результатов в программном комплексе *ArcGIS* (версия 10.7) при классификации значений индекса BAI по интервалам. Таким образом, статистически значимая разница индекса BAI за исследуемый период составила 0,000 6 при расчете на основе снимков «Sentinel-2» и –0,000 01 при расчете на основе снимков «Landsat-8».

В представленной модели геообработки в качестве исходных данных использованы изображения, полученные на основе разницы спектральных индексов (dNDVI, dNBR, dBAI), а также граница исследуемой территории.

Выделение участков с использованием индексных критериев выполняется с помощью инструментов извлечь по атрибутам и калькулятор растра. Применение таких инструментов, как группировка и извлечь по атрибутам, позволяет удалить контуры, площадь которых составляет менее 9 пк для изображений «Landsat-8» и менее 80 пк для изображений «Sentinel-2». Фильтр индексных критериев используется для выбора минимальной площади контуров (в пк), так как значения данного параметра зависят от пространственного разрешения космических снимков. Затем выполняются автоматическая векторизация с применением инструмента растр в полигоны и геометрическая генерализация с помощью инструментов сгладить полигоны и удалить часть полигона, что позволяет сгладить форму контуров, заполнить пробелы и выбрать участки, площадь которых превышает 0,8 га.

Далее осуществляется пересечение индексных критериев dNDVI и dNBR, dNDVI и dBAI, dNBR и dBAI по отдельности, так как пересечение всех трех индексов заметно уменьшит общую площадь территории с учетом несущественных различий индексов по краям участков. Объединение векторных слоев, полученных на основе каждой из пар индексных критериев, дает возможность выделить участки, которые соответствуют как минимум двум из трех индексных критериев. Последовательное использование инструментов слияние по атрибуту и составной в простые позволяет объединить небольшие контуры, расположенные внутри более крупных участков, и разделить составные объекты на простые объекты, которые геометрически не являются смежными (рис. 2).

В итоге происходит выборка контуров, выделенных на основе индексных критериев и имеющих площадь более 0,8 га. Следует отметить, что для повышения степени достоверности при выявлении лесных пожаров следует применять не только индексные критерии, но и дополнительную информацию, так как погрешность результатов в основном обусловлена схожим уменьшением уровня вегетации на выгоревшей территории и на некоторых участках сельскохозяйственных земель.

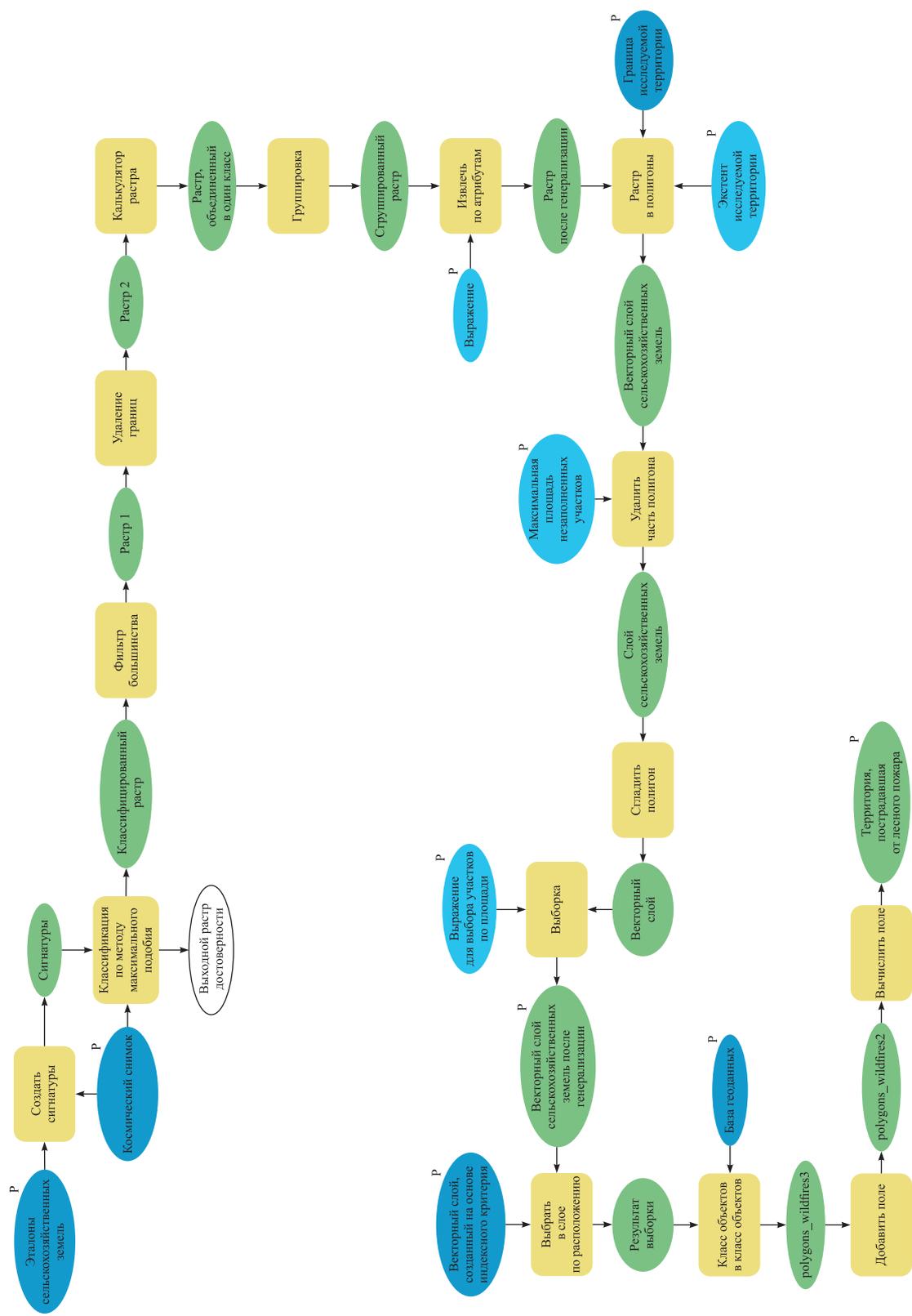


Рис. 3. Модель геообработки для уточнения идентификации лесного пожара (по данным индексных критериев) на основе дешифрирования сельскохозяйственных земель (according to index criteria) based on interpretation of agricultural lands

Вторая модель геообработки выполняет автоматизированное дешифрирование методом максимального правдоподобия для выделения контуров сельскохозяйственных земель, что необходимо для уточнения результатов, полученных на основе индексных критериев. В качестве исходных данных используются эталоны сельскохозяйственных земель, синтезированный космический снимок (в рассматриваемом случае применяется изображение «Sentinel-2»), границы исследуемой территории, а также векторный слой, созданный на основе индексного критерия. Первоначальная генерализация классифицированного растра выполняется с помощью инструментов фильтр большинства и удаление границ. Внутри класса объектов «сельскохозяйственные земли» наблюдаются заметные спектральные различия, а использование инструмента калькулятор растра позволяет автоматически объединить различные подклассы объектов, выделенные в составе сельскохозяйственных земель, в один класс.

Далее происходят удаление контуров, площадь которых составляет менее 150 пк (1,5 га), и автоматическая векторизация результата контролируемой классификации. Геометрическая генерализация осуществляется с помощью инструментов удалить часть полигона, сгладить полигоны и выборка, что позволяет заполнить пробелы площадью до 2 га внутри более крупных участков сельскохозяйственных земель, а также сгладить форму и выбрать контуры, площадь которых превышает 2 га (см. рис. 3).

Пространственная информация о сельскохозяйственных землях позволит удалить контуры, которые определены на основе индексного критерия, но приурочены к пахотным и луговым землям. Для решения этой задачи применяется инструмент выбрать в слое по расположению со следующими параметрами: в качестве входного векторного слоя выбраны участки, выделенные по индексному критерию (отношения have their center in), контуры сельскохозяйственных земель являются вспомогательными объектами выборки, также выбран пункт инвертировать пространственные отношения. Для сохранения выделенных объектов в отдельный векторный слой использован инструмент класс объектов в класс объектов, а для расчета площади участков выгоревшей территории (в га) использованы инструменты добавить поле и вычислить поле.

Разделение представленной методики на две модели геообработки позволяет вначале визуально оценить достоверность идентификации территории лесного пожара на основе индексных критериев (dNBR, dNDVI, dBAI), а затем повысить общий уровень точности путем использования информации о сельскохозяйственных землях.

Результаты и их обсуждение

При расчете индексных критериев выделены участки на основе разницы индексов NBR, NDVI, BAI за период с 25 марта по 10 апреля 2020 г. по данным космических снимков «Landsat-8». Площадь участков, соответствующих статистически значимой разнице индекса NDVI (dNDVI), составляет 992,7 га, площадь участков, соответствующих индексному критерию dNBR, – 1434,8 га, а площадь участков, соответствующих индексному критерию dBAI, – 891,0 га. Использование только одного из представленных индексных критериев может увеличить погрешность при определении выгоревшей территории, которая характеризуется неравномерным снижением уровня вегетации в зависимости от типа природных экосистем (лесные, болотные, кустарниковые). Так, по индексному критерию dNBR не выделен фрагмент участка болотной экосистемы в пределах выгоревшей территории. Для индексных критериев dNBR и dNDVI заметно выделение не только участков лесного пожара, но и некоторых контуров пахотных земель, на которых произошло снижение уровня вегетации за исследуемый период. После выполнения пересечения индексных критериев dNDVI и dNBR, dNDVI и dBAI, dNBR и dBAI по отдельности и объединения векторных слоев, полученных на основе каждой из пар индексных критериев, общая площадь контуров составила 1049,5 га. Она включает в себя не только выгоревшую территорию (к югу от д. Запесочное), но и участки сельскохозяйственных земель (в основном в окрестностях аг. Стодоличи и д. Усов) (рис. 4).

Также были выделены участки на основе индексных критериев dNBR, dNDVI, dBAI за период с 5 по 10 апреля 2020 г. по данным космических снимков «Sentinel-2». Площадь участков, соответствующих статистически значимым показателям dNBR, составляет 735,4 га, площадь участков, соответствующих статистически значимым показателям dNDVI, – 787,9 га, а площадь участков, соответствующих статистически значимым показателям dBAI, – 665,1 га. Использование методики, позволяющей выделить участки, которые соответствуют двум или трем индексным критериям, необходимо для снижения количества погрешностей (по критерию dNDVI не выделен фрагмент участка болотной экосистемы в северной части выгоревшей территории, а по критерию dNBR не выделен небольшой участок болота в южной части территории, пострадавшей от лесного пожара). Для индексных критериев dNBR, dNDVI, dBAI, вычисленных на основе изображений «Sentinel-2», заметен аналогичный характер проявления неточностей, как и в случае их расчета на основе изображений «Landsat-8», но в меньшей степени, так как период между космическими снимками, сделанными до и после пожара, для изображений «Sentinel-2»

короче, чем для изображений «Landsat-8» (5 и 17 дней соответственно). Общая площадь контуров, соответствующих двум или трем индексным критериям (на основе снимков «Sentinel-2»), составила 751,4 га. Она включает в себя не только территорию, пострадавшую от лесного пожара, но и небольшие участки сельскохозяйственных земель (рис. 5).

Статистический анализ значений индексных критериев dNBR, dNDVI, dBAI свидетельствует о том, что лесные земли имеют средние значения данных показателей, заметно меньшие, чем выгоревшая территория (при использовании индексного критерия dBAI, полученного по данным спутника «Landsat-8», наблюдается обратная закономерность). Максимальные значения критериев dNDVI, dNBR характерны для территории, пострадавшей от лесного пожара. Среднеквадратическое отклонение показателей dNDVI, dNBR также имеет более высокие значения для выгоревшей территории. При определении статистически значимых показателей индексных критериев учитывалось, что они в основном имеют пороговое значение, близкое к разности между средним значением и среднеквадратическим отклонением. Полученные данные использовались в моделях геообработки (табл. 2).

Таблица 2

**Значения индексных критериев (dNBR, dNDVI, dBAI)
для лесных земель и территории, пострадавшей от лесного пожара,
на основе космических снимков «Sentinel-2» и «Landsat-8»**

Table 2

**Values of index criteria (dNBR, dNDVI, dBAI)
for forest lands and areas affected by forest fire,
based on «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite images**

Индексные критерии	Снимки «Sentinel-2»				Снимки «Landsat-8»			
	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднеквадратическое значение	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднеквадратическое значение
<i>Лесные земли</i>								
dNBR	0,005	-0,248	0,932	0,060	0,013	-0,623	0,303	0,023
dNDVI	0,023	-0,188	0,700	0,043	0,006	-0,066	0,254	0,023
dBAI	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$-1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$4,8 \cdot 10^{-7}$	$-4,1 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$
<i>Территория, пострадавшая от лесного пожара</i>								
dNBR	0,296	-0,196	0,932	0,151	0,121	0,010	0,303	0,048
dNDVI	0,222	-0,116	0,700	0,128	0,127	0,010	0,254	0,035
dBAI	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$-2,2 \cdot 10^{-5}$	$-4,1 \cdot 10^{-5}$	$-2,0 \cdot 10^{-6}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$

Для автоматизированного дешифрирования сельскохозяйственных земель использован космический снимок «Sentinel-2» за 5 апреля 2020 г., так как за счет более высокого пространственного разрешения результат классификации будет более точным, чем в случае применения снимка «Landsat-8». Сельскохозяйственная освоенность исследуемой территории достаточно низкая (около 13,4%), что обусловлено преобладанием песчаных и гидроморфных почв, характеризующихся более низким баллом кадастровой оценки.

Участки, соответствующие двум или трем индексным критериям и расположенные на сельскохозяйственных землях (в окрестностях аг. Стодоличи и д. Усов), не относятся к выгоревшей территории. На основе анализа космических снимков «Landsat-8» эти участки занимают 340,8 га, а на основе анализа космических снимков «Sentinel-2» – 97,5 га (рис. 6).

Таким образом, общая площадь лесного пожара на территории Гребеневского лесничества (к югу от д. Запесочное Лельчицкого района) по данным спутника «Sentinel-2» составила 654,0 га, а по данным спутника «Landsat-8» – 706,3 га. Для количественной оценки точности выполнено пространственное пересечение между векторными слоями, полученными на основе представленной методики, и результатом визуального дешифрирования на дату 10 апреля 2020 г. Анализ данных показал, что площадь территории, пострадавшей от лесного пожара, более точно определена на основе снимков «Sentinel-2», чем на основе снимков «Landsat-8».

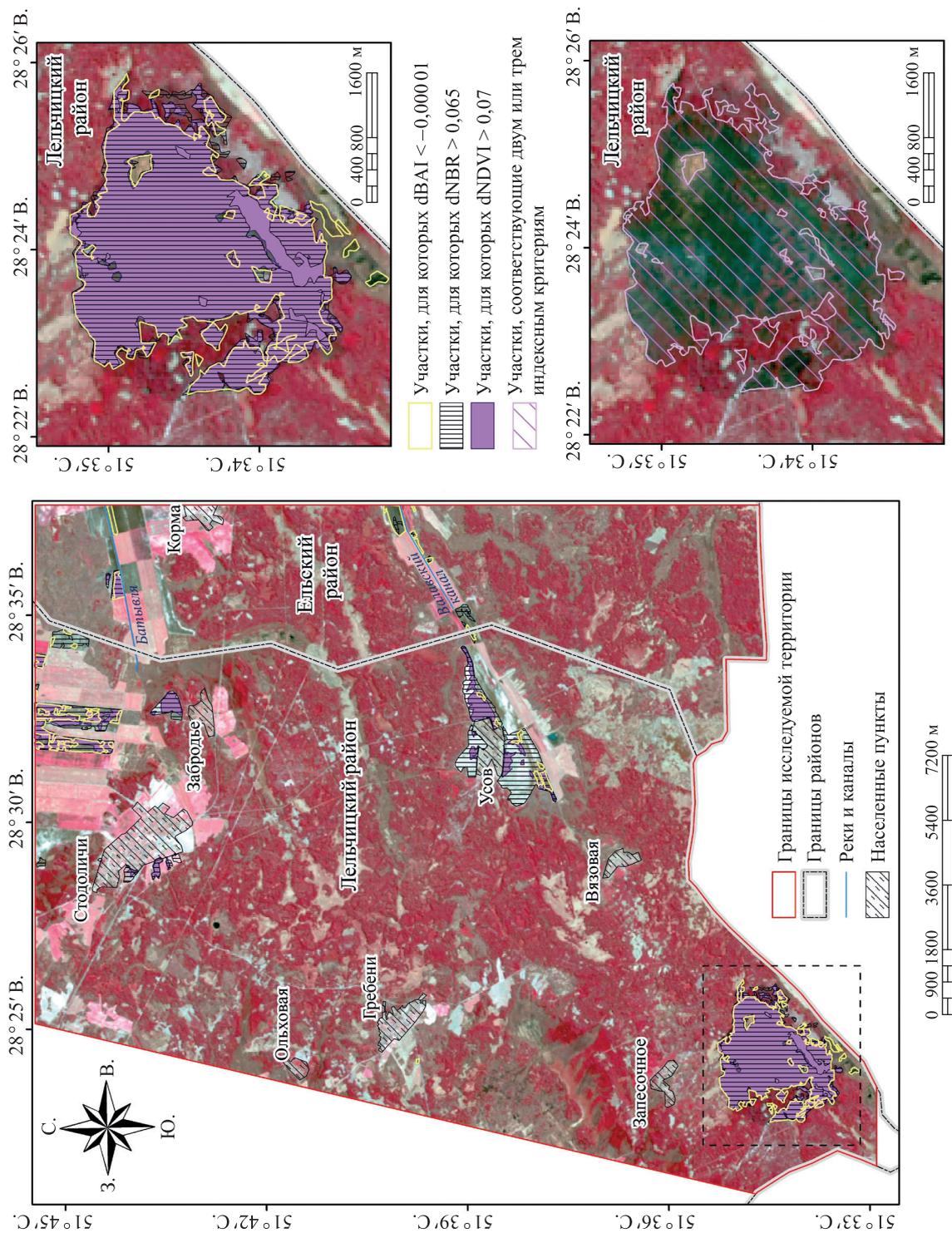


Рис. 4. Карта расположения участков, выбранных на основе разницы индексов NBR, NDVI, BAI за период с 25 марта по 10 апреля 2020 г. по космическим снимкам «Landsat-8»

Fig. 4. Map of the location of areas selected based on the difference in NBR, NDVI, BAI indices for the period from 25 March to 10 April 2020 based on «Landsat-8» satellite images

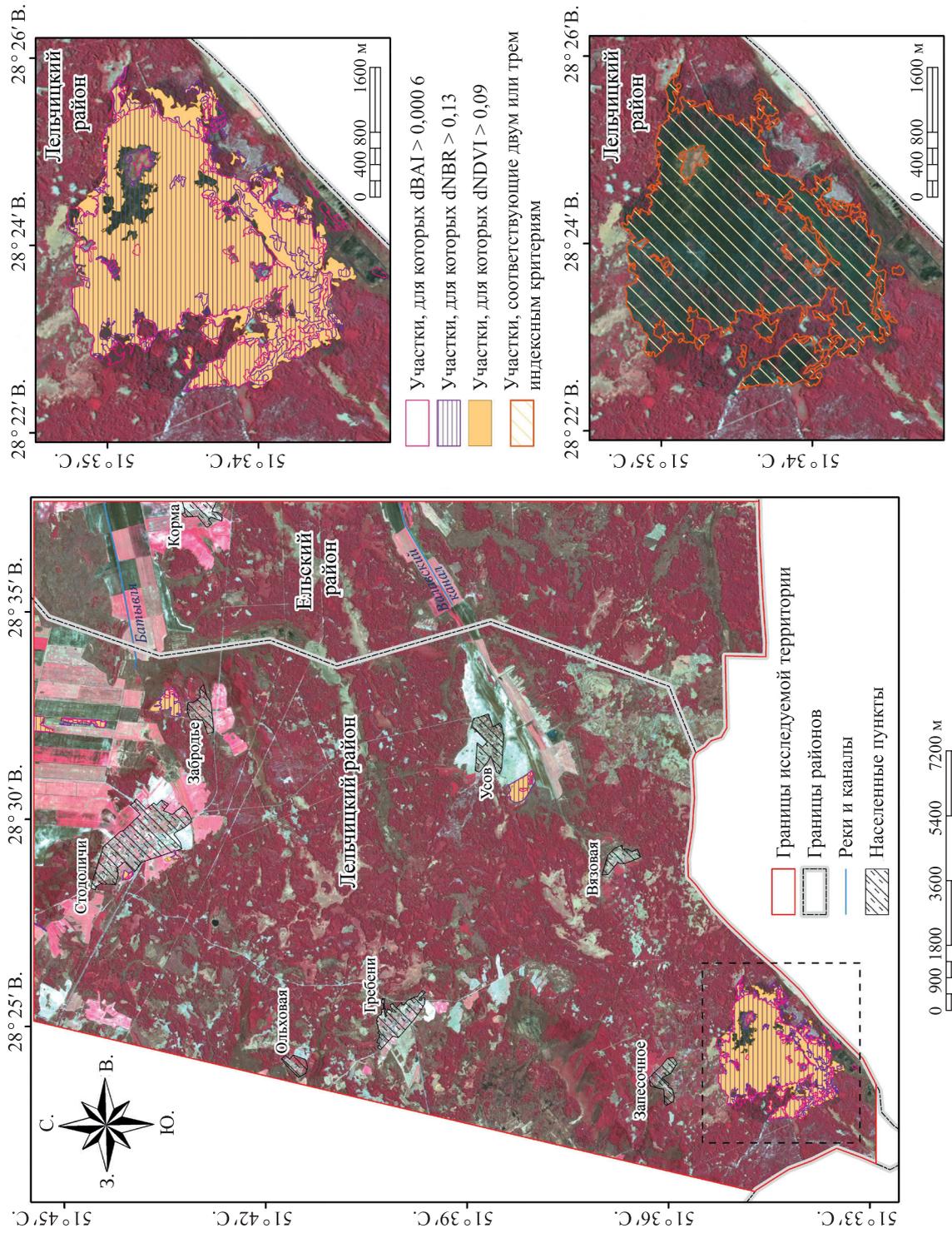


Рис. 5. Карта расположения участков, выбранных на основе разницы индексов NBR, NDVI, BAI за период с 5 по 10 апреля 2020 г. по космическим снимкам «Sentinel-2»

Fig. 5. Map of the location of areas selected based on the difference in NBR, NDVI, BAI indices for the period from 5 to 10 April 2020 based on «Sentinel-2» satellite images

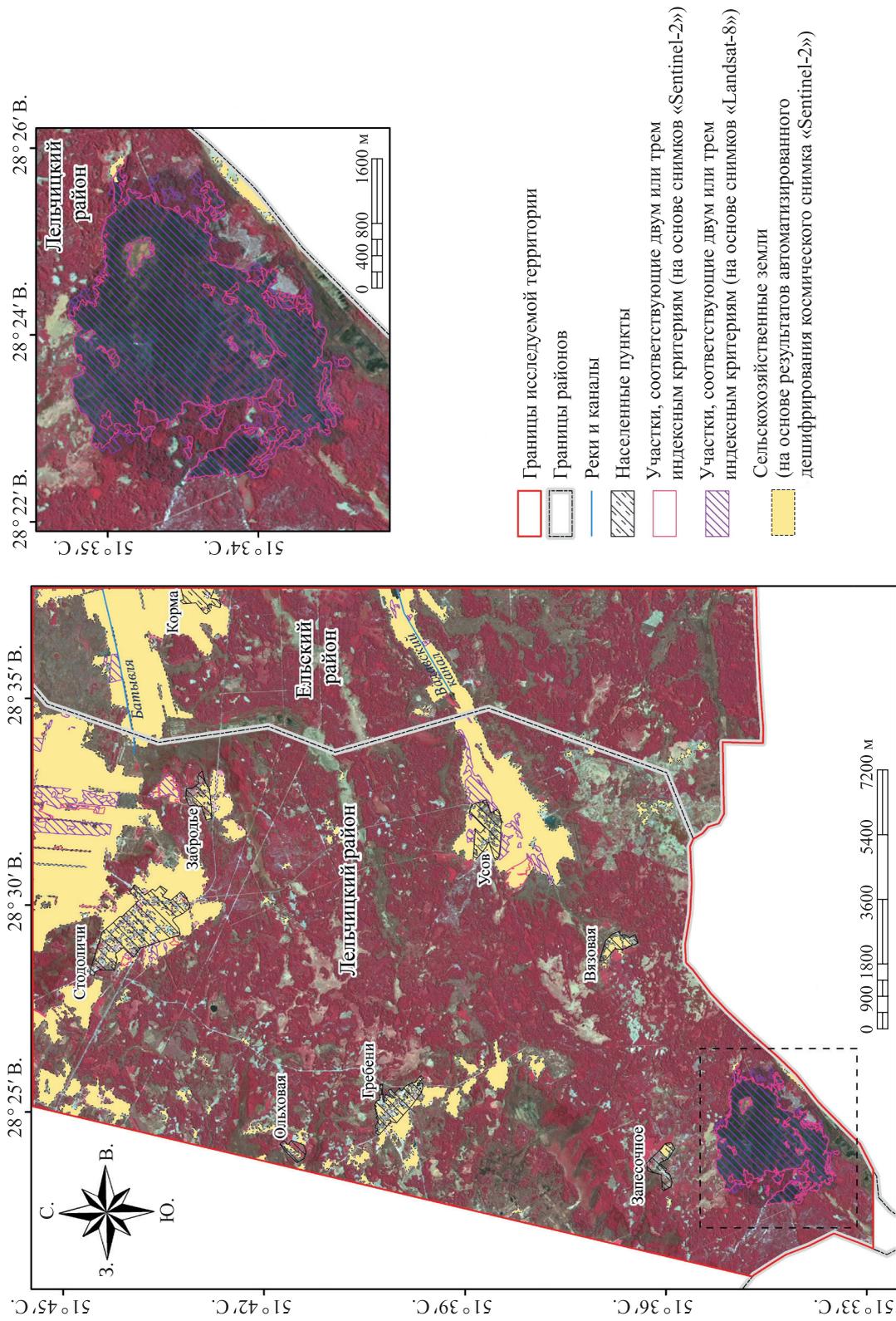
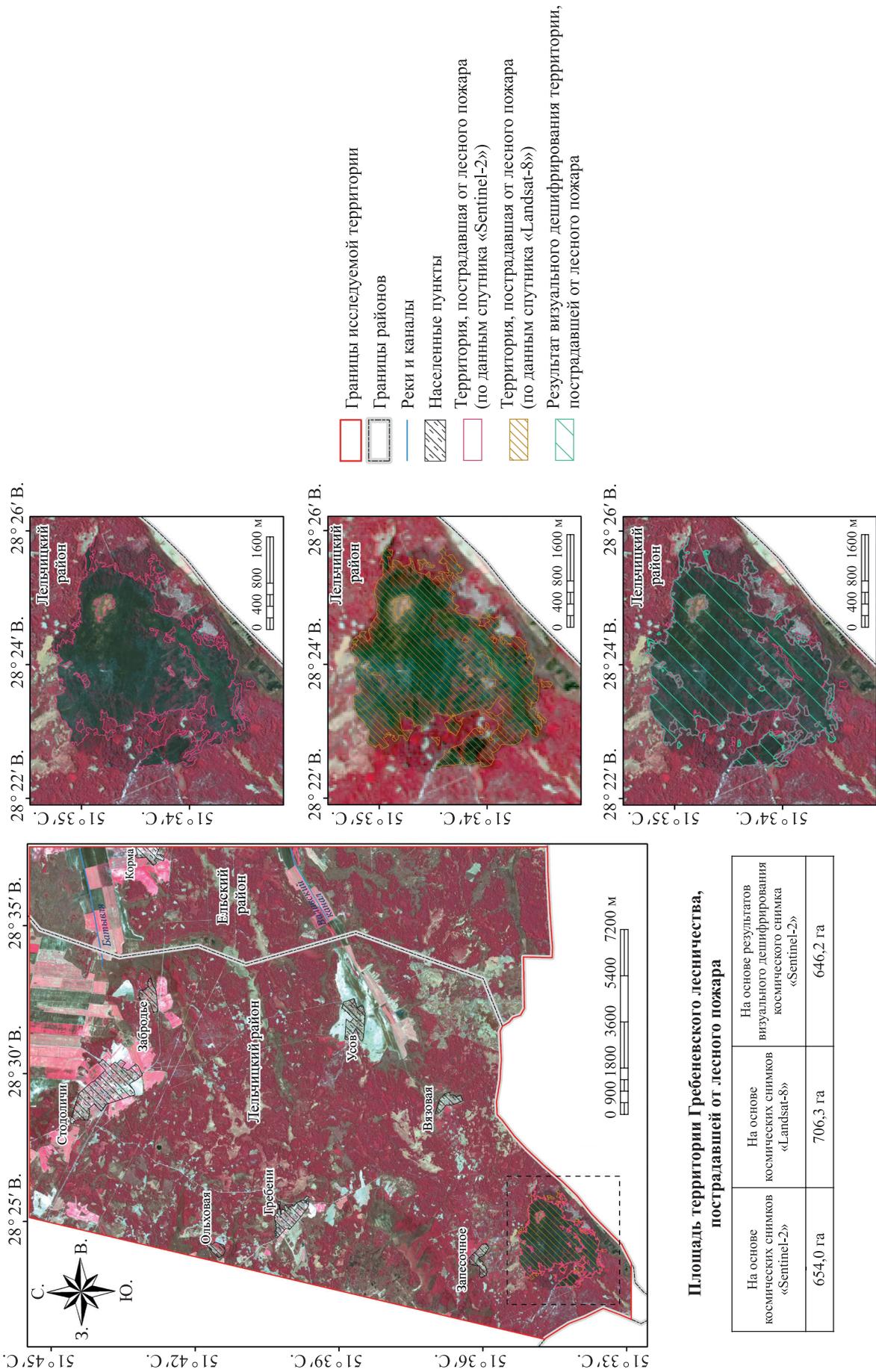


Рис. 6. Расположение участков, соответствующих двум или трем индексным критериям (на основе снимков «Sentinel-2» и «Landsat-8»), и отображение контуров сельскохозяйственных земель (согласно результатам автоматизированного дешифрирования космического снимка «Sentinel-2») и отображение контуров сельскохозяйственных земель в пределах исследуемой территории составила 4556 га

Fig. 6. Location of areas corresponding two or three index criteria (based on «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite images) and display of contours of agricultural lands (according to the automated decryption of the «Sentinel-2» satellite image, the total area of agricultural land within the study area was 4556 ha)



Площадь территории Гребневского лесничества, пострадавшей от лесного пожара

На основе космических снимков «Sentinel-2»	На основе космических снимков «Landsat-8»	На основе результатов визуального дешифрирования космического снимка «Sentinel-2»
654,0 га	706,3 га	646,2 га

Рис. 7. Карта последствий лесного пожара на территории Гребневского лесничества по данным космических снимков «Sentinel-2» и «Landsat-8» за 10 апреля 2020 г.
 Fig. 7. Map of the consequences of a forest fire on the territory of the Grebenevsky forestry based on «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite images for 10 April 2020

Общая площадь выгоревшей территории, рассчитанная с помощью визуального дешифрирования космического снимка «Sentinel-2», составила около 646 га. Площадь территории, пострадавшей от лесного пожара, по данным снимков «Sentinel-2» на 3,2 %, а по данным снимков «Landsat-8» на 10,7 % превысила результат визуального дешифрирования (см. рис. 7).

При использовании представленной методики для космических снимков «Sentinel-2» точность составила более 96 %, а при ее использовании для космических снимков «Landsat-8» – более 89 %, что свидетельствует о достаточно высокой эффективности методики.

Следует отметить, что в рамках данной методики проанализировано применение ГИС-технологий для использования информации о земельном покрове при получении итогового результата, что позволяет удалить участки, которые соответствуют индексным критериям, но являются контурами пахотных и луговых земель, и в итоге более достоверно идентифицировать выгоревшую территорию.

Заключение

Анализ индексных критериев dNBR, dNDVI, dBAI по разновременным космическим снимкам «Landsat-8» и «Sentinel-2» (до и после пожара) позволяет выявить статистически значимые изменения уровня вегетации для природных экосистем. Полученная информация может использоваться для идентификации лесных пожаров, но при этом следует учитывать даты съемки для более точного определения характера динамики индексов за вегетационный период. Для расчета разницы спектральных индексов NBR, NDVI, BAI могут применяться различные программные продукты, поэтому эти данные используются в качестве исходной информации для первой созданной в среде ModelBuilder модели геообработки, которая позволяет установить статистически значимые показатели индексных критериев и выполнить их комплексную обработку. Результатом применения данной модели является векторный слой участков, соответствующих двум или трем индексным критериям. Во второй модели геообработки осуществляется контролируемая классификация для выделения контуров сельскохозяйственных земель, пространственная информация о которых используется при уточнении идентификации выгоревшей территории. Вследствие более высокого пространственного разрешения итоговые результаты, полученные на основе космических снимков «Sentinel-2», имеют более высокую точность, чем итоговые результаты, полученные на основе космических снимков «Landsat-8» (около 96 и 89 % соответственно).

Таким образом, ГИС-технологии заметно увеличивают скорость обработки пространственных данных, а также вычисления статистических данных при анализе спектральных индексов и позволяют в значительной степени автоматизировать картографирование выгоревших территорий. Учитывая, что результаты использования индексных критериев dNBR, dNDVI, dBAI имеют некоторые различия при идентификации территории, пострадавшей от лесного пожара, применение их сочетаний способствует уменьшению вероятных погрешностей.

Библиографические ссылки

1. Brown DG, Goovaerts P, Burnicki A, Li M-Y. Stochastic simulation of land-cover change using geostatistics and generalized additive models. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2002;68(10):1051–1061.
2. Hansen MC, Loveland TR. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment*. 2012;122:66–74. DOI: 10.1016/j.rse.2011.08.024.
3. Heydari SS, Mountrakis G. Effect of classifier selection, reference sample size, reference class distribution and scene heterogeneity in per-pixel classification accuracy using 26 Landsat sites. *Remote Sensing of Environment*. 2018;204:648–658. DOI: 10.1016/j.rse.2017.09.035.
4. Thanh Noi P, Kappas M. Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector machine classifiers for land cover classification using Sentinel-2 imagery. *Sensors*. 2018;18(1):18. DOI: 10.3390/s18010018.
5. Wu Q, Li H, Wang R, Paulussen J, He Y, Wang M, et al. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*. 2006;78(4):322–333. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2005.10.002.
6. Kennedy RE, Townsend PA, Gross JE, Cohen WB, Bolstad P, Wang YQ, et al. Remote sensing change detection tools for natural resource managers: understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment*. 2009;113(7):1382–1396. DOI: 10.1016/j.rse.2008.07.018.
7. Mitchell BR, Shriver WG, Dieffenbach F, Moore T, Faber-Langendoen D, Tierney G, et al. *Northeast Temperate Network vital signs monitoring plan*. Woodstock: National Park Service, Northeast Temperate Network; 2006. 102 p. Report No.: NPS/NER/NRTR-2006/059.
8. Potere D, Woodcock CE, Schneider A, Ozdogan M, Baccini A. Patterns in forest clearing along the Appalachian Trail corridor. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2007;73(7):783–791. DOI: 10.14358/PERS.73.7.783.
9. Wessels KJ, De Fries RS, Dempewolf J, Anderson LO, Hansen AJ, Powell SL, et al. Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: examples from the Greater Yellowstone Ecosystem, USA and Pará State, Brazil. *Remote Sensing of Environment*. 2004;92(1):67–83. DOI: 10.1016/j.rse.2004.05.002.
10. Wilkinson DW, Parker RC, Evans DL. Change detection techniques for use in a statewide forest inventory program. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2008;74(7):893–901. DOI: 10.14358/PERS.74.7.893.

11. Alcaras E, Costantino D, Guastaferrero F, Parente C, Pepe M. Normalized burn ratio plus (NBR+): a new index for Sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*. 2022;14(7):1727. DOI: 10.3390/rs14071727.
12. Guo R, Yan J, Zheng H, Wu B. Assessment of the analytic burned area index for forest fire severity detection using Sentinel and Landsat data. *Fire*. 2024;7(1):19. DOI: 10.3390/fire7010019.
13. Chowdhury RR. Driving forces of tropical deforestation: the role of remote sensing and spatial models. *Singapore Journal of Tropical Geography*. 2006;27(1):82–101. DOI: 10.1111/j.1467-9493.2006.00241.x.
14. Воробьев ОН, Курбанов ЭА, Лежнин СА, Полевщикова ЮА, Демишева ЕН. Методика выявления степени повреждения древостоев после пожаров 2010 года в Среднем Поволжье. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014;11(4):217–229. EDN: TJELAL.
15. Барталев СА, Стыщенко ФВ, Егоров ВА, Лупян ЕА. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров. *Лесоведение*. 2015;2:83–94. EDN: TOASFX.
16. Груммо ДГ. Ретроспективный анализ динамики природных пожаров на территории Беларуси на основе данных дистанционного зондирования. *Природные ресурсы*. 2022;1:112–125.
17. Гусев АП, Филончик НН, Шпилевская НС. Многолетние тренды состояния растительности в природных и антропогенных ландшафтах Белорусского Полесья по данным MODIS (2000–2019). *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2020;6(3):200–209. EDN: LTXDZM.
18. Волосюк АИ, Топаз АА. Оценка последствий лесных пожаров на основе автоматизированной обработки материалов дистанционного зондирования Земли. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2022;1:57–70. DOI: 10.33581/2521-6740-2022-1-57-70.
19. Бондур ВГ, Цидилина МН, Черепанова ЕВ. Космический мониторинг воздействия природных пожаров на состояние различных типов растительного покрова в федеральных округах Российской Федерации. *Исследование Земли из космоса*. 2019;3:13–32. DOI: 10.31857/S0205-96142019313-32.
20. *Галерея индексов ArcGIS Pro* [Интернет]. 2024 [процитировано 15 апреля 2024 г.]. Доступно по: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm>.
21. Черепанов АС. Вегетационные индексы. *Геоматика*. 2011;2:98–102. EDN: STYTLN.
22. Груммо ДГ, Судник АВ, Байчоров ВМ, Вершицкая ИН, Вознячук ИП, Грищенкова НД и др. *Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий*. Груммо ДГ, Судник АВ, редакторы. Минск: Белорусская наука; 2023. 351 с.
23. Chuvieco E, Martín MP, Palacios A. Assessment of different spectral indices in the red-near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing*. 2002;23:5103–5110. DOI: 10.1080/01431160210153129.

Получена 18.05.2024 / исправлена 05.08.2024 / принята 18.09.2024.
Received 18.05.2024 / revised 05.08.2024 / accepted 18.09.2024.

НА ПУТИ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ БЕЛАРУСИ: ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ АСПЕКТ

В. М. ЯЦУХНО¹⁾, С. С. БАЧИЛА¹⁾, Ю. С. ДАВИДОВИЧ¹⁾

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

Аннотация. На основе результатов выполненного обзора зарубежных и отечественных научных и прикладных исследований сельских территорий анализируются сущность, содержание и оценка многофункциональной роли, которую эти территории обеспечивают для достижения целей устойчивого местного и регионального развития. Особое внимание уделено сельским территориям Беларуси, которые рассматриваются с географических позиций как операционная пространственная основа жизнедеятельности местного населения, ее организации и управления, а также как вмещающие сочетания природных ресурсов, систем расселения, объектов социального, агрохозяйственного и иных производственных назначений, экологической инфраструктуры, историко-культурных и духовных ценностей. Сделан вывод о том, что ключевыми задачами обеспечения устойчивого развития сельских территорий, отличающихся сложным и многогранным полем взаимодействия общественных и природных компонентов, включая их местоположение, территориальные структуры хозяйства, инфраструктуры и расселения населения, являются научное обоснование и разработка единых специальных территориально-планировочных документов. В качестве аналога таких документов на текущем этапе предложено использовать скоординированные и гармонизированные по задачам сбалансированного развития сельских территорий, разрабатываемые в Беларуси схемы землеустройства и схемы комплексной территориальной организации административных районов Беларуси. Предложены некоторые подходы к их совершенствованию, в частности отражение результатов оценки экосистемных услуг и типологии периферийности сельских территорий. В рамках исследования впервые выполнено с применением ГИС-технологий картографирование и составлена карта сельских территорий Беларуси. Сельские территории выделены на основе показателя соотношения численности и плотности городского и сельского населения, а также времени транспортной доступности их городов. В результате этого определена географическая локализация урбанизированных сельско-городских (переходных) и сельских территорий, удельная площадь которых в республике составляет 7,1; 10,8; 82,1 % соответственно. Предложена система территориально-планировочных решений, способствующих устойчивому использованию сельских территорий республики.

Ключевые слова: сельские территории; устойчивое развитие; многофункциональность; территориальная организация; карта сельских территорий.

Благодарность. Публикация подготовлена в рамках государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» (подпрограмма «Природные ресурсы и их рациональное использование», проект 1.05.6) на 2021–2025 гг. Авторы статьи выражают благодарность доценту кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета А. П. Безрученку за оказанную помощь при переводе текста статьи на английский язык.

Образец цитирования:

Яцухно ВМ, Бачила СС, Давидович ЮС. На пути к устойчивому развитию сельских территорий Беларуси: территориально-организационный аспект. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024; 2:39–50 (на англ.).
EDN: FRWHWQ

For citation:

Yatsukhno VM, Bachila SS, Davidovich YS. On the way to sustainable development of rural areas of Belarus: territorial and organisational aspect. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:39–50.
EDN: FRWHWQ

Авторы:

Валентин Минович Яцухно – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; заведующий научно-исследовательской лабораторией экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Светлана Степановна Бачила – научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Юрий Сергеевич Давидович – младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Valentin M. Yatsukhno, PhD (agricultural sciences), docent; head of the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics.
yatsukhno@bsu.by

Svetlana S. Bachila, researcher at the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics.
zajchik@inbox.ru

Yury S. Davidovich, junior researcher at the research laboratory of landscape ecology, faculty of geography and geoinformatics.
seg98001@gmail.com

ON THE WAY TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS OF BELARUS: TERRITORIAL AND ORGANISATIONAL ASPECT

V. M. YATSUKHNO^a, S. S. BACHILA^a, Y. S. DAVIDOVICH^a

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

Corresponding author: Y. S. Davidovich (seg98001@gmail.com)

Abstract. Based on the results of the review of foreign and domestic scientific and applied research of rural areas, the article analyses the essence, content and assessment of the multifunctional role that they provide for achieving the goals of sustainable local and regional development. Special attention is paid to the rural territories of Belarus, which are viewed from geographical positions on the one hand as the operational spatial basis of the life of the local population, its organisation and management, on the other hand, as a receptacle of combinations of natural resources, settlement systems, objects of social, agricultural and other industrial purposes, ecological infrastructure, historical, cultural and spiritual values. It is concluded that the key task of ensuring the sustainable development of rural areas, characterised by a complex and multifaceted field of interaction between social and natural components, including their location, territorial structures of economy, infrastructure and population settlement, is the scientific justification and development of unified special territorial planning documents. As their analogue at the current stage, it is proposed to use coordinated and harmonised schemes of land management and schemes of integrated territorial organisation of administrative districts of Belarus, developed in Belarus, in accordance with the tasks of balanced development of rural territories. Some approaches to their improvement are proposed, in particular, the reflection of the results of the assessment of ecosystem services and the typology of the periphery of rural areas. As part of the research, mapping was carried out for the first-time using the GIS software, and a map of rural areas of Belarus was compiled. Indicators of the ratio of the number and density of urban and rural population, the time of transport accessibility of their cities are used as the basis for the allocation of rural territories. As a result, the geographical localisation of urbanised rural-urban (transitional) and rural territories is determined, the specific area of which in the republic is 7.1, 10.8, 82.1 %, respectively. A system of spatial planning solutions is proposed that contribute to the sustainable use of rural areas of the republic.

Keywords: rural territories; sustainable development; multifunctionality; territorial organisation; map of rural territories.

Acknowledgements. The publication was prepared within the framework of the state research programme «Natural resources and the environment» (subprogramme «Natural resources and their rational use», project 1.05.6) for 2021–2025. The authors of the article express their gratitude to Andrei Bezruchonak, associate professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University, for his modest assistance in reviewing the English translation of the text.

Introduction

During the last two decades, many foreign countries had noticeably increased the attention and the range of scientific and applied research in the field of assessment of the condition, resource potential, socio-demographic situation, as well as issues of optimising the use and protection of rural areas, aimed at developing practical measures and institutional solutions to ensure their sustainable development [1–13]. It is known that a distinctive feature of rural areas is their geographical location outside urban settlements, the noticeable length and area of the occupied space, the dispersed location of rural settlements, and the low density of their inhabitants. Thus, in Belarus, the area of rural areas occupies over 80.0 %, and the share of the rural population living there is 21.6 %. For example, in the European Union these indicators are slightly lower, amounting to 78.0 and 20.0 %, respectively (according to the European Union information porta (www.eu.europa.eu/farming)).

From a systemic point of view, rural areas should be considered as a complex and heterogeneous territorial social, natural-economic and ecological system, including the social sphere, population and settlement system, industrial and economic complex, components of the natural environment, as well as transport, engineering and environmental infrastructure. Such a polystructural feature of rural areas predetermines its multifunctionality, i. e. performing a wide range of functions: from the production of agricultural products and raw materials to performing environmental and environment-forming functions and preserving spiritual wealth, local traditions and the way of population life. These and other functions of rural areas are presented in details in fig. 1.

Until recently, a utilitarian approach, absolutising the role of agricultural activity in the development of rural areas, characterising and analysing their structural and functional features, prevailed in many countries, including Belarus [7; 15–17]. Without detracting from the key importance of agriculture as a fundamental sector for the development of rural areas, the latter are a source of numerous, in addition to food, other notable benefits and benefits. Therefore, the idea of multifunctionality of rural areas is increasingly being used in defining tasks

and developing practical measures for their sustainable development. In this regard, there has been a need to change the paradigm of rural development and search for its new directions through the maximum use of local resources in rural areas [18; 19]. This involves placing emphasis on territorial rather than industrial (sectoral) development with the involvement of local resources and the expansion of business activities. An example of the successful solution of these tasks is the modern policy of the European Union in the field of rural development.

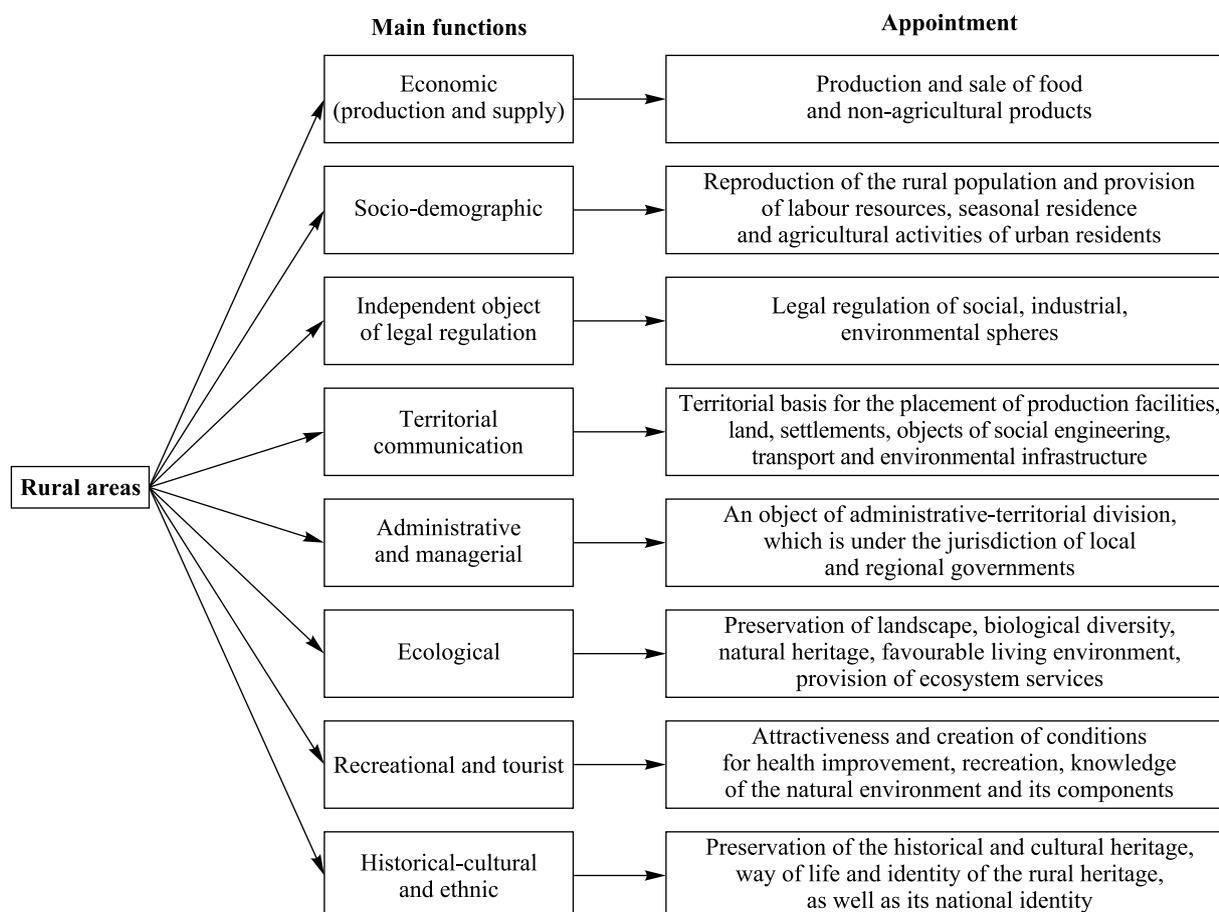


Fig. 1. Multifunctionality of rural areas and the results of its manifestation.
Source: [14]

Within the framework of the European Union common agricultural policy, the following strategic goals are defined:

- increasing the competitiveness of agriculture;
- ensuring sustainable management of natural resources and climate change;
- achieving balanced territorial development of rural economies and communities, including the creation and preservation of jobs;
- protection of the natural environment, compensation of costs for environmental protection measures [11; 14; 20; 21].

The successful implementation of the above goals requires deep, system-oriented scientific research. Many of them can be effectively carried out by representatives of geographical science, and thus, be interdisciplinary in nature. This will eliminate the «narrowly manufactured» nature of the highly specialised study of rural areas and expand the use of different methodological approaches and conceptual apparatus in their study. Taking into account the multifunctional nature of rural areas, aimed at creating and maintaining a living environment, the effective use of environmental potential, ensuring environmental safety, and preserving natural, historical and cultural heritage, geographic planning acts as a management and organisational mechanism for their regulation. In this context, it is understood as a special procedure for territorial organisation with the aim of rational placement and balanced interaction of natural, economic, infrastructure facilities and their spatial combinations for the sustainable development of rural areas [22–32]. Among the promising and poorly developed tasks for achieving it is the assessment and accounting of the results of ecosystem services provided by rural areas. The latter are understood as material and intangible benefits and benefits from the ecosystems located on them (forests, wetlands, soils, meadows, agroecosystems), which, along with economic ones, perform important environmental regulating and environmental functions, i. e. refers to a natural asset that has a certain value [33–35].

Current state of research and some problems of rural development

It is known that rural areas are among the largest components of spatial socio-economic and natural-economic systems, which are characterised by their geographical localisation outside urban settlements, whose residents are mainly employed in agriculture and forestry and in social, transport and industrial infrastructure. One should agree with the statement of a number of studies that cities and their agglomerations emerged from rural areas, but did not separate from it, maintaining many diverse and vital connections that largely determine the sustainable development of such territories [36–40]. One of the most important factors identifying the spatial structure, functioning, specialisation and state of rural areas is their proximity to cities. The latter, being the areas of growth, determine the accelerated development of suburban rural areas, due to a number of mechanisms, including higher transport accessibility, the pull of resources from the near and distant periphery, the spread of innovations, and population migration. The presence of a developed social infrastructure, demand for labour resources, increased levels of wages for workers, etc. [41–43].

The growing impact of urban influence on nearby rural areas leads to the expansion of the spheres of multifunctional use of rural areas, as well as to the rethinking and transformation of the concept of «rurality» as a traditional and environmental value. In the context of this, the typification of rural territories is relevant and practically in demand, considering them not only as a space for the life of rural residents and the traditional form of agricultural production, but also as the processes and results of rural-urban relationships. This principle was successfully used in the implementation of the typology of rural areas of the European Union countries [44; 45]. Population density indicators (in people/km²), as well as the duration of transport accessibility to urban settlements, were used as key indicators for delimiting three types of territories (urbanised, rural-urban and rural territories proper). The application of this approach, taking into account demographic characteristics and settlement systems, can be used in the neighbouring states, including Belarus, which still do not have a similar typology and its multiscale cartographic visualisation.

Recently, foreign countries, as well as Belarus, discuss the paradigm for the long-term development of rural areas, which involve a change in the traditional exogenous system of rural development, based on the use of large-scale government subsidies and preferences. Insolvency and often impossibility of solving numerous problems within the framework of the traditional approach, the introduction was made about the need to switch to the endogenous model, including its neoendogenous version [19; 46–48]. The focus of the implementation of this model is territoriality and the main attention shifts from the dominant role of agricultural activity to the multifunctional development of rural areas, in which, along with the provision of subsidies and preferences, the emphasis is on investment, the expansion of local initiative and entrepreneurship, and the widespread use of natural resource potential. While maintaining agriculture, which will ensure the level of employment and income of rural residents, the scope of other, no less important functions of rural areas is expanded. In addition to the production function, it is necessary to carry out and evaluate their non-production functions (socio-demographic, ecosystem services, preservation of landscapes, way of life and traditions of the local population, historical and cultural heritage, development of tourism, recreation, educational, etc.).

In this regard, there is an increasing need to conduct a scientific substantiation of the above-mentioned spatial localisations and, based on their results, to draw up territorial planning schemes for rural areas – an officially approved document that enshrines the balanced development of their constituent subsystems (economic, social, demographic, environmental and infrastructural).

The development of such schemes should be based on a comprehensive solution to the problems of development of rural areas, maximally adapted to local and natural conditions and a balanced availability of labour, technical, financial and other resources that provide a favourable living environment for the population [24–31; 29; 49–55]. These tasks can be effectively and successfully accomplished using a geographical approach based on the organic and rational combination of natural and social components in the process of planning rural areas. The advantage of this approach towards the multifunctional development of rural areas lies in the ability «to make the fullest use of positional, natural resource, socio-economic, infrastructural and other features and, accordingly, to rationalise the territorial structure of rural areas at different geospatial levels – from local to national» [53, p. 50].

Despite the long-term nature of scientific and practice-oriented discussions and solutions to the problems of rural development, there is still no clear conceptual definition of them, adopted at the legislative level [3; 56–58]. The term «rural area» is often used as a synonym, which requires its conceptual clarification and reflection in the legal system. The differentiation of these concepts and areas of their application is fundamental when adopting targeted programmes for the development of rural regions, identifying targeted scientific research, preparing investment and innovation concepts and strategies, and ensuring effective management of local governments.

In order to differentiate and establish differences in the concepts of rural territories and rural area, it is advisable to use the content of the terms «territory» and «place» established in geographical science and

practice [59–62]. From a geographical point of view, rural areas can be considered, on the one hand, as the operational basis for the life of the rural population and, on the other hand, as part of the earth's surface, serving as a container for a combination of natural resources for production and environment-forming purposes. In addition, rural areas have such a feature as the function of place. In this context, the concept of place is a section of the earth's surface or area, characterised by a geographical location and reflecting the connection between the activities of society and nature, and fixed «in space by social labour in the form of various artificially created objects» [63, p. 118]. It is noted that «a place can carry out many functions, both simultaneously and sequentially» [63, p. 120]. The connection of a place with a rural territory is reflected in the fact that a place is a specific point or area object of such a territory. Therefore, the use of the term «rural area» is justified only in relation to individual places located in rural areas, characterised by a certain qualitative feature – unique functions, rich potential, historical, cultural, natural and recreational value, economic significance, etc. But any combination of them and spatial concentration is designated by the term «rural areas», but is not «rural area». Thus, rural territories are distinguished as territorial entities, in which the life activities of the rural population are carried out and can be considered as an independent legal category, and in the context of sustainable development, as a key object of legal relations [64].

It should be recognised that until nowadays, during the determination of the long-term development of rural areas, the main attention has been paid to the socio-economic, organisational, financial and demographic aspects of their development. However, to increase the efficiency of managing such territories and organising the rational use of their existing resource potential, it is necessary to rely on the results of planning, including territorial planning [22]. The latter determines the measures of spatial organisation of social, economic and environmentally safe development of rural areas, establishes optimal combinations and proportions of functional zones, investment attractiveness, placement, and development of infrastructure facilities, determines the need for land resources, optimisation of rural settlement, improvement of transport development and accessibility, and others [65]. Their localisation and reflection on digital maps of different scales is a mandatory standard for documenting the processes of organisation and development of rural areas.

Research methods and materials

This scientific research incorporates the results of an analytical synthesis of a wide range of national and international published works on the structural, functional and natural-economic features of rural areas, as well as on the assessment of the current state and prospects for their sustainable use. As a key direction for studying and determining the balanced development of rural areas, it is proposed to use a geographical approach in which they are considered as polystructural and multifunctional spatial compositional combinations of natural, socio-economic, economic and infrastructural objects, predetermined, along with geographic environmental conditions, geodemographic factors and processes, the life activities of local residents, their traditions, ethnic characteristics, the presence and preservation of historical and cultural heritage, etc. [66; 67].

Along with the geographical approach and analytical synthesis of data, the work widely used methods of comparative, functional analysis, expert assessments, statistical analysis, as well as systematisation techniques. Particular emphasis was on the cartographic method, which made it possible to justify and compile a nationwide map of rural areas of Belarus and develop an explanatory legend for it. The size of the rural population density (number of inhabitants per 1 km²) and the indicator of hourly transport accessibility to cities, characterising their remoteness or proximity to rural settlements, were used as indicators that differentiated the allocation of urbanised, rural-urban (transitional) and rural territories themselves. To reflect the continuity and formation of the focality of the rural settlement of the republic, a dasymetric method was used, which, in contrast to cartograms of population density by administrative-territorial units, allows us to identify areas of concentration and sparse population depending on the distance from a rural or urban settlement [68]. This method was recently successfully tested by Belarusian researchers when assessing changes in rural settlement in Belarus during the period between the population census (2009–2019) [69], the results of which were used to delimit the above-mentioned territories.

Data from state statistics, the Geoportal of the Land Information System of the Republic of Belarus, and information from a number of international organisations published in international and national sources were also used as source material for the research.

Main results and their discussions

Belarus traditionally pursues a policy of priority development of agriculture and the agro-industrial complex, aimed at supporting agricultural producers and the socio-economic development of rural areas as the most important goal of public administration. At the same time, the main emphasis is on the absolute development of agriculture, taking into account the existing resource potential of the agro-industrial complex and on the provision of government subsidies, preferences, and benefits.

By now, there has been an understanding that rural areas have, along with natural and human, rich cultural, social, recreational and resource potential, which gives them a multifunctional character. In this regard, rural territories act as an independent socio-territorial system and are the object of organisation and management of not only agrarian, but socio-demographic, housing, labour, production, communication, environmental protection spheres, etc. This postulate was first laid down during the development and adoption of the State Programme for Rural Revival and Development for 2005–2010, approved by Decree of the President of the Republic of Belarus of 25 March 2005 No. 150. This programme was aimed at achieving the following goals:

- sustainable socio-economic development of rural areas, contributing to the formation of the necessary conditions for the livelihoods of the population, making the rural way of life and work attractive and achieving established social standards;
- the formation of micro- and macroeconomic management systems in market conditions that ensure the development and consistent increase in the efficiency of agro-industrial production;
- ensuring national food security and increasing the export potential of the agricultural sector;
- the formation of 1481 agricultural towns on the basis of rural councils and central estates of agricultural organisations [7].

Thanks to the adoption in the last two decades of the above programme and other regulations in the field of socio-economic development of the agricultural sector and rural regions, the share of agriculture in GDP will remain 6–7 %, and its share in product exports has reached 9 %, which ensured food security and food self-sufficiency in the country. At the same time, a number of problems that hinder the revival and sustainable development of rural areas still remain unresolved. Among them, the most important is the ongoing demonstration of negative geodemographic processes caused by a general reduction in the rural population, i. e. strengthening the processes of its depopulation, increasing the rate of change in the territorial structure of rural settlement in Belarus [70]. The current state of its indicators is illustrated in table 1.

Table 1

Rural population and the structure of its settlement by regions of Belarus as of 1 January 2023

Region	Rural population, thsd people	Share of rural population, %	Total number of rural settlement, units	Number of rural settlements by category, units				Average area rural settlement, ha	Average population of rural settlement, people	Rural population density, people/km ²	Number of rural settlement without population, units
				Agricultural towns	Villages	Small villages	Farms				
Brest	370.0	19	2148	214	1883	25	26	106.5	172	11.2	75
Viciebsk	235.3	12	6183	245	5542	39	357	34.8	38	7.4	1079
Gomel	299.8	15	2249	230	1481	532	6	53.2	133	7.4	157
Grodna	229.7	11	4292	226	3675	9	382	34.1	54	9.2	395
Minsk	661.5	33	5175	307	4581	253	34	42.8	128	16.6	292
Magiliow	191.9	10	2962	204	2502	248	8	47.7	65	6.6	325
<i>Belarus</i>	<i>1988.2</i>	<i>100</i>	<i>23 009</i>	<i>1426</i>	<i>19 664</i>	<i>1106</i>	<i>813</i>	<i>46.6</i>	<i>86</i>	<i>9.5</i>	<i>2323</i>

Compared to the 2009 census data, the number of rural residents decreased by 16 %, the number of rural settlements by 458 units, and their average population decreased from 103 to 86 people. The exception was the Minsk region, where this figure increased from 122 to 128 people. In general, this led to a decrease in the density of the rural population from 12.0 people/km² in 2009 to 9.5 people/km² in 2023. As a result of the above, the territorial pattern of the rural settlement system acquired a pronounced focal character due to, on the one hand, the growth of zones of concentration of the rural population, as a rule, around medium-sized and large cities, on the other hand, the expansion of territories with a low density of rural population and the lack of residents in the former rural settlements, the number of which exceeds 2.5 thsd units.

According to the Unified Register of Administrative-Territorial and Territorial Units of the Republic of Belarus, rural settlements are divided into 4 categories: agricultural towns, villages, urban-type settlements and farmsteads, the share of which in their total number is 6.2, 85.4, 4.8, 3.6, respectively. A sharp decline in population or its absence in rural areas leads to increased processes of peripheralisation of agricultural land use, leading to an increase in intraregional territorial differentiation of agricultural production, which negatively affects its efficiency [71].

Despite the awareness of the importance and need for new approaches to the assessment, use and development prospects of rural areas, currently considered not only from the standpoint of the agro-industrial sphere, but also

as socio-economic, natural, cultural subsystems and multifunctional purposes, in Belarus there is no information about geographical boundaries and spatial localisation of such territories, supported by thematic maps.

To identify and map rural areas, the experience of their typology developed by the Organisation for Economic Cooperation and Development in relation to the states of the European Union is very constructive and useful [72]. According to the proposed typology, rural, rural-urban (transitional) and urbanised territories are distinguished. The indicators that delimit these territories are population density (in people/km²), the proportion of the population living in rural areas and the presence of population in urban settlements (in thsd people). Rural areas include areas with a population density of 150 people/km², and the proportion of the population living in rural communities is more than 50 % and does not have an urban population. Rural-urban (transitional) territories are characterised by a population density of more than 151 people/km², and the share of the population in rural communities is 15–50 %, respectively. Urbanised areas are represented by urban settlements with a population of more than 200 thsd people, and adjacent rural communities, where the share of the rural population is less than 15 %.

We used the proposed methodological approach to identify the types of such territories in Belarus, taking into account the differences in absolute geodemographic data and settlement systems in comparison with the countries of the European Union (table 2).

Table 2

Typology of rural, rural-urban and urbanised territories of Belarus and their indicators

Territory type	Population density, people/km ²	Proportion of population living in rural areas, %	The population living in the urban centre, thsd people
Rural	Less than 15	More than 50	Less than 20
Rural-urban (transitional)	15–35	Less than 50	More than 20
Urbanised	More than 35	Less than 15	More than 50

A certain difficulty is caused by the identification of rural-urban (transitional) territories, which «essentially merge together on the basis of stable and daily labour, household, trade, cultural, recreational and other types of connections» [73, p. 57], forming peculiar continuums. Based on this, it was recently proposed to identify 200 rural-urban continuums of this kind on the territory of Belarus [74]. However, its author rightly notes that in most of the continuums small urban settlements predominate, which do not differ significantly in their social standards, infrastructure, lifestyle and employment from rural settlements. Only for urban settlements exceeding 20.0 thsd population are the primary processes of agglomeration and the formation of a suburban zone, including neighbouring rural settlements, which establish rural-urban (transitional) territories, noted. As a result of the research carried out and the scientific results obtained, for the first time, a nationwide map (see fig. 2) was compiled, which shows the distribution areas and geographic localisation of rural, rural-urban and urbanised territories, the share of which in the total area of the republic is 82.1, 10.8 and 7.1 %, respectively.

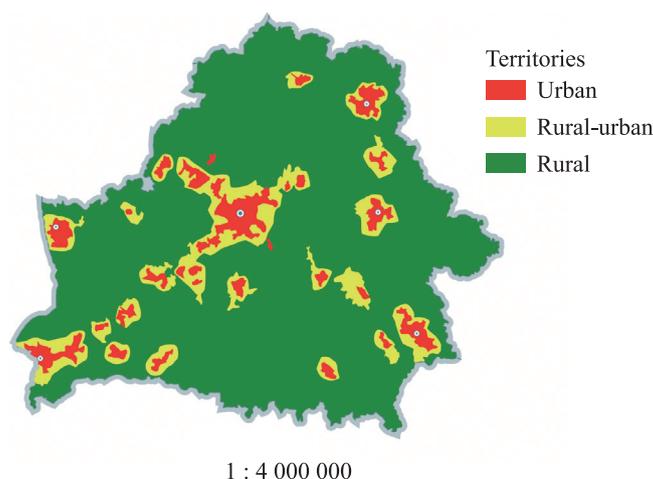


Fig. 2. Rural, rural-urban and urban areas of Belarus

As follows from the contents of the map, rural areas occupy a dominant place in the geographical space of the republic, characterised by a noticeable extent and low population density. Urbanised areas and adjacent

rural-urban areas gravitate towards large, medium-sized and, less often, small cities, geographically confined to major transport routes of international importance.

Recently, in Belarus and in countries near and far abroad, great importance has been attached to the balanced use of rural areas in the framework of achieving sustainable development goals. In this case, the main emphasis is on solving socio-economic, organisational and financial problems, diversification and stimulation of economic activity, institutional transformations, etc. [5; 16; 17; 75; 76]. However, with the transition from the previously dominant sectoral approach to sustainable development of rural areas, based on an assessment of the provision of basic resources for agricultural production to a territorial approach, the functions of such territories change dramatically. They are considered not only as a geographical space that has a certain natural, resource, and labour potential not only for agriculture, but also for the expansion of many non-agricultural types of production activities (recreational and tourism services, implementation of measures for the care and protection of landscapes, conservation of natural and cultural heritage, etc.). The emergence of new forms of management and expansion of the functions of rural areas will require an increased role and strengthening of the coordination mechanism between business entities, the rural population, and existing local governments.

The most important tool for the practical implementation of such a policy is spatial planning. It is understood as the process of substantiating, developing and proposing a system of measures of organisational-territorial, economic, social, environmental, legal and other nature, aimed at improving the territorial organisation of states, regions, administrative-territorial and territorial units, including rural areas [29; 49; 51–58; 77].

The demand for spatial planning of rural areas lies in taking into account the results of sectoral and inter-sectoral development programmes, as well as complexity in assessing their resource capabilities, social needs of the local population and environmental limitations. As is known, in Belarus there is no unified legislative system of spatial planning. The latter is carried out within the framework of urban and land management planning, regulated respectively by the Law of the Republic of Belarus «On architectural, urban planning and construction activities» and the Land Code of the Republic of Belarus. The main targets and output planning documents of these types of territorial planning are reflected in table 3.

Table 3

Hierarchical system of the main types of spatial planning in Belarus

Planning levels	Urban planning	Land planning	Landscape planning	Scales of planning maps
National	State scheme of complex territorial organisation of Belarus	General scheme for the use and protection of land resources of Belarus	Landscape programme	1 : 1 000 000, 1 : 400 000
Regional	Scheme of the integrated territorial organisation of the region, general plan of the city of Minsk, documentation for the zone of special state regulation	Regional land management scheme, regional land management scheme (use and protection of land resources), land management scheme of a specially protected natural area, zones of special state regulation	Landscaping frame programme	1 : 200 000, 1 : 50 000
Local	Scheme of the integrated territorial organisation of a district, village council (possoviet), general plan of a city, rural settlement, documentation for a zone of special state regulation	Land management scheme for a district, village council (possoviet), land management scheme for a specially protected natural area, zones of special state regulation, inter-farm land management project	Landscape plan	1 : 50 000, 1 : 10 000
Detailed	Urban development projects of detailed planning	On-farm land management project, project for the organisation and arrangement of territories of peasant (farm) farms, gardening partnerships, settlements, work projects for the reclamation of disturbed lands, protection of soils from erosion and other negative processes, improvement of agricultural lands, increasing soil fertility	Landscape architectural planning and landscaping projects	1 : 10 000, 1 : 1 000

Source: [78].

In relation to rural areas, the above types of spatial planning play a complementary role. If in urban planning the main attention is paid to the functional planning organisation of rural regions, the state, and prospects for the development of settlement systems, the placement of infrastructure facilities and ensuring environmental protection, then in land management planning attention is paid to the use, redistribution and protection of land resources, their environmental and economic assessment, environmental land use restrictions¹.

It should be recognised that during the development of spatial planning measures in rural regions, natural conditions and resources are often considered from a purely utilitarian-pragmatic position from the point of view of their maximum involvement in various types of economical use. At the same time, their environmental and environmental functions and the ecosystem services they provide are ignored. This allows us to exclude landscape planning, which is actively used in many foreign countries and is under development in Belarus [79–83]. In this context, landscape planning acts as an independent spatial planning process, which, under certain conditions and based on the assigned tasks, can be integrated with spatial planning. Some provisions of landscape planning, primarily related to nature conservation and the functional use of landscapes, are included in territorial development projects and acquire a mandatory legal nature during their implementation.

The main methodological techniques of landscape planning for the purposes of agricultural land use are: analysis of the landscape structure of land use, assessment of the potential resistance of landscapes to agricultural impacts, assessment of agricultural and economic potential and functional-ecological zoning of landscapes. In the process of landscape planning, an ecological and technological grouping of agricultural lands is developed and the effectiveness of their use and protection is determined (including the formation of working areas, crop rotation fields, placement of engineering, social and environmental infrastructure facilities, etc.).

Conclusions

In contemporary conditions in Belarus, the use of new approaches and assessment of the place, role, and directions of sustainable development of rural areas, ensuring the socio-economic, food and environmental security of the republic, is becoming increasingly relevant and in demand. In a strategic plan, they are considered not only as an agro-industrial sphere of activity, but also as a territorial system that performs a wide range of vital functions (social, demographic, cultural, recreational, environmental, resource, etc.).

During the transition from narrow sectoral (agrarian) to multifunctional use of rural areas, it is necessary to use an interdisciplinary approach to their study and the development of methodological recommendations for optimising the spatial location and interaction of their individual economic, infrastructure and environmental facilities. A key coordinating role in this can be played by geographical specialists who have the knowledge and skills of territorial organisation of rural regions, the implementation of which determines the effective and rational use of the resource potential of rural areas, prospects for their socio-economic and environmental development, as well as measures of prevention contradictions and conflicts in nature management.

References

1. Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства. *Сельские территории в пространственном развитии страны: потенциал, проблемы, перспективы. Никоновские чтения – 2019*. Москва: Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства; 2019. 452 с.
2. Ускова ТВ, Калачикова ОН, Леонидова ГВ, Ворошилов НВ, Кожевников СА, Устинова КА и др. *Постсоветские трансформации и перспективы развития сельских территорий*. Шабунова АА, редактор. Вологда: Вологодский научный центр РАН; 2021. 334 с.
3. Ворошилов НВ. Типология, проблемы и перспективы развития сельских территорий. *Проблемы развития территорий*. 2018;4:42–58.
4. Нефедова ТГ. *Десять актуальных вопросов о сельской России. Ответ географа*. Москва: URSS; 2013. 452 с.
5. Берченко НГ, Ковалевская АА, Леонович АН. Проблемы и перспективы развития сельских территорий Беларуси. *Земля Беларуси*. 2020;1:37–48.
6. Федеральное Министерство продовольствия, сельского хозяйства и защиты прав потребителей Германии. *Устойчивое развитие сельских территорий в Российской Федерации. Исследование кооперационного проекта «Германо-российский аграрно-политический диалог»*. Москва: [s. n.]; 2017. 35 с.
7. Киреенко НВ, Яковчик НС, Романюк НН, Войтко ИА, Гурачевский ВЛ, Шестаков ЮН и др. *Развитие сельских территорий Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы*. Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет; 2022. 260 с.

¹Инструкция о порядке разработки схем землеустройства районов [Электронный ресурс]: постановление Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь, 28 нояб. 2022 г., № 38 / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22239157> (дата обращения: 15.08.2024).

8. Галиновская ЕА, Пономарев МВ, Азимзода АШ, Амбурцева НИ, Боголюбов СА, Выпханова ГВ и др. *Правовые проблемы устойчивого пространственного развития государств – участников СНГ*. Галиновская ЕА, Пономарев МВ, редакторы. Москва: Инфра-М; 2022. 456 с.
9. Varowski P, editor. *Multifunctional development of rural areas: integrational experience*. Poland: Ostroleka; 2012. 168 p.
10. Gallent N, Scott M, editors. *Rural planning and development: critical concept in rural environment*. London: Routledge; 2017. 323 p.
11. Government of Ireland. *Rural development programme, 2014–2020* [Internet]. [S. l.]: Department of agriculture, food and the marine; 2018 [cited 2024 August 15]. 30 p. Available from: <https://assets.gov.ie/98006/3787e7e4-4284-4213-aea6-cb847be34481.pdf>.
12. Wilson G. The spatiality of multifunctional agriculture: a human geography perspective. *Geoforum*. 2009;40(2):269–280. DOI: 10.1016/j.geoforum.2008.12.007.
13. Torre A, editor. *Smart development for rural areas*. London: Routledge; 2021. 240 p. DOI: 10.4324/9780429354670.
14. Яцухно ВМ, Бачила СС. О многофункциональном использовании сельских территорий и роли экосистемных услуг в их развитии. В: Антипова ЕА, Безрученко АП, Дыдышко АВ, редакторы. *Социально-экономическая география в XXI веке: новые реалии и практические возможности. Материалы Международной научно-практической конференции. Научное электронное издание; 19–20 ноября 2021 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2022. с. 310–313.
15. Гусаков ВГ. Стратегия устойчивого развития сельских территорий. *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сeryя аграрных навук*. 2011;2:5–12. EDN: YHEMTN.
16. Корбут Л. Управление сельской экономикой в контексте ноосферного мировоззрения и целей устойчивого развития. *Аграрная экономика*. 2023;2:58–67. DOI: 10.29235/1818-9806-2023-2-58-67.
17. Шестаков ЮН, Сельманович ВВ, Хоровец ИГ. К вопросу об обеспечении устойчивого развития сельских территорий. В: Романюк МН, редактор. *Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК. Материалы Международной научно-практической конференции; 3–4 июня 2021 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет; 2021. с. 203–208.
18. OECD. *A new rural development paradigm for 21st century: a toolkit for developing countries*. Paris: OECD; 2016. 280 p.
19. Костяев АИ. Парадигмы и концепции развития сельских территорий. *Российский электронный научный журнал*. 2018; 3:7–35.
20. Мантино Ф. *Сельское развитие в Европе: политика, институты и действующие лица на местах с 1970-х годов до наших дней*. Храмова И, переводчик. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН; 2010. 272 с. Совместно с изданием «Sole 24 Ore».
21. Gkartzios M, Lowe P. Revisiting neo-endogenous rural development. In: Scott M, Gallent N, Gratzios M, editors. *The Routledge companion to the rural planning*. Routledge: New York; 2019. p. 159–169. DOI: 10.4324/9781315102375-17.
22. Молчанов ИН, Молчанова НП. Пространственное развитие России: управление сельскими территориями. *Аграрный вестник Урала*. 2020;2:78–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-193-2-78-8.
23. Костяев АИ. Сельские территории северо-западного Российского приграничья: проблемы и пути развития. *Балтийский регион*. 2019;11(4):93–113. DOI: 10.5922/2079-8555-2019-4-6.
24. Смирнова МА, Гвоздева ОВ, Чуксин ИВ, Ганичева АО. Устойчивое развитие сельских территорий в системе территориального планирования и пространственного развития. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021;64(5):9–12. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-5-9-12.
25. Кузьмич НП. Территориальное планирование в целях развития сельских территорий. *Наука и бизнес: пути развития*. 2021;4:157–160.
26. Агафонов АЮ, Агафонова ЕО, Гаевская ЗА, Горюнов ВС, Ефимов ВА, Рыбнов ЕИ и др. *Методы обоснования программ устойчивого развития сельских территорий*. Фролов ВИ, редактор. Москва: Министерство образования и науки РФ; 2011. 464 с.
27. Мальчинова ДС. Планирование территорий и функции сельской местности: общественно-географический анализ. *Географический вестник*. 2014;3:47–53.
28. Metternicht G. *Land use and spatial planning. Enabling sustainable management of land resources*. Charn: Springer; 2018. 116 p. DOI: 10.1007/978-3-319-71861-3.
29. Gkartzios M, Gallent N, Scott M. *Rural place and planning: stories from the global countryside*. Bristol: Policy Press; 2022. 184 p.
30. Udovč A. Rural space planning as a tool for natural resources management in Slovenia. *The Romanian Economic Journal*. 2007; 25:347–364.
31. Gallent N, Junnti M, Kidd S, Shaw D. *Introduction to rural planning*. London: Routledge; 2008. 384 p.
32. Пархомов ЕА. Методический подход к диагностике устойчивого развития сельских территорий с учетом их пространственной локализации. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2021;8:32–46. DOI: 10.26726/1812-7096-2021-8-32-46.
33. Schroter-Schlaack Ch, Albert Ch, von Haaren Ch, Hansjurgens B, Kratzig S, Albert I. *Ecosystem services in rural areas. Basis for human wellbeing and sustainable economic development. Summary for decision-makers*. Leipzig: Leibniz University Hanover; 2016. 106 p.
34. Организация Объединенных Наций. *Экономика экосистем и биоразнообразия для разработчиков местной и региональной политики*. Мальта: Прогресс Пресс; 2010. Экосистемные услуги в сельских областях и управление природными ресурсами. с. 102–129.
35. Соловьева СВ. Оценка экосистемных услуг для управления природным наследием. *Государственное управление. Электронный вестник*. 2018;69:341–357.
36. Пуляркин ВА. Стратегия подъема сельской местности в условиях слаборазвитости. В: Курский государственный педагогический университет. *География на рубеже веков: проблемы регионального развития; 22–25 сентября 1999 г.; Курск, Россия*. Курск: Курский государственный педагогический университет; 1999. с. 40–44.
37. Михайлов ЮП. Сельская местность в социально-территориальной структуре России и ее проблемы. *География и природные ресурсы*. 2000;3:5–10.
38. Мищенко ИВ. Пространственные аспекты устойчивого развития сельских территорий. *Вестник Томского государственного университета*. 2012;3:95–102.
39. Cattivelli V. Methods for the identification of urban, rural and peri-urban areas in Europe: an overview. *Journal of Urban Regeneration and Renewal*. 2021;14(3):240–246. DOI: 10.69554/NUTF5313.

40. Davondi S, Stead D. Urban-rural relationship: an introduction and brief history. *Built Environment*. 2002;28(4):269–277. DOI: 10.2307/23287748.
41. Трейвиш АИ. Сельско-городской континуум: региональное измерение. *Вопросы географии*. 2016;141:51–71.
42. Пивовар ГА, Алексеев АИ. Сельско-городские взаимосвязи на границе с Московской агломерацией. *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. 2018;6:100–103.
43. Lynch K. *Rural-urban interaction in the developing world*. London: Routledge; 2004. 224 p. DOI: 10.4324/9780203646274.
44. Copus A, Psaltopoulos D, Skuras D, Terluin I, Weingarten P. *Approaches to Rural Typology in the European Union*. Giray FH, Ratering T, editors. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2008. 112 p.
45. Шелковников СА, Макурина ЮА, Петухина МС, Афанасьева ТА. Сельские территории как объект управления социально-экономическими системами: отечественный и зарубежный опыт. *Вестник НГУЭУ*. 2022;1:52–67. DOI: 10.34020/2073-6495-2022-1-052-067.
46. Калугина ЗИ, Фадеева ОП. Новая парадигма сельского развития. *Мир России*. 2009;18(2):34–49.
47. van der Ploeg JD, van Dijk G, editors. *Beyond modernization. The impact of endogenous rural development*. Assen: Van Gorcum; 1995. 397 p.
48. Guinjon E, Badia A, Tulla AF. The new paradigm of rural development. Theoretical considerations and reconceptualization using the rural web. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 2016;71:179–204.
49. Мичурина ФЗ, Теньковская ЛИ, Мичурин СБ. *Устойчивое развитие сельских территорий*. Мичурина ФЗ, редактор. Пермь: Прокрость; 2016. 293 с.
50. Красильникова ЛЕ, Федосеева СС, Баландин ДА. *Пространственно-отраслевое развитие сельских территорий в условиях современной экономической неопределенности: анализ динамики, прогнозы*. Пермь: Прокрость; 2022. 143 с.
51. Яцухно ВМ. *Экологический менеджмент в территориальном планировании*. Минск: БГУ; 2014. 151 с.
52. Мерзлов АВ, Овчинцева ЛА, Попова ОА. *Региональный опыт разработки программ устойчивого развития сельских территорий*. Москва: Росинформагротех; 2012. 112 с.
53. Мальчинова ДС. Планирование территорий и функции сельской местности: общественно-географический анализ. *Географический вестник*. 2014;3:47–53.
54. Gallent N, Hamiduddin I, Juntti M, Kidd S, Shaw D. *Introduction to rural planning: economies, communities and landscapes*. 2nd edition. New York: Routledge; 2015. 366 p.
55. Груздев ВМ. *Территориальное планирование. Территориальные аспекты и методология пространственной организации территории*. Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет; 2014. 147 с.
56. Кузьмич ИП. Устойчивое развитие сельских территорий как элемент государственной аграрной политики. В: Кузьмич ИП, редактор. *Правовые проблемы обеспечения устойчивого развития сельских территорий и эффективного функционирования агропромышленного комплекса*. Минск: Бизнессофсет; 2013. с. 7–49.
57. Зайцева ОО. Сельские территории как объект управления: понятия, функции, типологии. *Фундаментальные исследования*. 2013;6(часть 2):416–420.
58. Горохов СА, Жукевич ГВ, Корниенко АВ, Новиков ВГ, Папцов АГ, Семенов АВ и др. *Проблемы и перспективы социально-экономического развития сельских территорий: региональный аспект*. Харитонов НМ, редактор. Москва: Агентство «Миг Диджитал»; 2021. 320 с. EDN: DIYQDI.
59. Шарыгин МД, Чупина ЛБ. Понятие «место» и его роль в пространственной организации общества. В: Субботина ТВ, Чупина ЛБ, редакторы. *Пространственная организация общества: теория, методология, практика. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, 7–11 ноября 2018 г.; Пермь, Россия*. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет; 2018. с. 119–122.
60. Гродзинский МД. *Пізнання ландшафту: місце і простір. Том 1*. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет»; 2005. 431 с.
61. Смирнягин ЛВ. Место вместо местоположения? (О сдвигах в фундаментальных понятиях географии). В: Агирречу АА, редактор. *Географическое положение и территориальные структуры: памяти Майергойза И. М.* Москва: Новый хронограф; 2012. с. 421–456.
62. Duarte F. *Space, place and territory: a critical review on spatialities*. London: Routledge; 2017. 180 p. DOI: 10.4324/9781315598888.
63. Минц АА, Преображенский ВС. Функция места и ее изменение. *Известия Академии наук СССР. Серия географическая*. 1970;6:118–131.
64. Кузьмич ИП, Саскевич ВВ. Правовые приоритеты в контексте устойчивого развития сельских территорий. В: Галиновская ЕА, Пономарев МВ, редакторы. *Правовые проблемы устойчивого пространственного развития государств – участников СНГ*. Москва: Инфра-М; 2022. с. 213–235.
65. Кузьмич ИП. Территориальное планирование в целях развития сельских территорий. *Наука и бизнес: пути развития*. 2021;4:157–160.
66. Яцухно ВМ, Мандер ЮЭ. *Формирование агроландшафтов и охрана природной среды*. Минск: Институт геологических наук Академии наук Беларуси; 1995. 122 с.
67. Eppich R, editor. *Culture heritage, landscape and rural development: good practice, methodology, policy recommendations and guidelines for rural communities*. [S. l.]: European Union; 2014. 112 p.
68. Полян П. Возрождение через столетие? Дазиметрические карты В. П. Семенова-Тян-Шанского и их перспективы в информационном поле XXI века. В: Белозеров В, Глезер О, Трейвиш А, редакторы. *Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения*. Москва: Новый хронограф; 2014. с. 144–164. EDN: UIFYIN.
69. Антипова ЕА, Розжаловец ОА. Географические сдвиги в сельском расселении Беларуси и новые подходы к картографированию этого процесса. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2023;1:57–70.
70. Антипова ЕА. *Геодемографические проблемы и территориальная структура сельского расселения Беларуси*. Минск: БГУ; 2008. 327 с.
71. Горбатовская ОН. *Механизм совершенствования территориальной дифференциации сельскохозяйственного производства Республики Беларусь в условиях развития региональной интеграции*. Киреенко НВ, редактор. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси; 2019. 223 с. EDN: UMZQOA.
72. Eurostat. *Eurostat regional yearbook, 2010*. [S. l.]: Publications Office of the European Union; 2010. Chapter 15, A revised urban-rural typology; p. 239–253. DOI: 10.2785/40203.

73. Полян ПМ, Василевский ЛИ. Системно-структурная парадигма в экономической географии. В: Белозеров В, Глезер О, Трейвиш А, редакторы. *Территориальные структуры – урбанизация – расселение: теоретические подходы и методы изучения*. Москва: Новый хронограф; 2014. с. 45–110. EDN: TAYFBZ.

74. Ридевский ГВ. Сельские и сельско-городские континуумы Беларуси и их роль в региональном развитии. *География*. 2023;1:8–20.

75. Rosner A, Stanny M. *Socio-economic development of rural areas in Poland*. Warszawa: Fundacja Europejski Fundusz Rozwoju Wsi Polskiej, Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN; 2017. 166 p. DOI: 10.53098/9788394105068.

76. Raugze I, Daly G, van Herwijnen Marjan, editors. *Shrinking rural regions in Europe. Towards smart and innovative approaches to regional development challenges in depopulating rural regions*. Luxemburg: ESPON; 2017. 14 p.

77. Дудко ГВ, редактор. *Территориальное планирование в Республике Беларусь*. Минск: ФУАинформ; 2007. 311 с.

78. Яцухно ВМ, Дудко ГВ. Ландшафтное планирование как средство экологической организации территории. В: Дудко ГВ, редактор. *Территориальное планирование в Республике Беларусь*. Минск: ФУАинформ; 2007. с. 211–222.

79. von Haaren C. *Landschaftsplanung*. Stuttgart: Ulmer Verlag; 2004. 528 S.

80. Marsh WM. *Landscape planning: environmental applications*. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons; 1991. 340 p.

81. Lindenmayer DB, Hobbs RJ, editors. *Managing and designing landscapes for conservation: moving from perspectives to principles*. Carlton: Blackwell Publishing; 2007. 608 p.

82. Miklos L, Spinerova A, Belcaková I, Offertálerova M, Miklosov V. Ecosystem services: the landscape-ecological base and examples. *Sustainability*. 2020;12(23):1–23. DOI: 10.3390/su122310167.

83. Federal Ministry of Economic Cooperation and Development. *Land use planning: concept, tools and applications*. Eschborn: German Society for International Cooperation; 2012. 268 p.

Received 17.09.2024 / revised 19.09.2024 / accepted 19.09.2024.

ИЗМЕНЕНИЯ ВЕТРОВОГО РЕЖИМА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ

И. С. ДАНИЛОВИЧ^{1), 2)}, И. В. КОСТЮЧЕНКО²⁾

¹⁾Институт природопользования НАН Беларуси,
ул. Франциска Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь

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

Аннотация. Представлены результаты исследования динамики скорости ветра в Атлантико-Европейском секторе и более детально на территории Беларуси. Показано, что снижение скорости ветра на территории страны с 1970-х гг., выявленное в работах белорусских исследователей, было синхронизировано с ослаблением ветров на большей части Европейского континента. Однако с 2010 г. наметилась тенденция увеличения скорости ветра на большинстве станций страны. Даны подтверждения, что выявленная тенденция соответствует ситуации на большей части Европы. Кроме того, тенденции изменения скорости ветра коррелируют с преобладающей фазой Северо-Атлантического колебания. Подобные изменения в динамике ветра могут быть связаны с природными факторами, такими как изменения циркуляционных условий, а также с техническими факторами. С помощью пяти статистических тестов (стандартный нормальный тест для проверки однородности, непараметрический тест Петтитта, Q-тест Буишанда, тест дальности Буишанда и тест отношения правдоподобия Буишанда) определено индивидуально по каждой метеорологической станции наличие нарушений в рядах средней годовой скорости ветра и межгодовой изменчивости. Проанализированы сведения из истории метеорологических станций о переносе метеорологических площадок, изменении закрытости горизонта и замене ветроизмерительных приборов. Проведенный анализ позволил определить станции, на которых снижение или увеличение скорости ветра может быть связано с техническим воздействием на характеристики ветра.

Ключевые слова: скорость ветра; межгодовая изменчивость; ветровой режим; однородность рядов; защищенность метеорологической площадки; перенос метеорологической площадки; ветроизмерительный прибор.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X23РНФ-122).

Образец цитирования:

Данилович ИС, Костюченко ИВ. Изменения ветрового режима на территории Беларуси и его возможные причины. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;2:51–61.
EDN: NVNACG

For citation:

Danilovich IS, Kostyuchenko IV. Changes in wind regime across the territory of Belarus and its possible causes. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:51–61. Russian.
EDN: NVNACG

Авторы:

Ирина Сергеевна Данилович – кандидат географических наук, доцент; ведущий научный сотрудник лаборатории климатических исследований¹⁾, доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики²⁾.

Ирина Вадимовна Костюченко – аспирант кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – И. С. Данилович.

Authors:

Irina S. Danilovich, PhD (geography), docent; leading researcher at the laboratory of climate research^a and associate professor at the department of general geography of the general geography and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics^b.
irina-danilovich@yandex.ru

Irina V. Kostyuchenko, postgraduate student at the department of the general geography and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics.
kostyuchenko_irina89@mail.ru

CHANGES IN WIND REGIME ACROSS THE TERRITORY OF BELARUS AND ITS POSSIBLE CAUSES

I. S. DANILOVICH^{a, b}, I. V. KOSTYUCHENKO^b

^a*Institute of Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus,
10 Francyska Skaryny Street, Minsk 220114, Belarus*

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

Corresponding author: I. V. Kostyuchenko (kostyuchenko_irina89@mail.ru)

Abstract. The article presents the results of a study of wind speed dynamics in the Atlantic-European sector and in more detail on the territory of Belarus. It is shown that the decrease in wind speed in the country since the 1970s, identified in the works of Belarusian researchers, was synchronised with the weakening of winds over most of the European continent. However, since 2010, there has been a tendency for wind speed to increase at most stations in the country. The work provides confirmation that the identified trend corresponds to the situation in most of Europe. In addition, wind speed trends correlate with the dominant phase of the North Atlantic Oscillation. Such changes in wind dynamics may be due to natural factors, such as changes in circulation conditions, as well as technical factors. Using five statistical tests (standard normal test for homogeneity, non-parametric Pettitt test, Buishand Q -test, Buishand range test and Buishand likelihood ratio test), the presence of disturbances in the series of average annual wind speed and interannual variability was determined individually for each meteorological station. Information from the history of meteorological stations on the transfer of meteorological sites, changes in horizon closure and replacement of wind measuring instruments is analysed. This made it possible to identify stations where a decrease or increase in wind speed could be associated with a technical impact on wind characteristics.

Keywords: wind speed; interannual variability; wind regime; uniformity of series; protection of the meteorological site; transfer of the meteorological site; wind measuring instrument.

Acknowledgements. The study was supported by the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (grant No. H23RNF-122).

Введение

Изменения климата в глобальном масштабе влекут за собой значительные преобразования метеорологических параметров, в том числе ветрового режима в различных регионах. Направление и величина происходящих изменений ветрового режима являются неоднородными во времени и пространстве и характеризуются значительной междекадной изменчивостью, обусловленной динамикой атмосферной циркуляции в макрорегионах.

На протяжении четырех-пяти последних десятилетий (с 1970-х гг.) скорость ветра снижалась в большинстве регионов Северного полушария, включая Северную Америку, Европу и Азию [1–3], хотя отдельные исследования указывают на изменение этой тенденции. В некоторых регионах Азии [4] снижение прекратилось после 2003 г. В Российской Арктике отмечается увеличение средней скорости ветра [5]. В бассейне Балтийского моря прогнозируется усиление скорости ветра на 5–10 % [6].

Изменение скоростного режима ветра на территории Беларуси синхронизировано с тенденциями, характерными для Европейского региона. С 1970-х гг. происходит постепенное снижение средней скорости ветра на всех метеорологических станциях и составляет 0,9–1,0 м/с. В период с 1948 по 1988 г. среднегодовая скорость ветра колебалась в пределах 3,3–3,6 м/с, а с 1989 г. она составляет от 2,5 до 2,8 м/с [7]. Но в 1990-х гг. на многих станциях снижение скорости ветра замедлилось, особенно такая тенденция характерна для южной части страны [8].

В период с 2010 по 2021 г. на некоторых станциях Беларуси произошел разворот трендов скорости ветра [9]. Положительные тренды наблюдаются в рядах среднегодовой скорости ветра с 2010 г. На метеостанции Могилёв величина линейного тренда за 12 лет составляет ~0,9 м/с, а на метеостанции Горки – 0,8 м/с. Максимальные порывы ветра в летние месяцы увеличиваются с 2000 г. В зимние месяцы на 20 станциях из 26 изучаемых также отмечены положительные тренды сезонной скорости ветра. Наибольшее положительное значение тренда было выявлено на метеостанции Гродно, оно составляет ~1,1 м/с за 12 лет [10]. Кроме того, согласно [9] ожидаются значимые изменения в ветровом режиме в количестве дней с сильным ветром.

Описанные тенденции скорости ветра на территории Беларуси зависят от динамики скоростного режима ветра в Атлантико-Европейском секторе. Это дает основание предполагать, что разворот

трендов на территории нашей страны, вероятнее всего, обусловлен изменениями в общей циркуляции атмосферы.

Однако, помимо природных факторов, например перемен в циркуляционных условиях, причиной изменения показателей ветрового режима могли стать и технические воздействия в процессе производства инструментальных измерений за характеристиками ветра. Причины нарушения однородности метеорологических рядов могут быть связаны с заменой приборной базы, переносом метеорологической площадки и, как следствие, изменением характеристик подстилающей поверхности, разгона ветрового потока, а также закрытости горизонта в окрестности станции.

В связи с неопределенностью в причинах изменения ветрового режима цель настоящей работы заключалась в установлении ведущего фактора нарушения однородности в рядах скорости ветра, среди которых изучался природный фактор – общая циркуляция атмосферы, а также техногенный фактор, включающий перенос метеорологической площадки, изменение характера окружающей местности (вырубка леса, застройка и снос строений) и изменение типов приборов, их установок или методики наблюдений.

Методика и исходные данные

Определение тенденций ветрового режима в Европейском регионе за период с 1951 по 2023 г. выполнено на основе данных реанализа ERA5 [11] о среднегодовой скорости ветра. Рассчитаны величины линейных трендов за три периода (1951–1970, 1971–2010 и 2011–2023 гг.). Выбранные периоды соответствуют преобладающим фазам Северо-Атлантического колебания, в которые существенно различаются распределение атмосферного давления в Атлантико-Европейском секторе и, соответственно, градиент, определяющий силу ветра.

Для оценки динамики ветрового режима на территории Беларуси использованы материалы Государственного климатического кадастра Республики Беларусь о наблюдениях за скоростью ветра на высоте 10 м по 39 метеорологическим станциям наблюдательной сети Белгидромета. Период обобщения охватывает временной интервал с 1950 по 2022 г. Данные наблюдений представлены средними годовыми значениями скорости ветра. Под средней скоростью понимается скорость, осредненная за 10-минутный интервал в срок наблюдений и обобщенная за сутки из 8 сроков наблюдений, далее за месяц и год¹.

Для выявления точки нарушения однородности и изменения ветрового режима вследствие технических воздействий определялись годовичные величины межгодовой разницы скорости ветра (параметр А) на каждой метеорологической станции.

В качестве дополнительной информации для выявления возможного влияния технических мероприятий использованы сведения из истории каждой метеорологической станции, представленные в [12; 13] данные по закрытости горизонта метеоплощадок по восьми румбам в соответствии с классификацией В. Ю. Милевского, а также данные о переоснащении станций приборами на протяжении периода функционирования исследуемых метеостанций.

В соответствии с принятой в настоящее время международной практикой при проверке однородности метеорологических рядов используются статистические тесты, которые позволяют определить год нарушения однородности. В настоящем исследовании были применены следующие тесты.

1. *Стандартный нормальный тест для проверки однородности (standard normal homogeneity test, SNHT)*, основанный на методе испытания на соотношение.

Ряд метеорологической величины Y_1, \dots, Y_n длиной n разбивается на две части, содержащие k и $n - k$ членов. При этом

$$T_k = k(\bar{z}_1)^2 + (n - k)\bar{z}_1^2,$$

$$\text{где } \bar{z}_1 = \frac{1}{k} \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})}{s} \text{ и } \bar{z}_2 = \frac{1}{n - k} \frac{\sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})}{s}, \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i, s^2 = \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2.$$

Если в момент K присутствует сдвиг, то функция $T(k)$ принимает максимальное значение вблизи $k = K$. Если T_{\max} выше критического значения, определяемого по длине выборки, то ряд считается неоднородным.

¹Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила проведения проверки приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях. ТКП 17.10-18-2009 (02120). Введ. 01.01.2010. Минск : Минприроды, 2009. III, 80 с.

2. *Непараметрический тест Петтитта (Pettitt test)*, основанный на двухвыборочном тесте Манна – Уитни. Ряд метеорологической величины Y_1, \dots, Y_n ранжируется, полученные ранги r_1, \dots, r_n используются при расчете статистики

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1).$$

Если присутствует сдвиг, то статистика достигает максимального или минимального значения.

3. *Тест Буишанда (Buishand test)*, основанный на скорректированных частичных суммах:

$$S(k) = \sum_{i=1}^k \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma},$$

где $\sigma = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}$.

При этом максимальное или минимальное значение $S(k)$ называется вероятной точкой изменения. Т. А. Буишанд предложил несколько способов проверки чувствительности этого теста на однородность:

- *Q-тест Буишанда (Buishand_Q)*. В этом тесте Q рассчитывается в соответствии с приведенным ниже уравнением:

$$Q = \frac{\max(S(k))}{\sqrt{n}}.$$

Критические значения статистики можно получить из таблицы Буишанда;

- *тест дальности Буишанда (Buishand_r)*. В этом методе диапазон R рассчитывается с использованием уравнения

$$R = \frac{\max(S(k)) - \min(S(k))}{\sqrt{n}}.$$

Критические значения тестовой статистики можно получить из таблицы Буишанда;

- *тест отношения правдоподобия Буишанда (Buishand_lhr)*. Статистика теста $V(k)$ рассчитывается по уравнению

$$V = \max \left(\frac{|S(k)|}{\sqrt{k(n-k)}} \right).$$

Критические значения данной тестовой статистики получаются на основе моделирования Монте-Карло.

В соответствие с [14] ряд наблюдений считается однородным, если не выполняется только один из тестов. В случае если два теста отрицают однородность, то ряд наблюдений является сомнительным. Если наличие неоднородности ряда наблюдений подтверждается большим количеством тестов, то данный ряд считается неоднородным.

Перечисленные статистические тесты применялись для рядов данных среднегодовой скорости ветра и для рядов межгодовой изменчивости средней скорости ветра (параметр А) по метеорологическим станциям Беларуси.

Результаты и их обсуждение

Результаты инструментальных наблюдений являются основой для достоверного анализа скорости ветра особенно над поверхностью морей и океанов [15]. Однако данные измерений часто зависят от местных условий, неоднородности подстилающей поверхности, увеличения шероховатости с течением времени из-за растительности и развития инфраструктуры, широкомасштабных изменений в землепользовании [16]. Многие исследователи отвергают использование инструментальных наблюдений за ветром, считая, что данные реанализов более точно отражают динамику скорости ветра.

Результаты, выполненные с применением данных реанализов метеорологических полей и касающиеся изменений или тенденций ветрового режима в Европейском регионе, сильно зависят от рассматриваемого периода и региона [17]. Изменения ветрового режима в Европе прослеживаются через связь с крупномасштабной изменчивостью атмосферы над Северной Атлантикой. Трансформацию общей циркуляции атмосферы можно проследить через динамику Северо-Атлантического колебания. С преобладающей фазой Северо-Атлантического колебания связаны положение струйных течений и траектории штормов, а также величина градиента давления в Северной Атлантике.

Многолетние тенденции Северо-Атлантического колебания в период с 1899 по 2018 г. являются непостоянными и характеризуются большой межгодовой и междекадной изменчивостью [18]. На рис. 1

представлены тенденции изменения (линейные тренды) скорости ветра в различные периоды. С середины 1960-х гг. наблюдается положительная тенденция к более зональной циркуляции, ослаблению градиента давления и, как следствие, ослаблению скорости ветра [19]. Однако после середины 1990-х гг. наметилась тенденция к отрицательным индексам Северо-Атлантического колебания [20], т. е. возрастанию разницы атмосферного давления между севером и югом и, как следствие, усилению скорости ветра. Это во многом объясняет десятилетние изменения скорости ветра на высоте 10 м в Европе с преобладанием слабых ветров зимой с 1980-х гг. и усилением скорости ветра в 1990-х гг. [21].

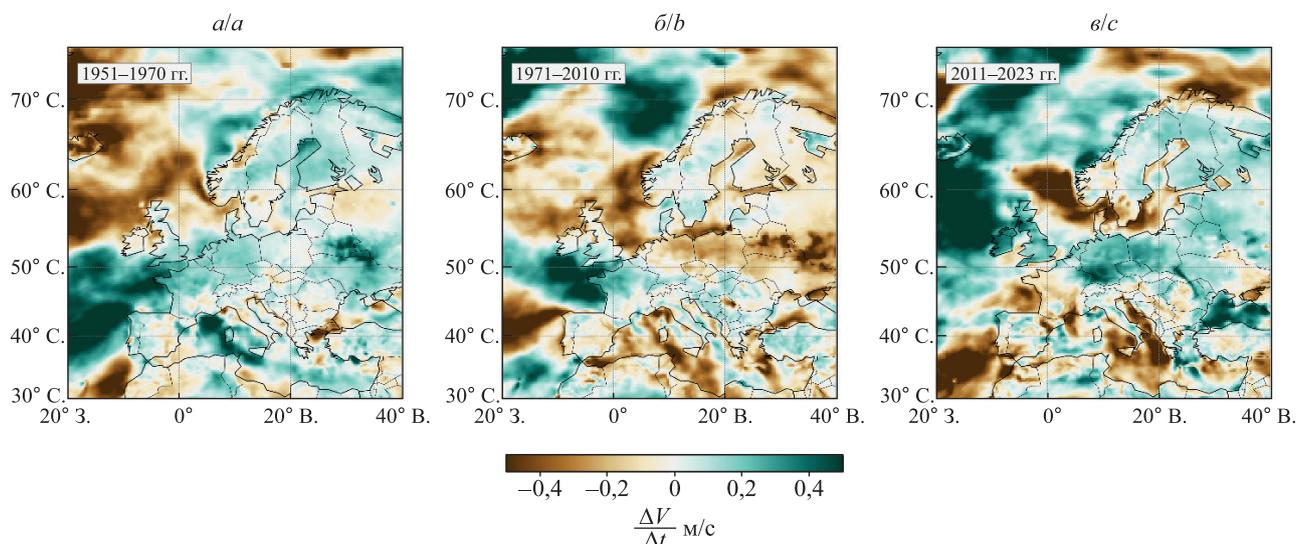


Рис. 1. Распределение линейных трендов среднегодовой скорости ветра в Атлантико-Европейском секторе, рассчитанной по данным реанализа ERA5, в периоды с 1951 по 1970 г. (а), с 1971 по 2010 г. (б), с 2011 по 2023 г. (в)

Fig. 1. Distribution of linear trends of average annual wind speed in the Atlantic-European sector calculated according to ERA5 reanalysis data in the period from 1951 to 1970 (a), from 1971 to 2010 (b), from 2011 to 2023 (c)

Ряд исследований показывают снижение скорости ветра на территории Беларуси с 1970-х гг. На рис. 2 представлена динамика среднегодовой скорости ветра по 39 метеорологическим станциям в период с 1950 по 2022 г. Тренды скорости ветра на территории Беларуси были проанализированы авторами ранее и описаны в [22], поэтому в настоящей работе мы не будем на этом останавливаться.

Проведенные тесты на однородность рядов наблюдений показали нарушение осредненной скорости ветра по всем станциям с 1981 г. Разница между двумя периодами составляет 0,9 м/с.

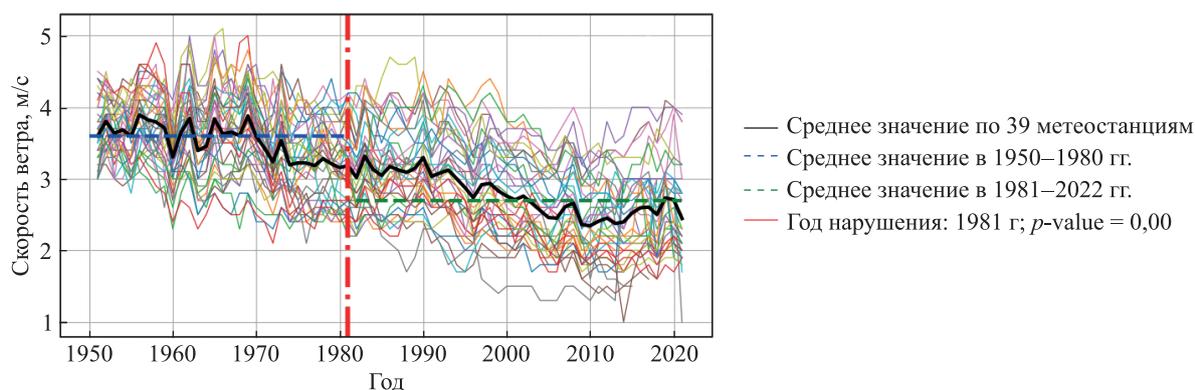


Рис. 2. Динамика среднегодовой скорости ветра по 39 метеорологическим станциям в период с 1950 по 2022 г.

Fig. 2. Dynamics of average annual wind speed at 39 meteorological stations in the period from 1950 to 2022

При анализе результатов наблюдений индивидуально по каждой станции статистические тесты показали наличие нарушений в рядах средней годовой скорости ветра в различные годы (см. таблицу).

Результаты статистических тестов на однородность рядов среднегодовой скорости ветра и межгодовой изменчивости скорости ветра по метеорологическим станциям за период с 1950 по 2022 г. и сведения о возможных причинах нарушения однородности

Results of statistical tests for the homogeneity of series of average annual wind speed and interannual variability of wind speed at meteorological stations for the period from 1950 to 2022 and information about possible reasons for violation of homogeneity

Станция	Среднегодовая скорость ветра			Межгодовая изменчивость среднегодовой скорости ветра		
	Год	$P_{\text{случ}}$	Пояснение	Год	$P_{\text{случ}}$	Пояснение
Барановичи	1986	0,00		1974	0,98	
Березино	1974	0,00		1657	0,93	
Бобруйск	2001	0,00		1970	0,91	
Борисов	1997	0,00		1961	0,79	В 1961 г. площадка перенесена на 8 км к северу
Брест	1976	0,00		1949	0,18	
Василевичи	1985	0,00		1948, 1959	0,01	В 1958–1962 гг. развернулось строительство трехэтажного здания школы в 100 м к юго-востоку от метеоплощадки. Мастерские школы закрывают всю южную часть горизонта
Верхнелвинск	1995	0,00		1961	0,38	
Вилейка	1991	0,00		1961	0,40	
Витебск	1984	0,00		1967	0,94	
Волковьяк	1972	0,00	В ноябре 1972 г. в радиусе 100–150 м от метеоплощадки в западном, северо-западном и северном направлениях развернулось интенсивное строительство пятиэтажных зданий и закончилось в 1976 г.	1963	0,98	В сентябре 1962 г. площадка перенесена на 200 м к востоко-юго-востоку на открытое место
Воложин	1985	0,00		2007	0,22	
Высокое	1982	0,00		1953, 1957	0,00	В 1957 г. установлен флюгер с тяжелой доской
Ганцевичи	1968	0,00		1947	0,00	
Гомель	1981	0,00	В 1981 г. в 100 м к западу от метеоплощадки построена котельная, а в 200–300 м к северу возведены производственные корпуса молокозавода высотой до 15 м	1970	0,66	1 января 1970 г. метеонаблюдения перенесены на 12 км к юго-западу от аэропорта, на территорию зонной обсерватории
Горки	1992	0,00		1963	0,92	
Гродно	1999	0,01		1974	1,00	
Докшицы	1977	0,00	В 1976 г. произошла смена ветроизмерительного прибора, в 1977 г. в 80–90 м к востоко-юго-востоку от метеоплощадки закончено строительство двух одноэтажных домов высотой до 6 м	1966	1,00	
Езерище	2006	0,00		1970	0,36	В 1970 г. в 130 м к юго-западу от метеоплощадки построен одноэтажный деревянный дом

Житковичи	1977	0,00	В 1976 г. произошла смена ветроизмерительного прибора	1975	0,91	В 1976 г. произошла смена ветроизмерительного прибора
Жлобин	1978	0,00	В 1977 г. произошла смена ветроизмерительного прибора, в 1978–1979 гг. в 400–500 м к северо-западу от метеоплощадки построены два дома школы механизации в три и пять этажей	1959, 2021	0,01; 0,01	В 2021 г. произошла смена основного ветроизмерительного прибора
Ивацевичи	1970	0,00		1964	0,48	
Костюковичи	2003	0,00		1999	0,76	
Лида	1979	0,00	В 1978 г. в 80 м к юго-востоку от метеоплощадки построен пятиэтажный дом, а в 60 м к юго-юго-западу возведены три пятиэтажных дома. В 1981 г. осуществлен перенос площадки	1970	0,69	В 1969–1970 гг. в 200 м к западу, юго-западу от метеоплощадки возведены двухэтажные жилые дома
Лынтупы	1995	0,00		1964	0,85	
Марьяна Горка	1979	0,00	5 сентября 1978 г. произошла смена ветроизмерительного прибора	1947, 1948	0,00; 0,00	
Минск	1974	0,00	В 1973 г. в 130–150 м от метеоплощадки построено девятиэтажное кирпичное здание	2012	0,84	
Могилёв	1956	0,00		1974	0,99	
Мозырь	1983	0,00		1971	0,24	
Новогрудок	1992	0,00	к	1989	0,86	
Орша	1984	0,00		1967	0,86	
Ошмяны	2003	0,00		1991	0,88	
Пинск	1985	0,00	В 1984 г. метеоплощадка перенесена на 6,5 км к юго-западу	1970	0,78	
Полесская	1984	0,00		1983	0,87	
Полоцк	1974	0,00		1949	0,92	
Пружаны	1971	0,00	В 1966–1976 гг. в 120 м к востоку от метеоплощадки закончено строительство первой очереди завода	1983	0,86	В 1981–1985 гг. в 250–300 м к юго-востоку от метеоплощадки построены одно- и трехэтажные административные строения
Сенно	1988	0,00		1963	0,99	В 1963 г. перенесена метеоплощадка на расстояние 100 м на восток
Славгород	1982	0,00		1973	0,87	
Слуцк	1995	0,00		1974	0,95	
Шарковщина	1979	0,00	В 1978 г. закончено строительство двухэтажных общежитий	1963	0,08	

Нарушение в рядах данных выявлено на метеостанциях Могилёв и Ганцевичи в период с 1950 по 1969 г. В период значительного ослабления средней скорости ветра (с 1970 по 1989 г.) тесты показывают нарушения в рядах данных на 25 метеорологических станциях: в период с 1970 по 1979 г. нарушения в рядах данных выявлены на метеостанциях Ивацевичи, Пружаны, Волковыск, Березино, Минск, Полоцк, Брест, Докшицы, Житковичи, Жлобин, Лида, Марьина Горка и Шарковщина; в период с 1980 по 1989 г. – на метеостанциях Гомель, Высокое, Славгород, Мозырь, Витебск, Орша, Полесская, Василевичи, Воложин, Пинск, Барановичи, Сенно.

В период стабилизации средней скорости ветра в 1990–2009 гг. нарушения в рядах данных присутствуют на 12 метеостанциях: в период с 1990 по 1999 г. нарушения в рядах данных выявлены на метеостанциях Вилейка, Горки, Новогрудок, Верхнедвинск, Лынтупы, Слуцк, Борисов, Гродно; в период с 2000 по 2009 г. – на метеостанциях Бобруйск, Костюковичи, Ошмяны, Езерище.

При анализе межгодовой изменчивости (параметр А) статистические тесты в большинстве случаев показывают отсутствие статистически значимых нарушений. Исключения составляют метеостанции Ганцевичи, Марьина Горка, Василевичи, Высокое и Жлобин. Два теста из пяти проведенных подтверждают нарушение в рядах среднегодовой скорости ветра, что позволяет считать их сомнительными. С помощью тестов SNHT и отношения правдоподобия Буишанда точкой предполагаемого нарушения для метеостанции Ганцевичи определен 1947 г., для метеостанции Марьина Горка определены 1947 и 1948 гг., для метеостанции Василевичи – 1948 и 1959 гг., для метеостанции Высокое – 1953 и 1957 гг., а для метеостанции Жлобин – 1959 и 2021 гг.

Некоторые авторы отмечают, что в случае быстрых климатических изменений статистические тесты могут показать нарушение однородности, даже если его на самом деле не было [23]. По этой причине утверждение о нарушении однородности принималось только с учетом истории метеостанции. Если итоговая точка изменения не подтверждалась историческими сведениями по техническим причинам, то выявленная неоднородность принималась за естественное изменение под влиянием общей циркуляции атмосферы.

Возможные технические причины нарушения однородности рядов. Одной из возможных причин трансформации ветрового режима может служить перенос метеорологической площадки. За период своего функционирования только на 14 станций из 39 не осуществлялся перенос метеорологических площадок. На остальных станциях площадки переносились на расстояние от 20 м до 20 км.

На шести станциях перенос осуществлялся неоднократно. Дважды переносились площадки метеостанций Витебск, Минск и Могилёв, трижды – площадки метеостанций Гомель, Гродно, Полоцк. Всего в ходе анализа были выявлены 7 станций, на данные которых мог оказать влияние перенос площадки. Однако статистическое подтверждение о нарушении получено только для ряда данных метеорологической станции Пинск. Четыре теста из пяти указывают в качестве предполагаемой точки изменения 1985 г., а непараметрический тест Петтитта – 1984 г.

На рис. 3 в качестве примера представлена динамика средней годовой скорости ветра на метеостанциях Барановичи и Пинск за период с 1950 по 2022 г. Площадка метеостанции Пинск была перенесена в 1984 г. на 6,5 км к юго-западу. Площадка метеостанции Барановичи не переносилась, она приведена для сравнения. Хорошо видно, что график средней скорости ветра метеостанции Пинск четко разделен на две части, отличающиеся своим характером изменения. Средняя скорость ветра до 1985 г. составляет 3,89 м/с, а после 1985 г. – 2,4 м/с. При этом общая тенденция к снижению средней скорости ветра в 1970-х гг. и последующая стабилизация процесса в начале 2000-х гг. прослеживаются для обеих станций.

Кроме переноса, на скоростной режим влияет изменение защищенности метеорологических площадок. В настоящее время участок местности считается открытым, если расстояние между ветроизмерительным прибором и препятствием десятикратно превышает высоту препятствия. Такое требование об удалении является минимальным, поскольку волновые возмущения воздушного потока способны распространяться на расстояние, превышающее высоту препятствия в 12–15 раз.

Достоверность измеренных характеристик ветра очень сильно зависит от защищенности метеорологических площадок. Препятствия могут существенно исказить как направление ветра, так и скорость. Оценка защищенности метеорологических площадок проводится при осмотре окружения площадки с выявлением элементов защищенности, таких как деревья, здания, холмы, их высоты, а также расстояния между метеорологической площадкой и элементом. Закрытость горизонта определяется из центра метеоплощадки по восьми румбам в соответствии с классификацией В. Ю. Милевского [24].

Площадки практически всех исследуемых метеорологических станций в течение периода работы испытывали изменения в закрытости горизонта в той или иной степени. В большинстве случаев закрытость румбов увеличивалась за счет постройки новых зданий. Строились как отдельные одноэтажные дома или хозяйственные постройки на расстояниях от 50 м и более, так и целые массивы домов высотой в 5–9 этажей. Уменьшение закрытости на станциях часто происходило в связи с вырубкой высоких деревьев в непосредственной близости от площадок или частичной вырубкой леса на некотором расстоянии от площадки. В качестве подобного примера можно привести вырубку массива леса в 200–300 м от метеостанции Пружаны в период с 1986 по 1990 г.

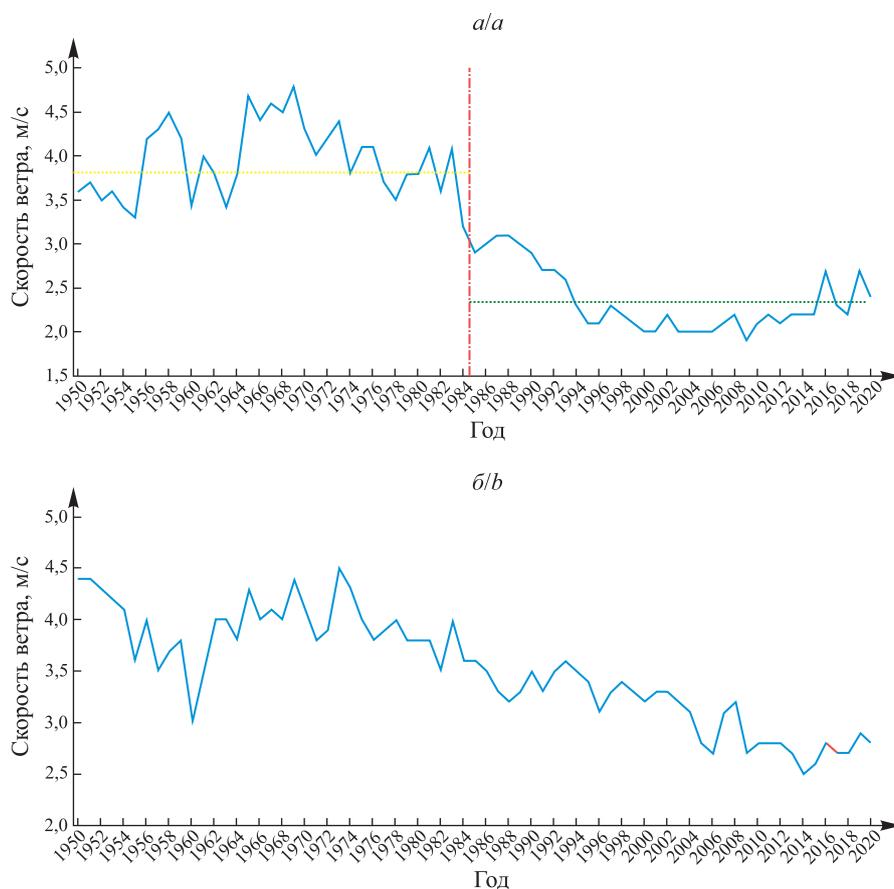


Рис. 3. Среднегодовая скорость ветра за период с 1950 по 2022 г. на метеостанциях Пинск (а) и Барановичи (б). Линией красного цвета указана точка изменения; желтая и зеленая линии показывают средние значения скорости ветра до и после изменения соответственно

Fig. 3. Average annual wind speed for period from 1950 to 2022 at weather stations Pinsk (a) and Baranavichy (b). The red line indicates the point of change; yellow and green lines indicate the average wind speeds before and after the change, respectively

Посредством статистических тестов подтверждено, что изменение защищенности могло повлиять на однородность данных среднегодовой скорости ветра на метеостанциях Волковыск, Гомель, Лида, Минск, Пружаны и Шарковщина (см. таблицу).

Замена ветроизмерительных приборов является еще одной причиной изменения характеристик скорости ветра. В ходе анализа типов приборов, используемых на метеостанциях Беларуси, а также времени их установки выявлены два периода, в которые происходило переоснащение станций. На период с 1965 по 1978 г. приходится первая волна замены приборов во всей гидрометеорологической сети Беларуси. Флюгеры с тяжелой и легкой доской были заменены на анеморумбометры М63, М63М или М63М-1 (Россия).

Вторая волна замены ветроизмерительных приборов приходится на современный период (с 2005 по 2022 г.). Метеостанции переоснащаются датчиками скорости ветра WAA151 и датчиками направления ветра WAV151, которые входят в состав АМИИС (*Vaisala*, Финляндия), а также анеморумбометрами «Пеленг СФ-03» (Беларусь).

При рассмотрении графиков средней годовой скорости ветра по станциям можно обнаружить некоторые отличия в показателях скорости ветра, измеренных по разным приборам. Эти отличия объясняются тем, что период осреднения у флюгера и анемометра неодинаков: у флюгера период осреднения составляет 2 мин, у анемометра – 10 мин. Кроме того, как показано в [25], при больших скоростях ветра показания, измеренные флюгером, систематически завышаются из-за нелинейности его шкалы. По этой причине для расчета максимальных скоростей ветра в данные о скорости ветра, измеренные флюгером, начиная с 10 м/с, вводится поправочный коэффициент. Но средняя скорость ветра может быть рассчитана без введения поправок, если она составляет менее 7 м/с.

Анализ влияния замены приборов на показатели скорости осложнялся тем, что оба периода замены датчиков приходится на период преобразования ветровых характеристик: в 1970-х гг. начинается период уменьшения среднегодовой скорости ветра, а после 2010 г. – период увеличения данной характеристики. Однако было замечено, что в 1970-х гг. ветровые характеристики изменили свою тенденцию раньше,

чем произошла смена прибора наблюдения за ветром. Аналогичная ситуация наблюдается и в последнее десятилетие: рост характеристик чаще всего начинается раньше, чем происходит переоснащение станций. Кроме того, установленные различия лучше прослеживаются в первый период замены приборов. Всего были выявлены 4 метеорологические станции из 39 проанализированных, на показатели ветрового режима которых могла повлиять замена приборов в 1970-х гг.: Докшицы, Житковичи, Жлобин и Марьина Горка.

Для второго этапа замены приборов подтверждения о нарушении в рядах наблюдений не выявлено. В качестве примера на рис. 4 приведены графики среднегодовой скорости ветра на метеостанциях Житковичи и Жлобин. Средняя скорость ветра до точки изменения на метеостанции Житковичи (1977) составляет 3,44 м/с, после – 2,31 м/с. Средняя скорость ветра до точки изменения на метеостанции Жлобин (1978) составляет 3,16 м/с, а после – 2,25 м/с.

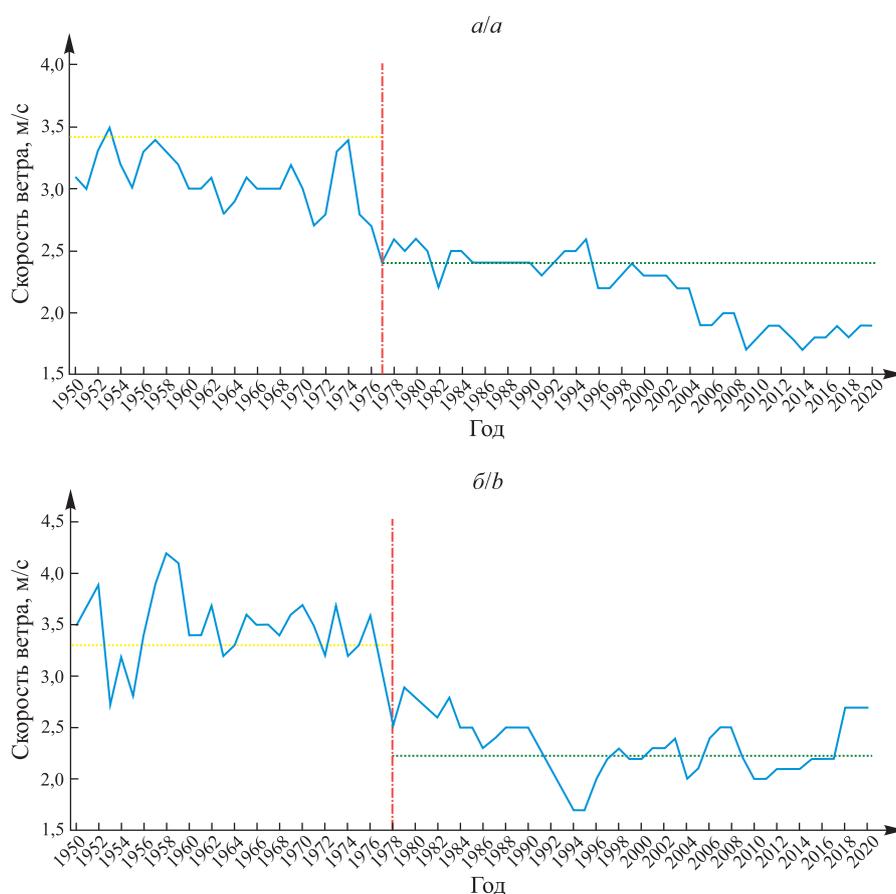


Рис. 4. Среднегодовая скорость ветра за период с 1950 по 2020 г. на метеостанциях Житковичи (а) и Жлобин (б). Линией красного цвета указана точка изменения; желтая и зеленая линии показывают средние значения скорости ветра до и после изменения соответственно

Fig. 4. Average annual wind speed for the period from 1950 to 2020 at the Zhytkavichy (a) and Zhlobin (b) weather stations. The red line indicates the point of change; yellow and green lines indicate average wind speed values before and after the change, respectively

Заклучение

Проведенный анализ тенденций изменения скорости ветра в Атлантико-Европейском секторе и более детально для территории Беларуси подтверждает гипотезу о том, что современные изменения скоростного режима ветра, наиболее вероятно, связаны с общей циркуляцией атмосферы, при этом сложное сочетание природного и техногенного факторов в изменении скорости ветра не исключается.

Снижение скорости ветра на территории Беларуси с 1970-х гг. коррелирует с отрицательными трендами скорости ветра на территории Европы. Это связано с преобладающей положительной фазой Северо-Атлантического колебания и, как следствие, ослаблением градиента атмосферного давления, определяющего силу ветра. Стабилизация с 1990-х гг. и наметившиеся тенденции увеличения скорости ветра с 2010 г. на большей половине станций Беларуси особенно в летний период синхронизированы с положительными трендами скорости ветра на большей части Европейского континента. Выделенные периоды подтверждаются применением статистических методов, указывающих на нарушение однородности в рядах скорости ветра на территории Беларуси.

Проведенное исследование на наличие технических воздействий в эти периоды позволило исключить из анализа станции, на которых снижение или увеличение скорости ветра может быть связано с заменой приборов, строительством в окрестностях станции и переносом площадки.

Таким образом, изменение скоростного режима на территории Беларуси связано с комплексным влиянием природных и техногенных факторов, в первую очередь с общей циркуляцией атмосферы, и техническими мероприятиями на некоторых станциях. Но установленные тренды снижения и последующего роста скорости ветра синхронизированы с макрорегиональными тенденциями в Европе, где ведущая роль принадлежит динамике атмосферной циркуляции.

Библиографические ссылки

1. Tian Q, Huang G, Hu K, Niyogi D. Observed and global climate model based changes in wind power potential over the Northern Hemisphere during 1979–2016. *Energy*. 2019;167:1224–1235. DOI: 10.1016/j.energy.2018.11.027.
2. The BACC II Author Team. *Second assessment of climate change for the Baltic Sea basin*. Cham: Springer; 2015. XXXVIII, 501 p. (Bolle H-J, Menenti M, Ichtiague Rasool S, editors. Regional climate studies). DOI: 10.1007/978-3-319-16006-1.
3. Ministry of Environment of the Republic of Latvia. *Fourth national communication of the Republic of Latvia to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Riga: Ministry of the Environment of the Republic of Latvia; 2006. 160 p.
4. Kim J, Paik K. Recent recovery of surface wind speed after decadal decrease: a focus on South Korea. *Climate Dynamics*. 2015;45(5–6):1699–1712. DOI: 10.1007/s00382-015-2546-9.
5. Platonov V, Kozlov F, Boiko A. Extreme wind speed long-term trends evaluation in the Russian Arctic based on the COSMO-CLM 36-years hindcast. *Environmental Sciences Proceedings*. 2023;27(1):6. DOI: 10.3390/ecas2023-15126.
6. Nikulin G, Kjellström E, Hansson U, Strandberg G, Ullerstig A. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 2011;63(1):41–55. DOI: 10.1111/j.1600-0870.2010.00466.x.
7. Камлюк ГГ. Оценка ветроэнергетических ресурсов Республики Беларусь в условиях изменения климата. В: Пирожник ИИ, Антипова ЕА, Власов БП, Витченко АН, Клебанович НВ, Смоляков ГС и др., редакторы. *Географические науки в обеспечении стратегии устойчивого развития в условиях глобализации (к 100-летию со дня рождения профессора Н. Т. Романовского). Материалы Международной научно-практической конференции; 25–28 октября 2012 г.; Минск, Беларусь*. Минск: Издательский центр БГУ; 2012. с. 280–282.
8. Логинов ВФ, Лысенко СА, Мельник ВИ. *Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования*. 2-е издание. Минск: Энциклопедикс; 2020. 263 с.
9. Данилович ИС, Логинов ВФ. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси. *Центральноазиатский журнал географических исследований*. 2021;1–2:35–48.
10. Данилович ИС, Костюченко ИВ. Трансформация ветрового режима на территории Беларуси в условиях изменяющегося климата. *Географія*. 2023;2:8–16.
11. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Hirahara S, Horányi A, Muñoz-Sabater J, et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2020;146(730):1999–2049. DOI: 10.1002/qj.3803.
12. Гольдберг МА, редактор. *История и физико-географическое описание гидрометеорологических станций Беларуси*. Минск: Белгидромет; 2003. 76 с.
13. Кобышева НВ, Стадник ВВ, Ключева МВ, Пигольцина ГБ, Акентьева ЕМ, Галюк ЛП и др. *Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами*. Кобышева НВ, редактор. Санкт-Петербург: [б. и.]; 2008. 336 с.
14. Woodruff SD, Worley SJ, Lubker SJ, Ji Z, Freeman JE, Berry DI, et al. ICOADS release 2.5: extensions and enhancements to the surface marine meteorological archive. *International Journal of Climatology*. 2011;31(7):951–967. DOI: 10.1002/joc.2103.
15. Vautard R, Cattiaux J, Yiou P, Thépaut J-N, Ciais P. Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness. *Nature Geoscience*. 2010;3(11):756–761. DOI: 10.1038/ngeo979.
16. Feser F, Krueger O, Woth K, van Garderen L. North Atlantic winter storm activity in modern reanalyses and pressure-based observations. *Journal of Climatology*. 2021;34(7):2411–2428. DOI: 10.1175/JCLI-D-20-0529.1.
17. Rutgersson A, Kjellström E, Naapala J, Stendel M, Danilovich I, Drews M, et al. Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region. *Earth System Dynamics*. 2022;13(1):251–301. DOI: 10.5194/esd-13-251-2022.
18. Gillett NP, Fyfe JC. Annular mode changes in the CMIP5 simulations. *Geophysical Research Letters*. 2013;40(6):1189–1193. DOI: 10.1002/grl.50249.
19. Sousa PM, Trigo RM, Barriopedro D, Soares PMM, Ramos AM, Liberato MLR. Responses of European precipitation distributions and regimes to different blocking locations. *Climate Dynamics*. 2017;48(3–4):1141–1160. DOI: 10.1007/s00382-016-3132-5.
20. Laurila TK, Sinclair VA, Gregow H. Climatology, variability, and trends in near-surface wind speeds over the North Atlantic and Europe during 1979–2018 based on ERA5. *International Journal of Climatology*. 2021;41(4):2253–2278. DOI: 10.1002/joc.6957.
21. Костюченко ИВ, Данилович ИС. Оценка трендов скорости ветра на территории Беларуси на современном этапе. В: Лопух ПС, Гледко ЮА, Логинова ЕВ, редакторы. *Фундаментальные и прикладные исследования в гидрометеорологии. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры общего землеведения и гидрометеорологии Белорусского государственного университета; 11–13 октября 2023 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2023. с. 494–498.
22. Демин ВИ, Иванов БВ. Проверка климатической однородности рядов температуры воздуха в Баренцбурге (Шпицберген). В: Войтеховский ЮЛ, редактор. *Математические исследования в естественных науках. Труды XVI Всероссийской научной школы; 22 октября 2019 г.; Апатиты, Россия*. Апатиты: [б. и.]; 2019. с. 134–150.
23. Милевский ВЮ. Методика исследования скоростных роз и скоростных роз-диаграмм ветра. *Труды Главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова*. 1960;113:57–70.
24. Млявая ГВ. *Пространственно-временная характеристика ветрового режима на территории Республики Молдова [диссертация]*. Кишинев: [б. и.]; 2016. 143 с.

Получена 20.05.2024 / исправлена 05.09.2024 / принята 18.09.2024.
Received 20.05.2024 / revised 05.09.2024 / accepted 18.09.2024.

УДК 911.37

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИГРАЦИИ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ НАСЕЛЕНИЯ В АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ НА ПРИМЕРЕ ГУБА-ХАЧМАЗСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА

Т. Ш. БАЙРАМОВ¹⁾

¹⁾Институт географии им. академика Гасана Алиева, пр. Г. Джавида, 115,
AZ1143, г. Баку, Азербайджан

Аннотация. Рассчитаны показатели миграции в Губа-Хачмазском экономическом районе за 2000–2022 гг., а также проведена оценка влияния миграции на социально-экономическое положение населения. На основе индекса экономического развития хозяйства сравниваются показатели миграции в Гусарском, Хачмазском, Губинском, Шабранском и Сиязанском административных районах. Проанализированы литературные материалы. Установлено, что Губа-Хачмазский экономический район занимает выгодное географическое положение, обладает хорошими запасами нефти и природного газа, имеет условия для развития садоводства, овощеводства, зерноводства, животноводства и функционирования предприятий по переработке пищевых продуктов. Однако сложности переходного периода и проблемы с производством сельскохозяйственной продукции, работой перерабатывающих предприятий, оказанием услуг населению негативно отразились на переселении населения и усилили интенсивность внутренней миграции. Определено, что административный район с наибольшим количеством мигрантов считается привлекательным для трудоспособных мигрантов. Однако усиленная комплексная поддержка экономики изучаемого региона окажет положительное влияние на социально-экономическое положение и уровень жизни населения и, следовательно, позволит предотвратить миграцию трудовых ресурсов.

Ключевые слова: уровень миграции; экономический район; населенные пункты; население.

Благодарность. Автор выражает благодарность анонимным рецензентам журнала за ценные предложения, которые помогли улучшить теоретическую часть статьи.

ASSESSMENT OF THE MIGRATION IMPACT ON THE SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS OF THE POPULATION IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN USING THE EXAMPLE OF THE GUBA-KHACHMAZ ECONOMIC REGION

T. Sh. BAYRAMOV^a

^aInstitute of Geography named after Academician Hasan Aliyev,
115 H. Javid Avenue, Baku AZ1143, Azerbaijan

Abstract. In the article, the migration rate of the territory was calculated in the Guba-Khachmaz economic region during the years 2000–2022 as well as the impact on the socio-economic conditions of the population was evaluated. The migration rate of Gusar, Khachmaz, Guba, Shabran and Siyazan administrative districts, which are included in the economic region, is

Образец цитирования:

Байрамов Т.Ш. Оценка влияния миграции на социально-экономическое положение населения в Азербайджанской Республике на примере Губа-Хачмазского экономического района. Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2024;2:62–71 (на англ.). EDN: RJPUAC

For citation:

Bayramov TSh. Assessment of the migration impact on the socio-economic conditions of the population in the Republic of Azerbaijan using the example of the Guba-Khachmaz economic region. Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology. 2024;2:62–71. EDN: RJPUAC

Автор:

Турал Шахбаз Байрамов – аспирант отдела географии и демографии населения.

Author:

Tural Shahbaz Bayramov, postgraduate student at the department of demography and population geography. bayramovtural777@mail.ru

compared based on the economic development index of the farm. In addition, literature materials were analysed. As a result of the study, it turned out that occupying a favourable geographical position, the economic region has good reserves of oil and natural gas, has conditions for the development of fruit growing, vegetable growing, grain growing, animal husbandry and food processing enterprises. However, due to the difficulties of the transition period, problems with the production of agricultural products, the work of processing enterprises, the provision of services to the population negatively affected the resettlement of the population and increased the intensity of internal migration. Calculations were made and it was determined that the administrative district with the highest number of migrants is considered attractive for working-age migrants. Also, if comprehensive support for the development of the economy in the economic region is increased, it will prevent the migration of labour resources by having a positive effect on the socio-economic conditions and living standards of the population.

Keywords: migration rate; economic district; settlements.

Acknowledgements. The author is grateful to the anonymous reviewers of the journal for their valuable suggestions that helped to improve the theoretical part of the paper.

Introduction

As in other regions of our republic, in the Guba-Khachmaz economic region in the early 1990s, due to the difficulties of the transition period, the able-bodied population had to leave rural and urban areas. Thus, the active participation of labour resources in the migration processes in the economic region had a negative impact on the demographic indicators of the population and the level of natural growth.

In the Guba-Khachmaz economic region, the working population living in urban and rural areas face difficulties in finding permanent jobs according to their qualifications, the lack of labour-intensive areas, and the low level of areas serving the population have led to the intensity of migration. Also, it is very difficult to communicate with the villages located in the remote mountainous areas of the economic region, in an unfavourable transport-geographic position, especially in the autumn and winter months. This had a negative impact on the social conditions of the population living in those areas and created difficulties in providing employment for the labour-intensive population, causing them to leave their settlements.

With the aim of increasing the socio-economic development of the population within the framework of the regional socio-economic development state programmes (2004–2008, 2009–2013 and 2014–2018) in the economic region, new jobs and permanent jobs are created in city and district centres. As a result, since the main industrial areas and agricultural processing enterprises are located in the urban centres, the labour-saving population is more concentrated there, and this has led to the migration of the population living in the villages to the regional centres, neighbouring regions or other cities.

The socio-economic relations between the city and the village in the economic region and the active mechanical movement of the population living here had a positive effect on the development of rural-urban settlements. The growing demand for agricultural products in urban areas has led to further expansion of these relations. In addition, the supply of agricultural products in urban areas, and the increase of infrastructure and employment in rural areas will have a positive effect on the settlement of the population, its demographic development, and will also regulate the migration of the able-bodied population.

The diversity of the relief of the Guba-Khachmaz economic region has had a different effect on the appropriation and settlement of the area. The specialisation of the economic region with agricultural fields and the proximity of industrially important processing enterprises to the sources of raw materials had a positive effect on the demographic development of the population.

Also, the fact that the economic region is a tourism and recreation zone, the creation of tourist routes and places of rest, the flow of local and foreign tourists to the region have led to an increase in the area's attractiveness. The development of tourism in the region will have a positive effect on the improvement of the socio-economic conditions of the population and the prevention of the migration of the able-bodied population to the outskirts.

For the future socio-economic and demographic development of the region, it is important to create a network of new facilities for the development of agricultural products, including light industry and social services.

Thus, in the Guba-Khachmaz economic region, the impact of the migration rate on the socio-economic conditions of the population was evaluated, the migration processes were analysed, and proposals and recommendations were made for their regulation.

Literature review

In order to achieve the dynamic growth of the economy in the region, special attention is paid to the development of non-material areas as well as material production areas. Proper placement of social infrastructure areas in individual regions of Guba-Khachmaz economic region is one of the most important issues. For many years, since the territorial organisation of social infrastructure in the regions was not carried out properly, the

settlement of the population in rural areas decreased and their migration to neighbouring cities and foreign countries intensified [1].

As in the whole world, there is a migration problem in Azerbaijan. Despite the fact that the migration process is familiar to everyone, it is observed that there are still no unified approaches in the direction of its prevention, understanding the complexity of managing this process. In addition, the poor connection of the rural population living in the mountainous regions of Azerbaijan with the district centres, the lack of timely delivery of services to the population, the sparseness of houses in remote mountain villages, their unplanned construction and sometimes their small size have led to the migration of the rural population [2].

The course of migration in individual regions of Azerbaijan is primarily determined by the natural growth of the population, the natural and geographical conditions of the area, the level of socio-economic development, the structure of the economy, development prospects, the level of employment of labour resources and other related to factors. Population migration is weak in the regions where the mentioned factors are favourable for population living [3].

The low level of economic and socio-cultural base in the regions of our republic is the main factor determining the direction of migration flows. The low level of job security, housing conditions and socio-cultural services of the working-age population has a serious impact on migration processes. In addition, the weak socio-economic base of the population living in mountainous regions has had a negative impact on its demographic development. Due to the intensive flow of migration in rural areas, the demographic potential here has weakened [4].

It is important to regulate migration in different regions of Azerbaijan, to prevent the flow of the working population and qualified personnel abroad, and to regulate these processes, to create new jobs, and to improve housing conditions. At the same time, it is required to implement these measures on a larger scale in mountainous regions. Thus, it is necessary to constantly keep in mind the socio-economic conditions of the population living in mountainous regions [5].

Migration is one of the processes that determine the demographic development characteristics of the country and its regions with different levels of development, and the standard of the population living. The formation of the migration intensity of the population living in other regions of the republic is an integral part of the processes in the country. Thus, the economic and political crisis that occurred in the first years of independence had a negative effect on the demographic indicators of the population in the regions of the republic and accelerated its migration [6].

Although migration has had a weak impact on densely populated urban lifestyles, it has had a significant negative impact on the social conditions of sparsely populated rural areas. Nevertheless, migration movements between large cities or between regions continued to occur frequently [7].

Historically, it has been observed that migration processes act as the cause of economic crises, ethnic conflicts, social tensions and explosions. The frequent occurrence of wars and ethnic conflicts has led to an increase in the number of migrations [8].

One of the main demographic consequences of population migration is the disruption of its gender and age composition. Since most of the migrants are men, their number increases among the population, and great difficulties arise in the conditions of starting a family. This has had a negative impact on the demographic indicators of the rural population living in the mountainous regions of our republic [9].

The study of migration processes and the investigation of the reasons influencing the active participation of the population in migration is one of the main topics discussed in the world. Favourable natural and geographical conditions of the area, safe future, many jobs and increasing demand for labour resources, strong socio-economic base of the country are the reasons that attract migrants. In those regions where the socio-economic conditions of the population and service areas are high, it leads to an increase in the attractiveness of settlements and more population [10].

The growth of the urban population was influenced by the level of natural growth, the flow of migration from village to city and the weak socio-economic conditions in rural areas and the poor infrastructure that serves the population. Three-fifths of the increase in urban urbanisation in the world is due to rural-urban migration. Lack of jobs in rural areas and insufficient socio-economic conditions of the population have led to the expansion of urban urbanisation, increasing the flow of population from village to city. Accordingly, the natural growth level of urban population and the number of able-bodied people have increased sharply. In fact, the natural increase in urban population in developing countries is not much lower than the natural increase in rural population. Also, the increase in rural-urban migration has led to changes in the demographic composition of the population in rural areas [11].

The increase in the population in urban areas and, accordingly, the excessive expansion of their territory are associated with an increase in rural-urban migration. Thus, the systematic construction of infrastructure in urban centres and the large number of jobs have accelerated the migration of the population. Also, such an increase in the urban population is due to mechanical growth, not natural growth [12].

The mechanical movement of the world's population from one place to another has taken place under the influence of natural, political, military and economic factors, and in one way or another has affected the settlement of the population. Thus, slave commerce was encouraged, about 12 mln people being brought from Africa. Later on, the XIX and XX centuries brought along a revival of the migration towards the American continent, this time the immigrants coming mostly from Western Europe. They were representatives of the poor class, travelling to New World in seek of a better life [13].

The return of many migrants is associated with deteriorating economic conditions in their destinations and a desire to return and land. Analysing the social survey of migrant participants, we see that the majority of returnees are from rural areas. In developing countries, rural-to-rural migration is more prevalent than rural-to-urban migration. This trend is often observed in low-income countries. It also depends on the socio-economic conditions of the population living in rural areas [14].

The developed region has a positive impact on other nearby settlements. Also, the administrative district with a strong economic base plays a very important role in the socio-economic conditions of the rural population, the development of different areas of agriculture and the improvement of rural infrastructure. Residents living in villages close to district centres earn higher sales by producing more agricultural products to meet the needs of urban populations. These factors have a positive effect on the social conditions of the population living in rural areas, thus contributing to the survival of the population. If the administrative district, which plays a central role, is poorly developed economically, it will have a negative impact on rural settlement and increase migration [15].

Due to the establishment of industrial enterprises in urban centres, the able-bodied population is concentrated here, which has led to the expansion of the territory of cities in the horizontal and vertical directions. The expansion and transformation of urban areas is a dynamic and complex socio-economic phenomenon due to natural and anthropogenic factors. Accordingly, the increase in population density in urban settlements has led to socio-economic difficulties and demographic problems. Also, the increase in the number of jobs in urban centres and the provision of modern infrastructure are the main factors influencing the expansion of urbanisation [16].

The rapid or slow growth of cities has a direct impact on the socio-economic conditions of the population. In slow-growing cities, housing prices are falling. In fast-growing cities, housing prices are also high and a number of problems in providing housing for low-income families, lead to migration to other cities or regions. Therefore, the sale of apartments at low prices will allow relatively low-income families to make the most of these opportunities. Such slow growth of cities has a positive effect on the growth of its economic power [17].

Materials and methods

Study area. In the presented article, the Guba-Khachmaz economic region and its Gusar, Khachmaz, Guba, Shabran and Siyazan administrative districts were selected as the research object (fig. 1).

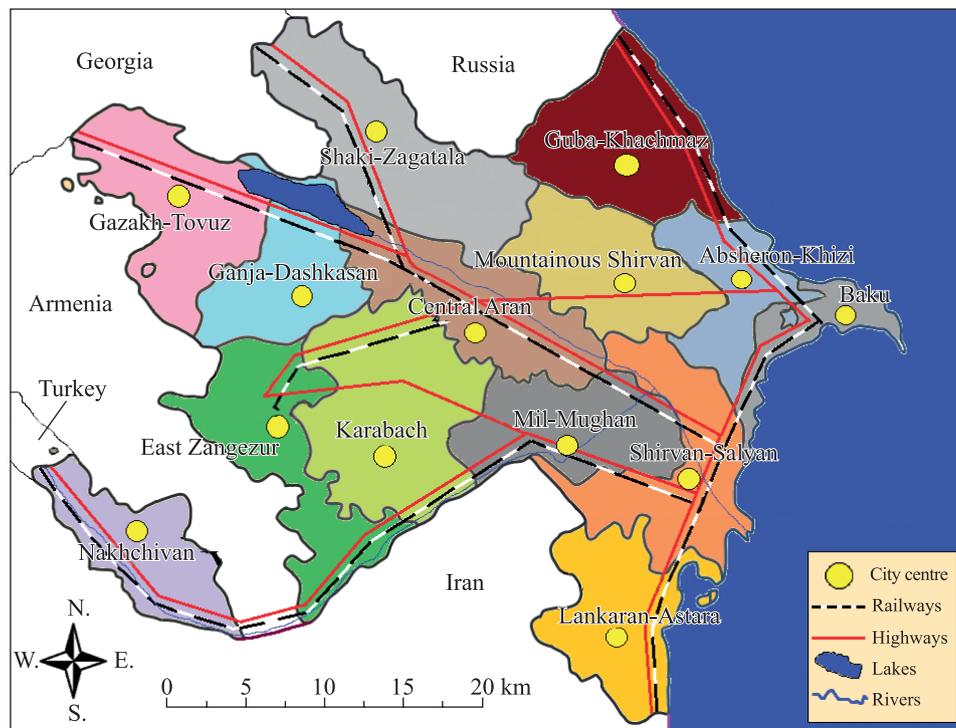


Fig. 1. Economic regions of Azerbaijan (prepared in ArcGIS (version 10.3))

Methods. The works of scientists and researchers of Azerbaijan on the socio-economic and demographic development of the regions as well as the information of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan were statistics used.

Statistical, comparative analysis, cartographic methods were used in the research.

In order to assess the impact of the migration rate on the socio-economic conditions of the population in the economic region, using the area migration rate formula proposed by M. Gonzalez-Leonardo and his colleagues more favourable settlements for population settlement in the economic region were determined [7]:

$$K_n = \frac{N}{P} \cdot 1000.$$

Here, K_n is the netto-migration rate of the area, N is the number of migrants, P is the average population size (in people).

Using the area migration rate formula we tentatively divided the administrative districts into three groups in the economic region:

- due to the low level of migration rate (less 2.0);
- according to the average level of the migration rate (2.0–4.0);
- due to the high level of the migration rate (over 4.0).

In addition, in order to assess the economic situation in the economic region, we conducted the analysis using the formula for evaluating the area according to the economic development index proposed by D. L. Lopatnikov and A. I. Esterov [18]:

$$I = \frac{V}{\sqrt{P \cdot S}}.$$

Here, I is the economic development index of the area (in conventional unit), V is the total product (in terms of price), P is the average population size (in people), S is the area of territory (in km²). If the economic index coefficient of the area is high in any region, the number of people migrating to that area is also high.

As well as, by using D. L. Lopatnikov and A. I. Esterov's economic development index formula, we conditionally divided the administrative districts into the following types according to the economic development dynamics of the area in the economic region:

- due to the very low level of the economic index (less 19.0);
- due to the low level of the economic index (19.0–29.0);
- according to the average level of the economic index (29.1–39.0);
- due to the high level of the economic index (over 39.0).

Results and discussion

Thus, the presence of labour-intensive areas in the region, the opening of new jobs, the increase in the demand for labour resources and the improvement of the socio-economic conditions of the population lead to an increase in the attractiveness of the area for migrants.

The strong socio-economic base of the population in the region and the increase in the number of permanent jobs with high income lead to the migration of the able-bodied population to those areas.

Figure 2 shows the migration rate of the area in Guba-Khachmaz economic region in 2022. Using the demographic and statistical indicators of Azerbaijan and the migration rate formula, we calculated in our research area and determined that in 2022, the highest indicator of the migration rate of the area was observed in Siyazan administrative district. The location of the administrative district close to the Absheron gorge, on the Azerbaijan – Russia transport corridor and the location of the largest poultry industry enterprise of our country (open joint stock company «Siyazan Broiler») has had a positive effect on the socio-economic conditions of the working population. In addition, the lowest indicator in the economic region was recorded in Guba and Gusar administrative districts. The migration rate was 1.8 and 1.5, respectively.

As can be seen from the map (fig. 3), the economy index of the area continued with an increasing trend in the economic region during 2003–2022. Also, a high indicator of the economic index was observed in Khachmaz administrative district. Thus, in 2003, the economic index in Khachmaz administrative district was 5.2, and in 2009, it increased 4 times and became 23.1. In the Guba-Khachmaz economic region, the economic index for 2022 was 35.8.

In addition, in 2022, the economic index coefficient of the area in the Khachmaz administrative district was 62.8, and it was 1.7 times higher than the indicator of the economic region. Also, the economic index coefficient of the area was 34.6 in Guba administrative district, and 28.8 in Gusar administrative district. The lowest indicator was recorded in Shabran administrative district and was 17.9.

Table 1

The number of workplaces in Guba-Khachmaz economic region in 2009–2022

District	2009–2013		2014–2018		2019–2022	
	Quantity	Share, %	Quantity	Share, %	Quantity	Share, %
Gusar	7934	30.6	6523	18.4	1645	17.9
Khachmaz	7616	29.4	10 343	29.2	2615	28.5
Guba	7017	27.1	10 483	29.6	4027	43.9
Shabran	2528	9.8	5366	15.2	478	5.2
Siyazan	813	3.1	2682	7.6	406	4.5
<i>Total</i>	<i>25 908</i>	<i>100</i>	<i>35 397</i>	<i>100</i>	<i>9171</i>	<i>100</i>

Table 1 shows the number and share of permanent jobs opened in the economic region by individual years. In 2009–2013, the largest number of jobs opened in the territory was registered in Gusar and Khachmaz administrative districts. The number of permanent jobs was 7934 and 7616, respectively. During 2014–2018, the largest number of jobs was observed in Guba and Khachmaz administrative districts (10 483 and 10 343, respectively).

The number of permanent jobs opened in the Guba-Khachmaz economic region was 25 908 in 2009–2013, and 35 397 in 2014–2018 (1.4 times more than the previous indicator).

Within the framework of the 2014–2018 state programmes, work was continued with the aim of improving the living conditions of the population in the economic region and preventing migration. Thus, repair works have been completed on the state border highway and 14 km road with the Gendob – Khachmaz – Yalama – Russia. Improvement of water supply of irrigated lands in Shabran and Siyazan administrative districts has been ensured.

During 2019–2022, the largest number of jobs opened in Guba and Khachmaz administrative districts were 43.9 and 28.5 %, respectively. The presence of favourable natural conditions and specialised agricultural fields in the region, and the abundance of raw material reserves lead to the opening of new jobs. At the same time, the provision of jobs to the working-age population will prevent the migration of the population living in the region to the outskirts.

Within the framework of the state programmes, the total number of industrial enterprises operating in Guba-Khachmaz economic region has been increased to 454. In addition, the number of new jobs was 35 397, and the number of permanent jobs was 30 429. In the economic and geographical region, the average monthly nominal salary for 5 years was 1561.3 manats, the number of unemployed people who received the status was 5455.0, and the average monthly salary of employees was 2272.2 manats [19].

As can be seen from table 2, in 2000, the migration rate of the territory was equal to 1 in the economic region. The highest indicator of the migration rate was observed in Guba administrative district (2.4), and the lowest indicator was observed in Gusar administrative district (0.2).

Also, during the following years, different indicators were recorded for administrative district. Thus, in 2020, the high indicators of the migration rate were 4.2 in Siyazan, 2.6 in Shabran and 2.2 in Khachmaz administrative districts. Also, population migration increases were 173, 149 and 371 people, respectively.

As can be seen from the fig. 4, the number of new jobs opened in the Guba-Khachmaz economic region is shown for 2005–2022. The number of new jobs opened in the economic region in 2005 was 9145. The increase in the number of jobs has a positive effect on the socio-economic conditions of the labour-conscious population living in the region. Nevertheless, as can be seen from the fig. 4, the number of jobs decreased gradually in the following years.

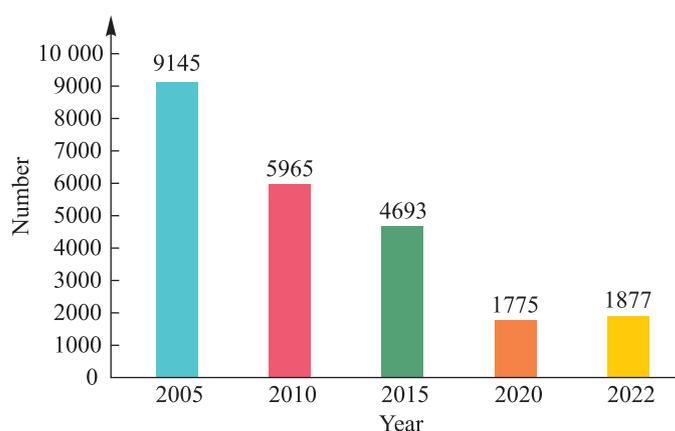


Fig. 4. The number of new opened workplaces in Guba-Khachmaz economic region in 2005–2022 (prepared on the data of statistical reports of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan)

Table 2

The population migration rate
in Guba-Khachmaz economic region in 2000–2022

District	2000			2005			2010		
	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰
Gusar	-21	82.2	0.2	-546	85.3	6.4	-72	88.8	0.8
Khachmaz	-59	146.3	0.4	-466	153.7	3.0	-244	161.2	1.5
Guba	-332	138.4	2.4	407	144.9	2.8	-110	154.6	0.7
Shabran	-72	46.6	1.5	-307	49	6.3	26	52.6	0.5
Siyazan	42	33.9	1.2	-17	36	0.5	-30	38.1	0.8
<i>Total</i>	-442	447.5	1.0	-929	469	2.0	-430	495.4	0.9

District	2015			2020			2022		
	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰	Migration growth, in people	The number of population average, in people	Migration rate, ‰
Gusar	172	94.4	1.8	35	100.1	0.3	150	101.3	1.5
Khachmaz	-315	172.1	1.8	371	170.4	2.2	462	172.8	2.7
Guba	159	165.0	1.0	260	165.8	1.6	301	168.3	1.8
Shabran	160	56.7	2.8	149	57.1	2.6	140	57.8	2.4
Siyazan	-65	40.7	1.6	173	40.8	4.2	175	41.3	4.2
<i>Total</i>	111	529.1	0.2	988	534.3	1.8	1228	541.6	2.3

Note. Prepared on the data of statistical reports, demographic indicators and regions of the State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan [19–21; 22].

The worldwide COVID-19 pandemic has had a negative impact on the socio-economic indicators of our country. Also, it has negatively affected the social life level of the working population in the economic region and has led to the acceleration of migration.

Thus, the number of new jobs opened in Guba-Khachmaz economic region in 2015 was 4693. In 2020, after the pandemic, the number of newly opened jobs decreased by 2.5 times. Also, the number of unemployed people in the economic region was 11 310 in 2015, and in 2022, it increased by 1.6 times to 18 036. As well as, if the unemployment rate of the population was 4.4 % in 2015, this indicator was 6.7 % in 2022 [4].

Conclusions

It is clear from the analysis of statistical indicators that the rate of migration in the Guba-Khachmaz economic region has had a different trend over the past 20 years. Thus, in 2010, the migration rate was 0.9, and in 2020, it doubled to 1.8.

In Guba-Khachmaz economic region, the indicator of the economic index coefficient of the area, which determines migration processes, was 35.8 in 2022, which was 1.2 times more than in the neighbouring Shaki-Zagatala (24.8), and 1.4 times more than in Mountainous Shirvan (21.8). The economic index coefficient for the country was 34.1, which was higher than in the economic region.

Favourable geographical position of the economic region, its location on the north-south transport corridor, neighbouring position with Russia, favourable conditions for the sale of agricultural products have had a positive effect on the socio-economic conditions of the population living in the region and have led to an increase in the area attractiveness.

References

1. Mammadov RM, editor. *Geography of the Republic of Azerbaijan. Regional geography. Volume 3*. Baku: Europe; 2015. 400 p. Azerbaijani.
2. Eminov ZN. *The population of Azerbaijan*. Baku: Chirag; 2005. 560 p. Azerbaijani.
3. Eminov ZN, Pashayev NA, Ayyubov NG. *Economic, social and political geography of the Republic of Azerbaijan*. Baku: Chirag; 2010. 409 p. Azerbaijani.
4. Eminov ZN, Abbasova VZ. Migration processes in Azerbaijan in the years of independence. *Journal of Geography and Natural Resources*. 2015;2:91–94. Azerbaijani.
5. Eminov ZN, Mammadov IB, Aliyeva LI, Guseynova EG. The main directions of migration in the Republic of Azerbaijan. In: Khazar University. *Migration policy in Azerbaijan: achievements and development prospects*. Baku: Khazar University Publishing House; 2017. p. 166–170. Azerbaijani.
6. Eminov ZN. *Mechanical movement of population. Demographic development problems and population settlement in Lankaran-Astara economic-geographic region*. Baku: Europe; 2019. 216 p. Azerbaijani.
7. Gonzalez-Leonardo M, López-Gay A, Newsham N, Recaño J, Rowe F. Understanding patterns of internal migration during the COVID-19 pandemic in Spain. *Population, Space and Place*. 2022;28:e2578. DOI: 10.1002/psp.2578.
8. Hall B. Immigration in European Union: problem or solution? *OECD Observer*. 2000;221:72–74.
9. Mehraliyev EQ, Ayyubov NH, Sadiqov MO. *Population settlement issues in the Azerbaijan Soviet Socialist Republic*. Baku: [s. n.]; 1988. 192 p. Azerbaijani.
10. Василенко ПВ. Методика оценки миграционной привлекательности территории. *Географический вестник*. 2014;30(3):38–46. DOI: 10.17072/2079-7877-2015-3-111-114.
11. Mitra A, Murayama M. Rural to urban migration: a district level analysis for India. *International Journal of Migration, Health and Social Care*. 2009;5(2):35–52. DOI: 10.1108/17479894200900011.
12. Tacoli C. Rural-urban interactions: a guide to the literature. *Environment and Urbanization*. 1998;10(1):147–166. DOI: 10.1177/095624789801000105.
13. Porumbescu A. Outlook on the history of migration in the XX centuries Europe. *Annals of the University of Craiova. History*. 2015;2:161–170.
14. Lucas REB. Migration and rural development. *The Journal of Agricultural and Development Economics*. 2007;4(1):99–122.
15. Wegren SK, O'Brien DJ, Patsiorkovsky VV. The economics of rural households in Russia: impact of village location. *Eurasian Geography and Economics*. 2008;49(2):200–214. DOI: 10.2747/1539-7216.49.2.200.
16. Dutta D, Rahman A, Paul SK, Kundu A. Estimating urban growth in peri-urban areas and its interrelationships with built-up density using earth observation datasets. *The Annals of Regional Science*. 2020;65:67–82. DOI: 10.1007/s00168-020-00974-8.
17. Leo Ch, Brown W. Slow growth and urban development policy. *Journal of Urban Affairs*. 2000;22(2):193–213. DOI: 10.1111/0735-2166.00050.
18. Лопатников ДИ, Эстеров АИ. Возможности использования индекса хозяйственного развития территории в сравнительном экономико-географическом анализе. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 1997;2:85–88.
19. State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan. *Statistical indicators of the Republic of Azerbaijan*. Baku: State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan; 2023. 725 p. Azerbaijani.
20. State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan. *Demographic indicators of Azerbaijan*. Baku: State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan; 2023. 593 p. Azerbaijani.
21. State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan. *Regions of Azerbaijan*. Baku: State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan; 2023. 455 p. Azerbaijani.
22. State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan. *Population census of the Republic of Azerbaijan, 2009. Volume XXII*. Baku: State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan; 2011. 578 p. Azerbaijani.

Received 31.05.2024 / revised 26.07.2024 / accepted 19.09.2024.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА В РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТНЫХ ПОЯСАХ ГОРНЫХ РАЙОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Г. Р. АГАКИШИЕВА¹⁾

¹⁾Институт географии им. академика Гасана Алиева, пр. Г. Джавида, 115,
AZ1143, г. Баку, Азербайджан

Аннотация. С использованием системного, оценочного и картографического методов исследовано развитие туризма в различных высотных поясах горных районов Азербайджана. Проанализированы законодательная база в сфере туризма, имеющиеся памятники истории и культуры мирового и государственного значения. Оценены возможности развития таких видов туризма, как спелеотуризм, экотуризм, этнографический, горнолыжный и историко-культурный туризм, в административных районах Азербайджана, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря. Изучены существующие в этих районах объекты отдыха и туризма, не обеспечивающие потребности растущего количества туристов. Рассмотрены административные районы страны, выделяющиеся по количеству населенных пунктов, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря, а также труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные развитию туризма в горной местности. На основании законодательной базы в сфере туризма и фондовых материалов определено, что административные районы республики, расположенные на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря, а также входящие в их состав города и села имеют большое количество памятников архитектуры и археологии, играющих важную роль в развитии туризма. Проанализированы экономические показатели гостиниц и аналогичных средств размещения в горных районах за 2015–2022 гг., обосновано отсутствие статистических данных для некоторых горных районов. Учитывая растущую роль туризма в общем социально-экономическом развитии страны и преимущества горного рельефа перед равнинной территорией, дана балльная оценка горным районам по уровню обеспеченности гостиничной сетью, а также историко-культурными объектами мирового и государственного значения. Установлено, что горные районы обладают большим туристическим потенциалом, включающим природные и историко-культурные туристические ресурсы. Полученные результаты могут быть использованы в программах социально-экономического развития регионов страны.

Ключевые слова: архитектурные памятники; археологические памятники; горный рельеф; спелеотуризм; экотуризм; этнографический туризм; горнолыжный туризм; историко-культурный туризм.

Образец цитирования:

Агакишиева ГР. Географические особенности развития туризма в различных высотных поясах горных районов Азербайджана. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;2:72–90. EDN: RKDEOE

For citation:

Agakishiyeva GR. Geographical features of tourism development in various high-altitude zones of mountainous areas of Azerbaijan. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:72–90. Russian. EDN: RKDEOE

Автор:

Гунеш Рафик Агакишиева – кандидат географических наук, доцент; ведущий научный сотрудник отдела политической и экономической географии Азербайджана.

Author:

Gunesh R. Agakishiyeva, PhD (geography), docent; leading researcher at the department of political and economic geography of Azerbaijan.
guneshagakishiyeva@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8200-7278>

GEOGRAPHICAL FEATURES OF TOURISM DEVELOPMENT IN VARIOUS HIGH-ALTITUDE ZONES OF MOUNTAINOUS AREAS OF AZERBAIJAN

G. R. AGAKISHIYEVA^a

^a*Institute of Geography named after Academician Hasan Aliyev,
115 H. Javid Avenue, Baku AZ1143, Azerbaijan*

Abstract. The development of tourism in various high-altitude zones of the mountainous areas of Azerbaijan was studied using system, assessment and cartographic methods. The legislative framework in the field of tourism, existing historical and cultural monuments of world and national importance were analysed. The possibilities for developing such types of tourism as caving tourism, ecotourism, ethnographic tourism, ski tourism, historical and cultural tourism in the administrative districts of Azerbaijan located at an altitude of 1001–2000 m and more above sea level were assessed. The existing recreation and tourism facilities in these areas, which do not meet the needs of the growing number of tourists, are studied. The administrative districts of the country, distinguished by the number of settlements located at an altitude of 1001–2000 m and more above sea level, as well as the works of local and foreign scientists devoted to the development of tourism in highlands, are considered. Based on the legislative framework in the field of tourism and archive materials, it is determined that the administrative districts of the republic located at an altitude of 1001–2000 m and more above sea level, as well as the cities and villages included in them, have a large number of architectural and archaeological monuments that play an important role in tourism development. The economic indicators of hotels and hotel-type enterprises in mountainous areas for 2015–2022 are analysed, and the absence of statistical data for some mountainous areas is substantiated. Taking into account the growing role of tourism in the overall socio-economic development of the country and the advantages of mountainous relief over flat areas, a score is given to mountainous areas in terms of the level of provision with a hotel network, as well as historical and cultural sites of global and national significance. It is established that mountainous areas have great tourism potential, including natural, historical and cultural tourism resources. The results obtained can be used in programmes for the socio-economic development of the regions of the country.

Keywords: architectural monuments; archaeological monuments; mountainous relief; caving tourism; ecotourism; ethnographic tourism; ski tourism; historical and cultural tourism.

Введение

Туризм, принадлежащий к числу социально-экономических процессов современности, обладает хозяйственной эффективностью. Для многих стран туризм является одной из наиболее перспективных сфер хозяйства, выступая в качестве главного источника доходов государства. Поскольку данная сфера оказывает большое влияние на такие области экономики, как транспорт, строительство, связь, торговля, сельское хозяйство, производство товаров народного потребления, важность ее развития весьма высока.

Физико-географические условия Азербайджана способствуют развитию туризма в стране. В Азербайджане особенно велик контраст между ландшафтами равнин и высокогорий. Основной причиной высотной дифференциации ландшафтов республики являются гипсометрические и экспозиционные условия. Ландшафт Азербайджана довольно разнообразен, что обусловлено прежде всего влиянием климатических и геоморфологических факторов [1].

Горный рельеф превосходит равнинную территорию не только в эстетическом плане. Он располагает большим запасом рекреационных ресурсов благодаря чистоте горного воздуха и повышенному уровню ультрафиолетового излучения. Возможности организации горнолыжных и альпинистских центров зависят от характеристик склонов (их протяженности, угла наклона, экспозиции, характера и длительности залегания снежного покрова), наличия долин, удобных для размещения приютов, туристских баз и т. д.¹

Горный туризм развивается в районах с колебаниями высот от 1000 до 3500 м. Соответственно, различают низкогорные, среднегорные и высокогорные маршруты горного туризма. При организации горнолыжных курортов рельеф оценивают с точки зрения прокладки горнолыжных трасс, их протяженности и разнообразия. Этот фактор является исходным при выборе места для горнолыжного курорта².

Развитие туризма внесет важный вклад в социально-экономическое развитие как страны в целом, так и отдельно взятых горных административных районов. Учитывая растущую роль туризма в общем

¹Погодина В. Л., Филиппова И. Г. География туризма : учебник / под ред. Е. И. Богданова. М. : Инфра-М, 2012. 256 с. (Высшее образование. Бакалавриат).

²Ветитнев А. М., Журавлёва Л. Б. Курортное дело : учеб. пособие. М. : Кнорус, 2007. 528 с.

социально-экономическом развитии Азербайджана, а также преимущества горного рельефа перед равнинной территорией, проблема изучения туризма является весьма актуальной. Цель исследования состоит в анализе развития туризма в различных высотных поясах горных районов Азербайджана.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выбран туризм в административных районах и населенных пунктах Азербайджана, расположенных на высоте 1001–1500 м, 1501–2000 м и более 2000 м над уровнем моря. Основной задачей исследования являлось определение туристического потенциала в различных высотных поясах горных районов республики. Для достижения поставленной цели были изучены теоретические подходы к туризму горных стран, рассмотрены такие туристические ресурсы, как историко-культурные объекты, а также пещеры, горы, охраняемые территории, проанализированы статистические показатели туризма.

В ходе исследования использовались системный метод, обеспечивающий наиболее эффективное изучение туристического пространства, затем оценочный метод, позволяющий выявить пространственную дифференциацию туристических ресурсов, а также картографический метод, помогающий определить туристический потенциал горных районов.

Источником информации служили статистические данные, фондовые материалы, сведения о памятниках истории и культуры мирового и государственного значения, на основе которых были выполнены все расчеты и составлены таблицы.

Общая методическая схема исследования состояла из следующих последовательных этапов:

- 1) программного (анализ литературных источников и законодательной базы, определение объекта, цели и задач исследования);
- 2) информационного (сбор и обработка статистических данных, фондовых материалов и сведений о памятниках истории и культуры мирового и государственного значения, создание базы данных);
- 3) картографического (построение таблиц на основе результатов обработки статистических данных, фондовых материалов и сведений о памятниках истории и культуры мирового и государственного значения, подготовка карты-схемы).

Результаты и их обсуждение

С учетом социально-экономического развития регионов и проводимой экономической политики власти Азербайджана уделяют большое внимание развитию туризма в стране. Этому способствует действующая законодательная база, которая включает в себя Список памятников истории и культуры мирового и государственного значения, утвержденный постановлением Кабинета министров Азербайджанской Республики от 2 августа 2001 г. № 132, Государственную программу развития туризма в Азербайджанской Республике в 2010–2014 гг., утвержденную распоряжением Президента Азербайджанской Республики от 6 апреля 2010 г. № 838, Стратегическую дорожную карту развития специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике, утвержденную Указом Президента Азербайджанской Республики от 6 декабря 2016 г. № 1138, концепцию развития «Азербайджан-2020: взгляд в будущее», утвержденную Указом Президента Азербайджанской Республики от 29 декабря 2012 г. № 800, систему «ASAN Visa», созданную на основании Указа Президента Азербайджанской Республики от 1 июня 2016 г. № 923.

Развитие туристической инфраструктуры в Азербайджане и формирование туристических услуг, отвечающих международным стандартам, требуют совершенствования законодательной базы и механизмов государственного регулирования данной сферы, расширения возможностей использования имеющегося туристического потенциала, стимулирования туристической деятельности в регионах и создания новых туристических маршрутов. В последние годы реализация ряда целенаправленных мероприятий в области туризма привела к развитию этой сферы³.

В настоящее время в Азербайджане возрастает роль туризма как отрасли экономики⁴. В 2013–2018 гг. численность занятых в сферах, характерных для туризма, увеличилась 1,3 раза, сумма созданной добавленной стоимости – в 1,6 раза, удельный вес созданной добавленной стоимости в ВВП страны вырос в 1,2 раза, при этом объем вложенных инвестиций уменьшился в 6,0 раза. В 2018–2022 гг. численность занятых в сферах, характерных для туризма, возросла в 1,2 раза, сумма созданной добавленной стоимости также увеличилась в 1,2 раза, однако удельный вес созданной добавленной стоимости в ВВП страны снизился в 1,5 раза, а объем вложенных инвестиций – в 2,3 раза (табл. 1).

³Azərbaycan Respublikasında ixtisaslaşmış turizm sənayesinin inkişafına dair strateji yol xəritəsi : Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı ilə təsdiq edilmişdir. Bakı, 2017. 98 s.

⁴Azərbaycanda turizm – 2023 : statistik məcmuə / Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. Bakı : Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 2023. 100 s.

Таблица 1

Статистические показатели сфер, характерных для туризма,
в Азербайджане в 2013–2022 гг.

Table 1

Statistical indicators of sector characteristic of tourism
in Azerbaijan in 2013–2022

Показатели	Год		
	2013	2018	2022
Численность занятых в сферах, характерных для туризма, тыс. чел.	40,9	53,2	63,1
Сумма созданной добавленной стоимости в сферах, характерных для туризма, млн манатов	2080,2	3405,5	3917,8
Удельный вес созданной добавленной стоимости в сферах, характерных для туризма, в ВВП страны, %	3,6	4,3	2,9
Объем вложенных инвестиций в сферах, характерных для туризма, млн манатов	1371,0	229,7	99,3

Примечание. Составлено на основе данных Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики.

Административные районы Азербайджана, расположенные на высоте 1001–1500 м, 1501–2000 м и более 2000 м над уровнем моря, обладают значительным туристическим потенциалом (рис. 1–5).

Регионы Азербайджана, обладающие большим природным и культурным потенциалом, имеют все необходимые предпосылки для перспективного развития туризма. Однако, чтобы расширить свое участие в туристическом секторе республики, они должны решить некоторые проблемы, связанные с сезонностью туристической инфраструктуры и транспорта, повысить качество обслуживания и снизить цены [2].

По сравнению со странами, расположенными на той же географической широте, Азербайджан, относящийся к Альпийско-Гималайскому горному поясу, обладает более многообразной природой. Территория республики характеризуется сложным геологическим строением и чередованием горных систем и равнин, при этом основные орографические единицы вытянуты с северо-запада на юго-восток. Характерные черты природы Азербайджана включают в себя различные по составу источники минеральных вод, неравномерно распределенную гидрографическую сеть, пестрый почвенный покров, обусловленные сложностью климата и рельефа, растительность, состоящую из реликтовых и эндемичных видов, а также животный мир, тесно связанный с ландшафтно-экологическими условиями⁵.

Природные факторы, имеющие пространственную дифференциацию в пределах страны, в том числе в ее горных регионах, являются основой развития туризма. Их сочетание определяет степень благоприятности для туристско-рекреационной деятельности [3].

Сложное строение рельефа и ландшафтное разнообразие Азербайджана обусловили богатство и своеобразие природных условий. На территории страны распространены в основном горные и равнинные ландшафты. Горные ландшафты, в свою очередь, делятся на низкогорный (400–1000 м), среднегорный (1001–2000 м) и высокогорный (выше 2000 м) пояса [4].

В горных районах во всех указанных высотных поясах имеются комфортные условия для туризма, в высокогорной зоне они доступны в дневное время в июле и августе. Однако организация курортно-оздоровительного туризма в среднегорном и высокогорном поясах находится не на должном уровне. В настоящее время горно-климатические курорты функционируют в зонах Большого Кавказа и Талыша [5]. Климатические условия освобожденных от оккупации территорий Малого Кавказа также являются перспективными для развития туризма.

Геоморфологические рекреационные ресурсы – это сочетание форм рельефа, которые обладают медико-биологическими, психолого-эстетическими и другими свойствами и используются для удовлетворения потребностей человека в отдыхе и восстановлении сил и здоровья [6].

Горы являются традиционно привлекательными ландшафтами для туристов. Горная местность отличается определенной туристической специализацией, сезонностью туристических потоков, особенностями территориальной организации туризма [7].

⁵Müseiyibov M. A. Azərbaycanın fiziki coğrafiyası (ümumi hissə) : universitetlərin coğrafiya fakültələri üçün dərslik. Bakı : Maarif, 1998. 400 s.

48° 0' 0" В.

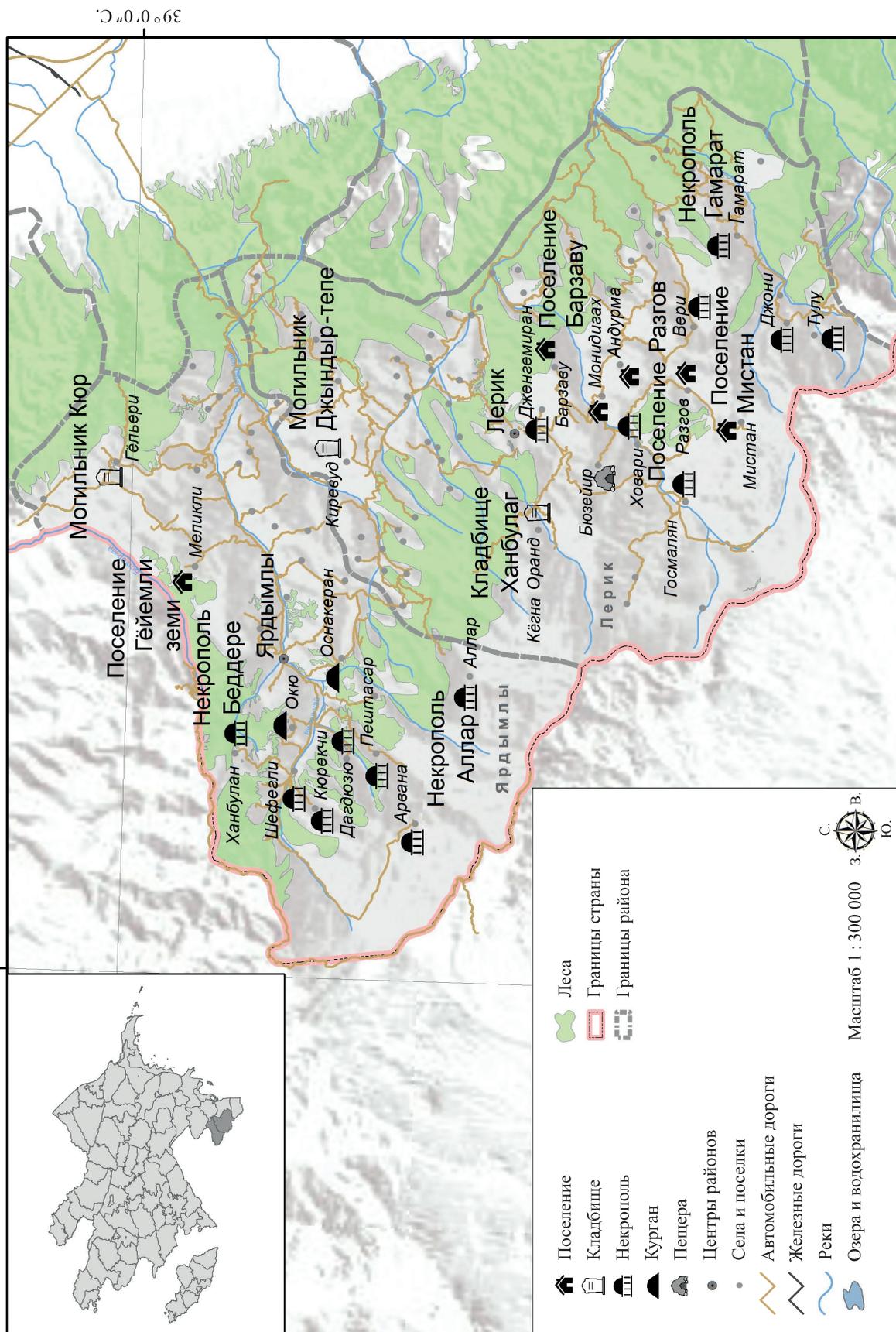


Рис. 2. Карта туристического потенциала Лерикского и Ярдимлинского районов

Fig. 2. Map of the tourism potential of Lerik and Yardimli districts

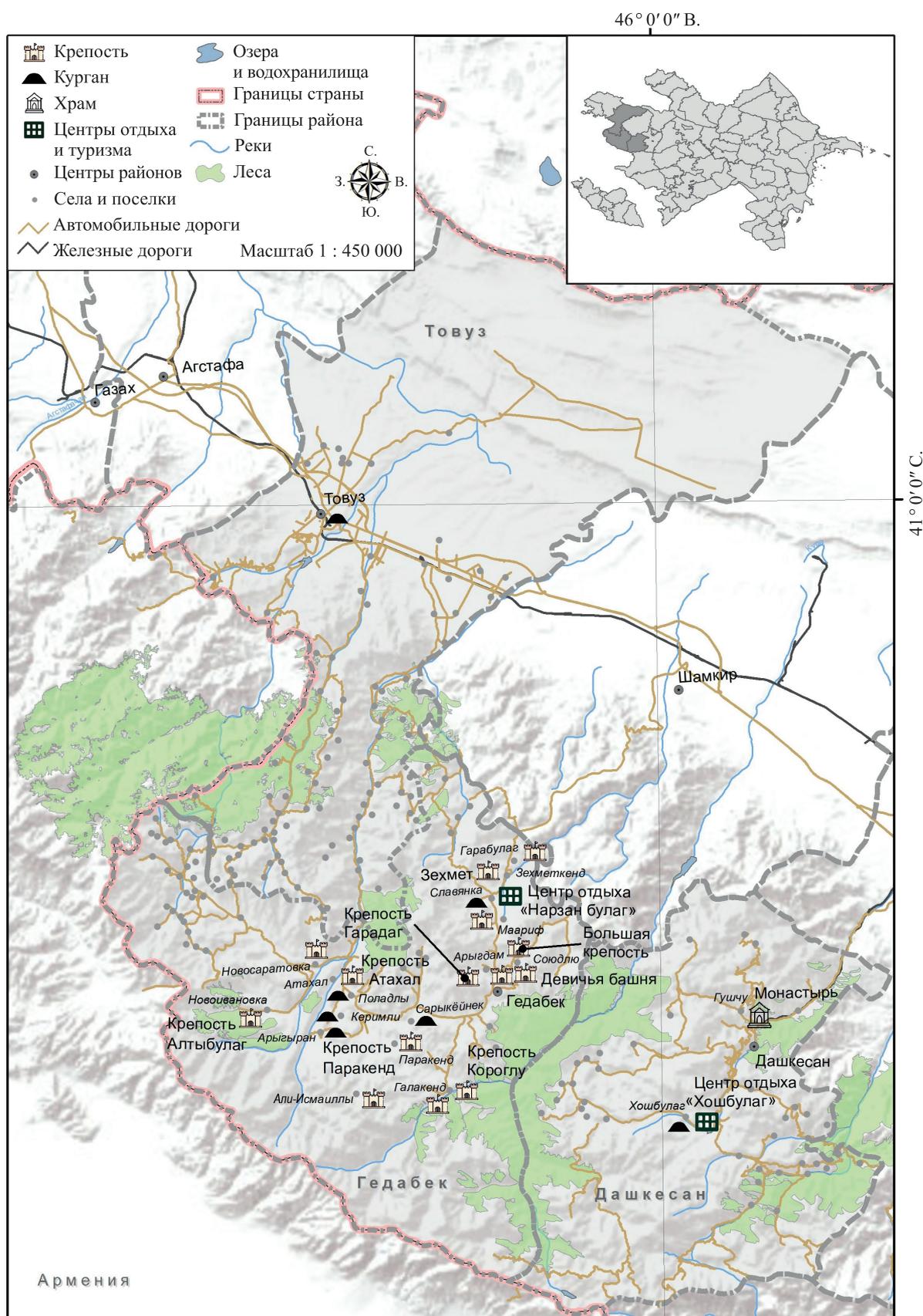


Рис. 5. Карта туристического потенциала Гедабекского, Товузского и Дашкесанского районов
 Fig. 5. Map of the tourism potential of Gadabay, Tovuz and Dashkesan reg districts

Высшая точка практически любой территории становится притягательной для туристов и альпинистов. У многих появляется желание совершить восхождение на нее или побывать в непосредственной близости и посетить базовый лагерь, откуда и начинается восхождение. В таких еще до недавнего времени совершенно диких местах постепенно начинают развиваться туристическая инфраструктура и сервисная деятельность по обслуживанию туристов. Она направлена на обеспечение безопасности, разработку маршрута, снабжение продуктами и горючим, обустройство лагеря, предоставление услуг гидов и носильщиков, организацию туалетов и др. Таким образом, в мире уже достаточно конкретно сформировались своеобразные альпинистские зоны, где совершаются массовые восхождения на вершины и наблюдается значительное развитие сферы сервиса [8].

В ходе анализа трудов отечественных и зарубежных ученых было определено, что по всем природным факторам горные районы имеют преимущество для развития туризма перед равнинной территорией.

Горная местность всегда привлекала туристов своей природной красотой и широким спектром видов деятельности. В связи с тем что горные районы в настоящее время считаются вторым по популярности туристическим направлением после прибрежных территорий, их изучению посвящено большое количество исследований.

Туризм является важным ресурсом для многих горных экономик: на горные районы приходится 15–20 % мирового туризма, что составляет 70–90 млрд долл. США в год [9]. Но, чтобы сделать горные территории доступными для туристов, требуются значительные инвестиции в инфраструктуру, а также стимуляция спроса на горные направления на местном и международном уровне. Кроме того, некоторые горные районы поставили под угрозу устойчивость горных сообществ и наносят серьезный ущерб горным экосистемам.

Помимо туристов, горные районы привлекают самых разных посетителей – от паломников, исследователей и искателей приключений до владельцев второго жилья, пенсионеров и различных типов мигрантов. Все чаще горные районы становятся местами для развлечений, отдыха и инвестиций в туристические услуги и объекты, а также рассматриваются как убежище от пандемии в условиях нового поиска здоровой окружающей среды, обеспечивающей высокое качество жизни. В развивающихся странах горы имеют большое значение для развития туризма. Например, в Непале примерно четверть всех международных туристических поездок приходится именно на горные районы [10].

Благодаря широкому спектру видов деятельности, разнообразию местного населения, богатому духовному наследию и особенностям горной культуры, подкрепленным изоляцией гор и значительными высотами, священному измерению, приписываемому многим горным местам и вершинам, а также наличию снега и зимних видов спорта, более прохладным летним температурам, обилию природных и термальных источников, биологическому и геологическому разнообразию, отраженному в уникальных геологических образованиях и растительных сообществах, символических животных, таких как лоси, ламы, голубые бараны, серны, козероги, снежные барсы и панды, горные районы привлекают туристов, которые все больше ценят активный отдых на открытом воздухе и ищут убежища от суеты городского образа жизни [11].

По мнению Г. Тигу, внедрение туризма в депрессивных регионах позволяет сократить неравенство и к тому же считается важным источником экономического дохода для местного населения [12]. Это утверждение подтверждают С. Дуглио и Р. Бельтрамо, изучавшие влияние проведения спортивных мероприятий в горных районах [13]. Результаты их исследования показывают, что эта форма туризма создает важные прямые и косвенные выгоды для принимающих районов, а также содействует устойчивости территорий.

Горная местность, отличающаяся большой концентрацией аттрактивных природных объектов, имеет характерные признаки, что необходимо учитывать во время туристических исследований. Многие цивилизации возникли и развивались в горных районах, о чем свидетельствует богатый культурно-исторический потенциал этих территорий. Виды туризма, которые возможны только в горной местности, за последние несколько десятков лет стали очень популярными, вследствие чего многие горные районы Земли стали самыми известными туристическими дестинациями мира [14].

В научной литературе рекреационному потенциалу рельефа не уделяется должного внимания. Чаще всего рельеф рассматривается как часть природных факторов, составляющих общие рекреационные ресурсы, в то время как изучение рельефа имеет особую актуальность. От него зависят виды рекреационной деятельности, которые могут быть организованы на определенной территории, а также условия и возможности строительства рекреационных объектов [15].

Сегодня горы представляют собой важный актив для мировой туристической индустрии. С одной стороны, чистый воздух, уникальные ландшафты и дикая природа, живописная красота, богатое культурное наследие и возможности для отдыха, которые предлагают горы, делают их местом спасения от

стрессов городского образа жизни и магнитом для туристов. С другой стороны, во многих горных районах мира после появления туризма значительно вырос уровень жизни местного населения. Например, в Альпах развитие туризма с XVIII в. полностью превратило бедные сельскохозяйственные поселения в процветающие горные курорты и деревни. Именно по этой причине горные направления необходимо рассматривать не только как места для отдыха и развлечений, но и как «экономические предприятия», которые могут принести многочисленные выгоды местным сообществам и национальной экономике [16].

Так, горный рельеф является одним из самых впечатляющих элементов природной среды Македонии. Он обладает высоким природным туристическим потенциалом: у туристов здесь есть возможность заняться многими видами деятельности, такими как катание на лыжах, спортивное скалолазание, альпинизм, полеты на параплане, стрельба из пушки, рыбалка, охота и т. д. [17].

Связь между горами и туризмом неоспорима. Горы – это место с большим туристическим притоком, поэтому его использование для целенаправленного туризма приводит к развитию устойчивой деятельности, способной улучшить экономические условия этих территорий, где во многих случаях проживает население с низкими доходами [18; 19]. Охрана окружающей среды путем развития горного туризма стала основным вопросом 3-й Евроазиатской конференции по горным курортам Всемирной туристской организации [20].

У горного туризма есть два ключевых аспекта: с одной стороны, сама гора (ее красота и качество), а с другой стороны, туристическая инфраструктура. На основе этой идеи проведены несколько исследований [21–25], которые были сосредоточены на том, как изменение климата или туризм влияют на качество гор. В работе В. Ориве и соавторов акцентируется внимание не на первом аспекте, а скорее на втором. В ней анализируется влияние экономического кризиса 2007 г. на туристический сектор Испании. В частности, исследование касается горного туризма – сектора, обладающего высоким потенциалом роста, но слабо развитого с точки зрения научных исследований. Кроме того, отмечается, что компании должны сотрудничать и заключать соглашения о сотрудничестве. Эти действия необходимы, поскольку горный туризм может способствовать диверсификации и устойчивости туристической индустрии в долгосрочной перспективе, а также решить проблему сезонности, характерную для туристического спроса в Испании. В то же время горный туризм является источником дохода для регионов Испании, которые сейчас теряют население, и поэтому государственная поддержка инициатив по улучшению этого сектора предполагает столь необходимую консолидацию населения [26].

С. Непал и Р. Чипенюк считают, что определение горного туризма необходимо расширить: помимо туристического развития, оно должно включать отдых на природе и миграцию развлечений. Многие популярные горные курорты Северной Америки (Уистлер, Аспен, Вейл) превратились в местные достопримечательности для активного отдыха, которые позже будут открыты и как основные направления международного туризма. Места горного туризма быстро стали вторым домом для большого числа туристов, а в некоторых случаях привлекли мигрантов, предпочитающих селиться на постоянной основе в районах со значительными удобствами и вокруг них [27].

Обзор литературы по теме «Горный туризм» позволяет сделать вывод о том, что пока не существует четкого и общепринятого определения этого вида туризма. Исследователи придерживаются множества подходов, начиная от отдыха на природе и миграции развлечений до источников дохода для социально и экономически отсталых районов страны. Горный туризм, основанный на зимних видах спорта, а также разнообразии местного населения и традиционных культурных ценностях, способствует улучшению экономических условий этих регионов. Помимо общих черт с другими видами туризма, горный туризм имеет преимущества и может принести многочисленные выгоды местным сообществам и национальной экономике.

В Азербайджане районы, расположенные на высоте 1001–1500 м, занимают 10 392 км² (или 12 % общей площади страны), где проживают 270 130 тыс. человек (или 3,7 % всего населения республики). В районах, расположенных на высоте 1501–2000 м, эти показатели составляют 6495 км² (7,5 %) и 81 257 тыс. человек (1,1 %), а в районах, расположенных выше 2000 м, – 6495 км² (7,5 %) и 2945 тыс. человек (0,1 %) [28].

Из 483 населенных пунктов Азербайджана, расположенных на высоте 1001–1500 м над уровнем моря, на долю Лачинского района приходится 10 %, на долю Гедабекского района – 9 %, на долю Губинского района – 7 %. Среди 443 населенных пунктов республики, расположенных на высоте 1501–2000 м над уровнем моря, 22 % составляют населенные пункты Кельбаджарского района, 15 % – Лачинского района, 14 % – Гедабекского района. Из 29 населенных пунктов страны, расположенных на высоте более 2000 м над уровнем моря, на долю Кельбаджарского района приходится 59 %, на долю Губинского района – 17 %, на долю Ордубадского района – 10 % (табл. 2).

Таблица 2

Административные районы Азербайджана, выделяющиеся по количеству населенных пунктов, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря

Table 2

Administrative districts of Azerbaijan distinguished by the number of settlements located at an altitude of 1001–2000 m and more above sea level

Административный район	Количество населенных пунктов		
	На высоте 1001–1500 м	На высоте 1501–2000 м	На высоте более 2000 м
Губинский	34	–	5
Исмаиллинский	24	16	–
Ярдымлинский	20	–	–
Гедабекский	44	61	–
Лачинский	50	65	–
Лерикский	31	43	–
Товузский	25	26	–
Шамахинский	21	–	–
Агдеринский	19	–	–
Дашкесанский	–	36	–
Кельбаджарский	–	96	17
Шахбузский	–	15	–
Шушинский	–	18	–
Ордубадский	–	–	3
<i>Азербайджан</i>	<i>483</i>	<i>443</i>	<i>29</i>

Примечание. Составлено на основе фондовых материалов Института географии имени академика Гасана Алиева за 2006 г.

Этнографический туризм – вид туристической деятельности, где в основу тура заложены интерес к истории и культуре этноса, погружение в его быт и традиции в месте исторического проживания. Благоприятными факторами для развития этнографического туризма становятся ярко выраженная самобытность этносов, высокий уровень сохранности материального и нематериального культурного наследия. В этнографическом туризме целесообразно выявить и представить доминирующую сторону жизненного опыта (истории, повседневности, ментальности), которая раскрывает уникальность конкретного этноса [29].

Наряду с азербайджанцами в горных районах живут такие народы, как лезгины, горские евреи, хыналыги, таты, будуги, грызы (в Губинском районе), русские (в Гедабекском районе), тальши (в Лерикском районе), молокане, гапуты (в Исмаиллинском районе) и т. д. Традиции, быт, блюда, одежда, обряды, праздники, прикладное творчество этих наций и местных жителей сел, расположенных на высоте 1001–1500 м и 1501–2000 м над уровнем моря, очень привлекательны для туристов, посещающих горные районы, и использовать этот приоритет в развитии этнографического туризма крайне целесообразно.

Административные районы Азербайджана, расположенные на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря, имеют большие возможности для развития таких видов туризма, как спелеотуризм, экотуризм, горнолыжный и историко-культурный туризм. Развитию спелеотуризма в этих административных районах способствует наличие пещер вблизи г. Шуши (Шушинский район), а также сел Килит (Ордубадский район), Зар (Кельбаджарский район) и Бюзейир (Лерикский район), а развитию горнолыжного туризма – наличие гор Туфандаг (Губинский район, 4191 м), Бабадаг (Исмаиллинский район, 3629 м), Кемюркей (Лерикский район, 2492 м), Гызюрду (Лерикский район, 2433 м), Гызылбогаз (Лачинский район, 3594 м), Шахнишин (Ярдымлинский район, 2490 м), Пештасар (Ярдымлинский район, 2244 м), Бёюк Кирс (Шушинский район, 2725 м), Гямыш (Кельбаджарский район, 3724 м), Делидаг (Кельбаджарский район, 3616 м), Гошабулаг (Гедабекский район, 3549 м), Годжадаг (Гедабекский район, 3317 м), Гараархадж (Гедабекский район, 3063 м), Гиналдаг (Дашкесанский район, 3367 м), Гошгар (Дашкесанский район, 3361 м), Салвард (Шахбузский район, 3160 м), Кечалдаг (Шахбузский район, 3115 м), Кюкю (Шахбузский район, 3120 м) [4], где в перспективе можно возвести горнолыжные центры.

Экотуризм – это совокупность видов туристической деятельности, не сопровождающихся загрязнением окружающей среды. Он включает регулирование баланса между экономическими доходами от рекреации и экологической безопасностью конкретных природных территорий, используемых для рекреации⁶.

Хотя в горных районах Азербайджана всего 11 охраняемых территорий (3 национальных парка, 1 государственный природный заповедник и 7 государственных природных заказников)⁷, 8 из них (3 национальных парка и 5 государственных природных заказников) в настоящее время являются действующими (табл. 3). Еще на 3 охраняемых территориях (включающих 1 государственный природный заповедник и 2 государственных природных заказника), которые расположены в районах, освобожденных от оккупации в результате 44-дневной войны, проводятся масштабные восстановительные работы. После их окончания Гарагельский государственный природный заповедник и Лачинский государственный природный заказник, созданные в Лачинском районе, а также Дашалтинский государственный природный заказник, охватывающий территорию Шушинского района, начнут действовать в соответствии со своим статусом. Наличие охраняемых территорий дает возможность развивать экотуризм в исследуемых районах.

Таблица 3

Охраняемые территории в горных районах Азербайджана в 2022 г.

Table 3

Protected territories in the mountainous areas of Azerbaijan in 2022

Охраняемая территория	Расположение	Год образования
<i>Национальные парки</i>		
Гейгельский национальный парк	Дашкесанский район	2008
Зангезурский национальный парк имени академика Гасана Алиева	Ордубадский район	2003
Шахдагский национальный парк	Губинский, Шамахинский, Исмаиллинский районы	2006
<i>Государственные природные заповедники</i>		
Гарагельский государственный природный заповедник	Лачинский район	1987
<i>Государственные природные заказники</i>		
Зувандский государственный природный заказник	Лерикский район	1969
Ордубадский государственный природный заказник	Ордубадский район	1969
Исмаиллинский государственный природный заказник	Исмаиллинский район	1969
Дашалтинский государственный природный заказник	Шушинский район	1981
Гызылджинский государственный природный заказник	Гедабекский район	1984
Лачинский государственный природный заказник	Лачинский район	1961
Рварудский государственный природный заказник	Лерикский район	2009

Примечание. Составлено на основе данных Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики.

Важнейшим элементом любого туристического продукта является размещение туристов, которое состоит не только в предоставлении в пользование специальных помещений для временного проживания, но и в оказании дополнительных услуг (прием, уборка, организация деловых мероприятий, оздоровление и т. д.) в зависимости от специализации. Самая крупная группа в составе средств размещения – гостиничные предприятия, доля которых в мире доходит до 75 %⁸.

⁶Əsgərov Ə. T., Bilalov B. Ə., Gülahiyev Ç. G. Ekoloji turizm : dərs vəsaiti. Bakı : Adiloğlu, 2011. 276 s.

⁷Azərbaycanda ətraf mühit – 2023 : statistik məcmuə / Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. Bakı : Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 2023. 138 s.

⁸Ушаков Д. С. Экономика туристской отрасли : учеб. пособие. Ростов н/Д : МарТ : Феникс, 2010. 464 с.

В 2015–2022 гг. во всех горных районах выросли экономические показатели гостиниц и аналогичных средств размещения, но самая большая динамика зафиксирована в Исмаиллинском, Ярдымлинском, Лерикском и Товузском районах⁹. Одновременная вместимость гостиниц и аналогичных средств размещения в Исмаиллинском районе за указанный период увеличилась в 1,7 раза, в Ярдымлинском районе – в 2,4 раза, в Лерикском районе – в 7,5 раза, в Товузском районе – в 2,0 раза. Число номеров в Исмаиллинском районе возросло в 1,7 раза, в Ярдымлинском районе – в 2,0 раза, в Лерикском районе – в 4,8 раза, в Товузском районе – в 1,8 раза (табл. 4). Поскольку общая статистическая информация представлена не по отдельным административным районам, входящим в состав Нахичеванской Автономной Республики, показатели, относящиеся к Ордубадскому и Шахбузскому районам, отсутствуют. Также нет статистических данных и для других горных районов, которые расположены в освобожденной части Азербайджана.

Таблица 4

Экономические показатели гостиниц и аналогичных средств размещения в горных районах Азербайджана в 2015–2022 гг.

Table 4

Economic indicators of hotels and hotel-type enterprises in the mountainous areas in Azerbaijan 2015–2022

Административный район	Число гостиниц и аналогичных средств размещения, ед.		Одновременная вместимость, мест		Число номеров, ед.	
	Год					
	2015	2022	2015	2022	2015	2022
Губинский	27	29	1645	1817	674	789
Исмаиллинский	20	22	786	1312	325	556
Ярдымлинский	2	4	30	73	21	42
Гедабекский	6	7	230	248	102	111
Лерикский	4	6	95	715	39	187
Товузский	2	4	130	266	75	133
Шамахинский	22	23	704	841	297	366
Дашкесанский	1	1	32	32	15	15

Примечание. Составлено на основе данных Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики.

После 44-дневной войны в 2020 г. строительство гостиниц на освобожденных от оккупации территориях началось с Шушинского района. Здесь были открыты 2 гостиницы («Хары-бюльбюль» и «Гарабах») и 1 дом для гостей. К мерам, которые предстоит принять в ближайшем будущем, относятся введение налоговых и разрешительных льгот в освобожденных районах, создание гостиничной инфраструктуры. Для организации на этих территориях туристско-рекреационных зон планируется привлечь местных и иностранных инвесторов, а также реализовать сотрудничество государственного и частного сектора в целях развития туризма. Кроме того, планируется создать парково-рекреационную инфраструктуру в с. Суговушан (Агдеринский район) у озера, построить туристическую инфраструктуру в с. Дашалты (Шушинский район) и туристско-информационный центр в г. Шуше, разработать туристические маршруты, которые охватят все освобожденные от оккупации горные районы.

К сожалению, сооружение и развитие объектов отдыха и туризма в горных районах Азербайджана пока находится на недостаточном уровне. Сегодня в населенных пунктах, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря, функционируют центр отдыха «Шах есери» в с. Кюсетгазма (Губинский район), центр отдыха «Нарзан булаг» в с. Славянка (Гедабекский район), центр отдыха «Хошбулаг» в с. Хошбулаг (Дашкесанский район), центр отдыха «Дженнет булагы» в с. Джулян, комплекс «Basqal Resort & SPA Otel» в с. Басгал, комплекс отдыха «Чырагбан» в с. Юхарыбаш, зона отдыха «Сумаг» в с. Сумагаллы, центр отдыха «Гызыл дере» в с. Гарагая (Исмаиллинский район), центр отдыха «Акасия» в с. Чухурюрд, комплекс отдыха «Ширвансарай» в с. Нагарахана, центр отдыха «Пиргулу» в с. Пиргулу (Шамахинский район). Основываясь на Стратегической дорожной карте развития специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике и Государственной программе развития туризма в Азербайджанской Республике, можно сделать вывод о том, что в перспективе создание объектов отдыха и туризма в административных районах, расположенных в различных высотных поясах горных регионов, имеет большое значение.

⁹Azərbaycanın regionları – 2023 : statistik məcmuə / Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. Bakı : Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi, 2023. 864 s.

Памятники истории и культуры мирового и государственного значения
в административных районах Азербайджана, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря

Table 5

Monuments of history and culture of world and state importance
in the administrative districts of Azerbaijan located at an altitude of 1001–2000 m and more above sea level

Административный район	Памятники мирового значения			Памятники государственного значения	
	Архитектурные памятники	Археологические памятники	Архитектурные памятники	Археологические памятники	Археологические памятники
Губинский	Село Хыналыг	–	Мечеть Сакины-ханум (г. Губа) Крепость Йеддилляр (с. Зыхыр)	–	Поселение Сандыг-тепе (г. Губа) Крепость Гаргакала (с. Кымыл) Поселение (с. Шудуг) Подземная дорога (с. Сёхюб)
Шахбузский	–	–	Крепость Шахпур (г. Шахбуз) Албанский храм (с. Кюлос) Албанский храм (с. Нуреу)	–	Некрополь Шахбуз (с. Шахбузкенд) Некрополь Бадамлы (с. Бадамлы) Поселение (с. Биченек) Поселение Шамлар (с. Карабаба) Поселение Ордюрду (с. Махмудоба) Поселение Коллуг (с. Кечили) Крепость Кюлос (с. Кюлос) Некрополь Кюкю (с. Кюкю) Поселение Гарныярыг (с. Гюней Гышлаг) Поселение Ремешин (с. Гызыл Гышлаг) Поселение Келекли (с. Гышлаг) Некрополь Коланы (с. Коланы) Некрополь Айрындж (с. Айрындж) Поселение Гавургала (с. Селестюз) Некрополь Нуре (с. Нуреу)
Ярдымлинский	–	–	–	–	Некрополь Аллар (с. Аллар) Некрополь Белдере (с. Кюрекчи) Поселение Гёйемли земли (с. Меликли) Некрополь (с. Шефegli) Некрополь (с. Пешгасар) Курган (с. Окю) Могильник Кюр (с. Гёльери) Некрополь (с. Арвана) Курган (с. Оснакеран)

					Некрополь (с. Даглюзю) Некрополь (с. Ханбулан)
Исмаиллинский	Государственный историко-культурный заповедник (пос. Лагич)	–	Девичья башня (с. Ханагах)		Кладбище (с. Моллаисаглы) Кладбище (с. Зернава) Поселение Ханкенди (с. Басгал) Некрополь Гендов (с. Гендов) Крепость Ниял (пос. Лагич)
Шушинский	Историко-архитектурный заповедник (г. Шуша)	–	Стена (г. Шуша) Дворец Панах-хана (г. Шуша) Мавзолей Гейдара (г. Шуша) Мечеть Гевхар-аги (г. Шуша) Крепость Ибрагим-хана (с. Дашалты)		Курган (г. Шуша) Могильник (г. Шуша) Пещера (г. Шуша)
Ордубадский	Историко-культурный заповедник (г. Ордубад)	Развалины г. Харабагилана (с. Юхары Аза)	Мост (с. Ашагы Аза) Историко-архитектурный заповедник (г. Ордубад)		Крепость Ефган (г. Ордубад) Курган Сары-тепе (г. Ордубад) Поселение Ордубад (г. Ордубад) Кладбище Аза (с. Ашагы Аза) Некрополь Тиви (с. Тиви) Некрополь Вененд (с. Вененд) Некрополь Анабад (с. Анабад) Пещера Килиг (с. Килиг)
Гедабекский	–	Большая крепость (с. Союдлю)	Крепость (с. Галакенд) Девичья башня (с. Союдлю)		Крепость (с. Новосараповка) Крепость Алтыбулаг (с. Нововановка) Крепость (с. Союдлю) Крепость Гарадаг (с. Арыглам) Крепость (с. Али-Исмаиллы) Крепость (с. Гарабулаг) Курган (с. Славянка) Крепость Короглу (с. Галакенд) Курган (с. Сарыкёйнек) Курган (с. Поладлы) Курган (с. Керимли) Курган (с. Арыгыран) Крепость (с. Маариф) Крепость Паракенд (с. Паракенд) Крепость Зехмет (с. Зехметкенд) Крепость (с. Атахал)

Административный район	Памятники мирового значения		Памятники государственного значения	
	Архитектурные памятники	Археологические памятники	Архитектурные памятники	Археологические памятники
Дашкесанский	–	Курган (с. Хошбулаг)	Монастырь (с. Гушчу)	–
Шамахинский	–	Древний город Шамахи	Джума-мечеть (г. Шамахи) Крепость Гюлостан (г. Шамахи)	Кладбище Хыныслы (с. Хыныслы) Курган Икигардаш (с. Чухурюрд)
Кельбаджарский	–	–	Крепость Лех (с. Ганлыкенд) Крепость Ханаберт (с. Венкли) Крепость (с. Шаплар)	Поселение (пос. Истису) Пещера Зар (с. Зар)
Лачинский	–	–	Мавзолей Мелика Аждара (с. Джиджимли)	Курган (с. Джиджимли) Курган (с. Зийрик) Курган (с. Гочаз)
Товузский	–	–	–	Курган (г. Товуз)
Лерикский	–	–	–	Некрополь (с. Дженгемиран) Некрополь (с. Ховари) Поселение Андурма (с. Андурма) Поселение Разгов (с. Разгов) Некрополь (с. Джони) Поселение Монидигах (с. Монидигах) Поселение Мистан (с. Мистан) Некрополь (с. Госмалян) Некрополь (с. Вери) Могильник Джыдыр-тепе (с. Киревуд) Некрополь (с. Тулу) Кладбище Ханбулаг (с. Кёгна Оранд) Поселение Барзаву (с. Барзаву) Пещера Бюзейир (с. Бюзейир) Некрополь Гамарат (с. Гамарат)

Примечание. Составлено на основе Списка памятников истории и культуры мирового и государственного значения, утвержденного постановлением Кабинета министров Азербайджанской Республики от 2 августа 2001 г. № 132.

Оценка уровня обеспеченности гостиничной сетью по балльной шкале была проведена для 9 горных районов (Губинский, Исмаиллинский, Ярдымлинский, Гедабекский, Лерикский, Товузский, Шамахинский, Дашкесанский, Шушинский). Поскольку статистические данные для Ордубадского и Шахбузского районов отсутствуют, а Лачинский, Агдеринский и Кельбаджарский районы, расположенные на территориях, освобожденных от оккупации, не имеют гостиниц, они не включены в оценочную шкалу. В зависимости от полученной оценки выделены три группы районов:

- районы с высокой оценкой (20–30 баллов) – Губинский, Исмаиллинский и Шамахинский районы;
- районы со средней оценкой (10–20 баллов) – Гедабекский, Лерикский и Товузский районы;
- районы с низкой оценкой (5–10 баллов) – Ярдымлинский, Дашкесанский и Шушинский районы.

При выборе туристами территории для путешествия важны как ее природные особенности, так и историко-культурные ценности. В ряде случаев объекты культуры и историко-культурные памятники считаются основным фактором при определении туристами регионов для посещения [30].

Среди административных районов Азербайджана, расположенных на высоте 1001–2000 м и более над уровнем моря, по количеству памятников архитектуры мирового значения выделяются Губинский, Исмаиллинский, Шушинский и Ордубадский районы, по количеству памятников археологии мирового значения – Ордубадский, Гедабекский, Дашкесанский и Шамахинский районы, по количеству памятников архитектуры государственного значения – Шушинский, Кельбаджарский и Шахбузский районы, а по количеству памятников археологии государственного значения – Гедабекский, Шахбузский, Лерикский и Ярдымлинский районы (см. табл. 5).

Историко-культурные туристические ресурсы, зарегистрированные в горных районах Азербайджана, также были оценены по балльной шкале. С учетом этого исследуемые районы разделены на три группы:

- районы с высокой оценкой (15–19 баллов) – Шахбузский, Гедабекский и Лерикский районы;
- районы со средней оценкой (7–12 баллов) – Губинский, Исмаиллинский, Шушинский, Ярдымлинский и Ордубадский районы;
- районы с низкой оценкой (1–5 баллов) – Товузский, Дашкесанский, Кельбаджарский, Шамахинский и Лачинский районы.

Заключение

Учитывая, что горный туризм является важным видом туризма и от него зависит развитие туристического сектора, исследованиям данной темы в российской и зарубежной литературе придавалось большое значение. Благодаря тому, что этот вид туризма имеет два ключевых фактора (сами горы и туристическую инфраструктуру), он может способствовать диверсификации и устойчивости туристической отрасли. Несмотря на важность горного туризма, международно признанного определения данного понятия не существует. Даже страны, где горный туризм играет значительную роль в экономике, не могут предоставить точную статистику на национальном уровне.

В целях определения роли туризма в экономике Азербайджана были проанализированы статистические показатели сфер, характерных для туризма, за 2013–2022 гг. В результате установлено, что все показатели, за исключением удельного веса созданной добавленной стоимости в ВВП страны и объема вложенных инвестиций, зарегистрированные за 2018–2022 гг., выросли по сравнению с таковыми за 2013–2018 гг. Также проанализированы экономические показатели гостиниц и аналогичных средств размещения в горных районах за 2015–2022 гг., при этом выявлено, что наибольшая динамика роста наблюдалась в Исмаиллинском, Ярдымлинском, Лерикском и Товузском районах.

Историко-культурные объекты мирового и государственного значения изучены как ресурс историко-культурного туризма, пещеры – как ресурс спелеотуризма, охраняемые территории – как ресурс экотуризма, горы – как ресурс горнолыжного туризма, образ жизни и обычаи местного населения, проживающего в селах, расположенных на высоте 1001–1500 м и 1501–2000 м над уровнем моря, – как ресурс этнографического туризма.

Поскольку Лачинский, Агдеринский, Кельбаджарский и Шушинский районы расположены на территориях, освобожденных от оккупации, война также повлияла на туристические ресурсы этих районов и их использование. После масштабных восстановительных работ на территориях, освобожденных от оккупации, будет возобновлена деятельность охраняемых территорий в соответствии с их статусом, создана гостиничная сеть и др.

По уровню обеспеченности гостиничной сетью и историко-культурными туристическими ресурсами горным районам дана балльная оценка, с учетом которой они разделены на районы с высокой, средней и низкой оценкой.

Библиографические ссылки

1. Agakishiyeva GR. The role of physical geographic conditions in organization of tourism in Azerbaijan. *Privolzhskii nauchnyi vestnik*. 2016;3:139–144. Russian. EDN: VRBVMH.

2. Agakishiyeva GR. Territorial organization of tourism in the mountainous regions of Azerbaijan (on the example of Sheki-Zagatala, Guba-Khachmaz and Mountainous Shirvan economic and geographical regions). *Vestnik of National Tourism Academy*. 2020;4:41–44. Russian. EDN: LOCOEN.
3. Agakishiyeva GR. Prospects for tourism development in mountainous regions of Azerbaijan (the Upper-Karabakh and Kelbajar-Lachin economic-geographical areas are examples). *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2023;1:13–22. Russian. DOI: 10.17308/geo/1609-0683/2023/1/13-22.
4. Məmmədov QŞ, Yusifov EF, Xəlilov MY, Kərimov VN. *Azərbaycan: ekoturizm potensialı. Cild 1*. Bakı: Şərq-Qərb; 2012. 359 s.
5. Soltanova HB. *Azərbaycan Respublikasında turizm və onun inkişafı*. Bakı: AzTU; 2015. 475 s.
6. Galachieva LA. The recreational potential of the geomorphological resources of the Kabardino-Balkarian territory. *Proceedings of Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences*. 2015;2:109–113. Russian. EDN: UWOLKH.
7. Zyryanov AI, Korolev AYu. Touristic zoning of mountain areas. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*. 2009; 6:19–25. Russian. EDN: KZAPUJ.
8. Korolev AYu. Matters of tourism organization in climbing zones of Russia. *Bulletin of Udmurt University. Series: Biology. Earth Sciences*. 2015;25(2):180–185. Russian. EDN: UAPUKT.
9. Taher SHM, Jamal SA, Sumarjan N, Aminudin N. Examining the structural relations among hikers' assessment of pull-factors, satisfaction and revisit intentions: the case of mountain tourism in Malaysia. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*. 2015;12:82–88. DOI: 10.1016/j.jort.2015.11.012.
10. Nepal SK. *Tourism and the environment: perspectives from the Nepal Himalaya*. Lalitpur: Himal Books; 2003. XXVIII, 205 p. Co-published by the «Studien Verlag».
11. Romeo R, Russo L, Parisi F, Notarianni M, Manuelli S, Carvao S. *Mountain tourism – towards a more sustainable path*. Rome: FAO; 2021. 120 p. Co-published by the World Tourism Organization (UNWTO). DOI: 10.4060/cb7884en.
12. Tigu G. New challenges for tourism destination management in Romania. In: Kasimoğlu M, Aydın H, editors. *Strategies for tourism industry – micro and macro perspectives*. Rijeka: InTech; 2012. p. 167–184.
13. Duglio S, Beltramo R. Estimating the economic impacts of a small-scale sport tourism event: the case of the Italo-Swiss mountain trail CollonTrek. *Sustainability*. 2017;9(3):343. DOI: 10.3390/su9030343.
14. Nordregio. *Mountain areas in Europe: analysis of mountain areas in EU member states, acceding and other European countries. Final report*. [S. l.]: Nordregio; 2004 January. XIX, 271 p. Contract No. 2002.CE.16.0.AT.136.
15. Борсук ОА, Тимофеев ДА. Рельеф как природное и культурное наследие. В: Григорьев ГН, редактор. *Проблемы экологической геоморфологии. Материалы Межгосударственного совещания XXV пленума Геоморфологической комиссии РАН; 18–22 сентября 2000 г.; Белгород, Россия*. Белгород: Издательство Белгородского государственного университета; 2000. с. 14–15.
16. Marić I. Izgradnja u planinskim područjima. U: Mitrović S, urednik. *Planina-2002: raubovanje resursa, odsustvo razvoja, odlazak stanovništva. Konferencija o razvoju planinskih područja sa međunarodnim učesćem; decembar 2002; Kopaonik, Srbija*. Beograd: Savez inženjera i tehničara Srbije; 2002. s. 103–105. Zajedno sa Institutom za arhitekturu i urbanizam Srbije.
17. Panov N, Taleška R, Dimeska H. The importance of mountain regions for tourism development in Republic of Macedonia. In: Markoski B, Milevski I, Gorin S, Radevski I, Iliev D, Zlatanovski V, editors. *Hilly mountain areas – problems and perspectives. Proceedings from International scientific symposium; 2013 September 12–15; Ohrid, Macedonia. Tome 2*. [S. l.]: Macedonian Geographical Society; 2013. p. 547–553.
18. Brohman J. New directions in tourism for third world development. *Annals of Tourism Research*. 1996;23(1):48–70. DOI: 10.1016/0160-7383(95)00043-7.
19. Gurung CP, DeCoursey MA. Too much too fast: lessons from Nepal's lost kingdom of Mustang. In: Godde PM, Price MF, Zimmermann FM, editors. *Tourism and development in mountain regions*. Wallingford: CABI Publishing; 2000. p. 239–254.
20. UNWTO. *Innovative strategies for sustainable mountain tourism development. 3rd Euro-Asian mountain resorts conference; 2017 April 4–7; Tbilisi, Georgia* [Internet]. [S. l.]: [s. n.]; 2017 [cited 2023 March 21]. Available from: <https://www.unwto.org/archive/global/event/3rd-euro-asian-mountain-resorts-conference>.
21. Buerki R, Elsasser H, Abegg B. Climate change – impacts on the tourism industry in mountain areas [Internet]. In: World Tourism Organization. *Climate change and tourism. Proceedings of the 1st International conference; 2003 April 9–11; Djerba, Tunisia*. [S. l.]: [s. n.]; 2003 [cited 2023 March 21]. Available from: <https://www.e-unwto.org/doi/10.18111/9789284406326.14>.
22. Gill A, Williams P. Managing growth in mountain tourism communities. *Tourism Management*. 1994;15(3):212–220. DOI: 10.1016/0261-5177(94)90107-4.
23. González A, Tonazzini D, Klarwein S. *Coherencia política del turismo de montaña y el cambio climático: comarca de la Jacetania (Pirineo Aragonés)* [Internet]. [S. l.]: [s. n.]; 2019 [cited 2020 March 18]. Available from: http://www.ecounion.eu/wp-content/uploads/2019/08/Informe_JacetaniaPirineoAragon%C3%A9s_5junio2019-1.pdf.
24. Luthe T, Wyss R, Schuckert M. Network governance and regional resilience to climate change: empirical evidence from mountain tourism communities in the Swiss Gotthard region. *Regional Environmental Change*. 2012;12(4):839–854. DOI: 10.1007/s10113-012-0294-5.
25. Scott D. Global environmental change and mountain tourism. In: Gössling S, Hall CM, editors. *Tourism and global environmental change: ecological, social, economic and political interrelationships*. London: Routledge; 2006. p. 54–75 (Contemporary geographies of leisure, tourism, and mobility).
26. Orive V, Elboj C, Valero D. The impact of the economic crisis on mountain tourism: an analysis in the Central Pyrenees region in Spain. *Cuadernos de Turismo*. 2021;47:85–102.
27. Nepal SK, Chipeniuk R. Mountain tourism: toward a conceptual framework. *Tourism Geographies*. 2005;7(3):313–333. DOI: 10.1080/14616680500164849.
28. Budaqov BƏ, Eminov ZN, Mərdanov İE. Azərbaycanca yaşayış məntəqələrinin yüksəklik qurşaqları üzrə yerləşməsi qanunauyğunluqları. *Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının xəbərləri. Yer elmləri seriyası*. 2006;3:89–97.
29. Zhelnina ZY. The potential of ethnographic tourism in the development of the cultural identity of the ethnos. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Philosophy. Political Science. Culturology*. 2018;4(2):136–144. EDN: FNBIAH.
30. Agakishiyeva GR, Ismayilova EA. Contemporary situation and development directions of the cultural tourism in the mountainous areas of Azerbaijan. *Universidad & Sociedad*. 2022;14(5):256–263.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЗАСУХ

Е. Н. СУМАК^{1), 2)}

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

²⁾Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, пр. Независимости, 110, 220114, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Засуха является одним из крупнейших стихийных бедствий в жизнедеятельности человечества. По основным показателям негативного воздействия она занимает лидирующие позиции среди других опасных гидрометеорологических явлений. Под влиянием глобальных климатических изменений проблема усиления засушливости в разных частях планеты, особенно в аграрных регионах, стала крайне острой. Ожидается, что в долгосрочной перспективе глобальная температура продолжит повышаться, возрастет пространственно-временная неравномерность выпадения осадков, что приведет к дальнейшему увеличению риска возникновения засух в засушливых регионах. По этой причине мониторинг и прогнозирование засушливых явлений актуальны как при проведении научных исследований, так и при решении прикладных задач. В статье представлены основные принципы оценки засух и параметры, которые наиболее часто применяются для мониторинга засух в мире. Показана роль атмосферных процессов в возникновении и эволюции засух. Рассмотрена система мониторинга и оценки засушливых явлений, используемая в Республиканском центре по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды для агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства Беларуси.

Ключевые слова: засуха; методы оценки засух; мониторинг засух; индикаторы засух; индексы засух.

Благодарность. Автор выражает глубокую признательность профессору Одесского государственного экологического университета доктору географических наук И. Г. Семёновой и сотрудникам отдела агрометеорологии службы гидрологии и агрометеорологии Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды за консультации и ценные рекомендации в процессе написания статьи.

Образец цитирования:

Сумак ЕН. Обзор современных методов исследования и мониторинга засух. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024;2:91–106.
EDN: SXP GDD

For citation:

Sumak KM. Review of modern methods of drought research and monitoring. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2:91–106. Russian.
EDN: SXP GDD

Автор:

Екатерина Николаевна Сумак – кандидат географических наук; доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики¹⁾, ведущий инженер-синоптик отдела краткосрочных прогнозов погоды, неблагоприятных и опасных явлений службы метеорологических прогнозов²⁾.

Author:

Katsiaryna M. Sumak, PhD (geography); associate professor at the department of the general geography and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics^a, and leading weather forecaster at the department of short-term weather forecasts, adverse and dangerous phenomena, weather forecasting service^b.
katyasbelarus@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5762-5501>

REVIEW OF MODERN METHODS OF DROUGHT RESEARCH AND MONITORING

K. M. SUMAK^{a, b}

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

^bRepublican Centre for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring, 110 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220114, Belarus

Abstract. Drought is one of the largest natural disasters in human life. According to the main indicators of negative impact, it occupies a leading position among other dangerous hydrometeorological phenomena. Under the influence of global climate change, the problem of increasing aridity in different parts of the planet, especially in agricultural regions has become extremely acute. It is expected that in the long term, global temperatures will continue to rise, spatial and temporal variability of precipitation will increase, which will lead to a further increase in the risk of droughts in arid regions. For this reason, monitoring and forecasting drought events are relevant both in scientific research and in solving applied problems. This article presents the basic principles of drought assessment and the parameters that are currently most often used in the world for drought monitoring. The role of atmospheric processes in the formation and evolution of droughts is shown. The system of monitoring and assessment of drought phenomena used in the Republican Centre for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring for agrometeorological support of agriculture of Belarus is considered.

Keywords: drought; methods of drought assessment; drought monitoring; indicators of droughts; indices of droughts.

Acknowledgements. The author expresses deep gratitude to professor of the Odessa State Ecological University, doctor of science (geography) I. G. Semenova and the staff of the department of agrometeorology of the hydrology and agrometeorology service of the Republican Centre for Hydrometeorology, Control of Radioactive Contamination and Environmental Monitoring for consultations and valuable recommendations in the process of writing this article.

Введение

Засуха – опасное гидрометеорологическое явление высокой степени воздействия, которое требует совершенствования методик наблюдения и прогнозирования в связи с участвующими в условиях изменения климата эпизодами засух во всех регионах Земли. Уже сейчас потери от воздействия засухи в Европейском союзе и Великобритании достигают 9 млрд евро в год, и при отсутствии действий, направленных на снижение глобальной температуры до 2100 г., а также мер по адаптации к изменениям климата потери могут возрасти до более чем 65 млрд евро в год [1].

Засухи различной интенсивности и продолжительности часто отмечаются в Восточной Европе. За последние 75 лет из-за увеличения количества осадков в холодное время года интенсивность и частота засух снизились в Эстонии, Латвии, Литве, северных частях Беларуси и Польши. Летом, напротив, наблюдалась тенденция к усилению засух в южных регионах – Чехии, Словакии, Венгрии, Румынии, Молдове, на юге Польши [2].

Южные регионы Восточной Европы особенно подвержены засухе в теплое время года в связи с преобладанием антициклонических полей, которые способствуют высушиванию воздуха и почвы из-за интенсивного радиационного прогрева и отсутствия осадков [3; 4]. Засушливые периоды, особенно весной и летом, наносят значительный ущерб сельскому хозяйству, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Так, засушливый сезон 2019–2020 гг. в Украине, вызванный длительным отсутствием осадков и теплой зимой, был сильнейшим с 1947 г. Снижение влажности почвы привело к гибели 80 % посевов в юго-западных регионах страны весной 2020 г., что имело разрушительные последствия для региональной экономики [5].

В Беларуси ежегодно бывает 3–4 периода, когда атмосферные осадки отсутствуют в течение 10 сут, раз в 2 года наблюдается отсутствие осадков на протяжении 20–25 сут, а раз в 10 лет – на протяжении 30–35 сут¹. Например, с 21 мая по 10 августа 1999 г. на территории республики установилась аномально сухая погода практически без дождей. В начале июня запасы продуктивной влаги в почве достигали критически низких значений. Почвенная засуха сопровождалась сушевыми явлениями. Температурный фон в летние месяцы оказался на 2–4 °С выше средних многолетних значений. Установившаяся и продолжавшаяся в течение 82 сут засуха привела к повреждению и гибели многих сельскохозяйственных культур.

¹Атлас опасных метеорологических явлений на территории Беларуси : учеб. пособие / В. Ф. Логинов [и др.]. М. : Мещер. фил. ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2016. 58 с.

В конце XX – начале XXI в. повторяемость засушливых явлений в Беларуси участилась. Значительные последствия для экономики страны имели засухи 1990, 1992, 1994–1997, 2001, 2002, 2004, 2006, 2009, 2010, 2012, 2015 и 2018 гг. [6; 7]. Дефицит осадков сопровождался повышенным температурным режимом, что усилило неблагоприятные хозяйственные последствия².

Отсутствие универсального определения засухи и многообразие методов оценки являются проблемой при выборе наиболее эффективного принципа мониторинга засух, что порождает необходимость в адаптации существующих методик и разработке оригинальных подходов, учитывающих как физический механизм возникновения и эволюции засухи, так и влияние географических и климатических особенностей региона исследования [5]. В данной обзорной статье рассмотрены основные принципы оценки засух и параметры, которые в настоящее время наиболее часто применяются для мониторинга засух в мире.

Сущность, определение и последствия проявления засух

Наиболее общее определение засухи обычно сводится к такому понятию, как отсутствие осадков в течение длительного периода, приводящее к нехватке доступной влаги. Подобные условия могут отмечаться в любом климате, что делает засуху универсальным природным явлением, обнаружение которого требует тщательного подхода и учета многих факторов, характерных для конкретного региона. Сложность определения засухи наглядно демонстрирует тот факт, что уже в начале 1980-х гг. различными исследователями были опубликованы более 150 определений засухи, отражающих различия в регионах, отраслях и подходах. Некоторые определения засухи являются концептуальными и могут иметь важное значение при разработке политики в отношении засухи. Другие определения оперативные, они описывают развитие и воздействие засухи доступными методами измерения и оценки.

Естественная засуха – это отклонение метеорологических, сельскохозяйственных и гидрологических параметров (например, количества осадков, влажности почвы, речного стока, уровня грунтовых вод и т. д.) от климатических норм. Дефицит влаги, обусловленный погодными условиями, проявляется в отрицательных аномалиях количества осадков, влажности почвы и речного стока, связанных соответственно с метеорологическими, сельскохозяйственными и гидрологическими засухами. Социально-экономическая засуха определяется как недостаток воды для удовлетворения потребностей человеческой деятельности из-за погодных условий³ [8].

Засуха представляет собой комплексное явление, связанное с компонентами гидрологического цикла, рассмотрение которого необходимо для установления той среды и того периода, в которых возникает дефицит влаги [9]. При этом у засух, как и у взаимосвязанных засушливых явлений (бездождевой период, суховей), есть определенные граничные критерии, при превышении которых они становятся опасными.

Рассмотрим взаимосвязь разных типов засух в последовательности их развития. Метеорологическая, или атмосферная, засуха возникает в условиях отсутствия осадков на фоне высоких температур и низкой влажности, что является следствием высокой степени инсоляции при отсутствии облачности [3; 10]. Такое сочетание метеорологических параметров приводит к увеличению испарения, с одной стороны, и к уменьшению поверхностного стока, инфильтрации и накоплению подземных вод, с другой стороны. Метеорологические засухи могут быстро начинаться и внезапно заканчиваться в результате выпадения обильных осадков. Но в условиях длительного недобора осадков запасы влаги в почве без их пополнения дождевой водой постепенно истощаются [5]. Приток воды к растениям через корневую систему уменьшается, а расход влаги на транспирацию начинает превышать ее поступление из почвы, что нарушает нормальные условия фотосинтеза и углеродного питания растений. В таких случаях говорят о переходе от метеорологической засухи к сельскохозяйственной, или почвенной, засухе, которая выражается прежде всего в формировании устойчивого дефицита влаги в почве, что негативно сказывается на растениях, вызывая у них стресс, уменьшение биомассы и снижение урожайности, а иногда приводит к гибели растений.

Сельскохозяйственная засуха чаще понимается именно как нехватка воды в почве для поддержания роста сельскохозяйственных культур и кормов, чем как отсутствие достаточного количества осадков в течение определенного периода. Связь между выпадением осадков и их инфильтрацией в почву обычно не прямая. Скорость инфильтрации варьируется в зависимости от предшествующих условий влажности, уклона поверхности, типа почвы и интенсивности выпадения осадков. Характеристики почвы тоже различаются. Так, некоторые почвы обладают более высокой влагоудерживающей способностью, что делает

²Климат Республики Беларусь в 2015 году / М. Г. Герменчук [и др.] ; Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоактив. загрязнения и мониторингу окружающей среды ; под общ. ред. М. Г. Герменчук. Минск, 2016. 32 с.

³American Meteorological Society. Drought // American Meteorological Society : website. Boston, 2013. URL: <https://www.amet-soc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/statements-of-the-ams-in-force/drought/> (date of access: 30.01.2021).

их менее уязвимыми для засухи. Потребности растения в воде также определяются весьма широким набором факторов: текущими погодными условиями, биологическими характеристиками данного вида растений и стадией его развития на момент формирования дефицита влаги. Например, дефицит влаги в верхнем слое почвы при посеве может привести к затруднению прорастания семян и уменьшению всходов. Однако если впоследствии дефицит влаги в верхнем слое почвы исчезает благодаря погодным условиям и выпадению осадков в течение вегетационного периода, то засуха в начале развития растений может практически не повлиять на будущий урожай.

Сочетание атмосферной и почвенной засух приводит к возникновению общей засухи, которая является особенно опасной для растений из-за невозможности их питания влагой из почвы на фоне высоких температур воздуха и отсутствия осадков.

В зависимости от сезона возникновения и продолжительности в течение вегетационного периода сельскохозяйственные засухи подразделяются на три типа: весенние, летние и осенние [3]. Весенняя засуха характеризуется низкими температурой и относительной влажностью воздуха и сопровождается суховейными явлениями. Этот тип засухи задерживает фазу всходов, ослабляет кущение и ухудшает укоренение растений, уменьшает количество заложенных колосьев в колосе. Однако если весной в почве будет достаточно влаги, то засуха мало повлияет на будущий урожай.

Летняя засуха характеризуется высокими температурами в условиях высокой инсоляции, низкой относительной влажностью воздуха и значительной испаряемостью. Пагубное воздействие летней засухи на посевы обычно сильнее, поскольку к моменту ее возникновения запасы почвенной влаги часто являются намного меньшими, чем весной. Летняя засуха отрицательно влияет на вегетативный рост и состояние корневой системы, что снижает качество будущего урожая. На территории Восточной Европы нередки весенне-летние засухи, когда засушливые явления наблюдаются в течение последовательных сезонов, набирая интенсивность. Наиболее яркий пример такой сильной засухи, условия которой были заложены еще в зимний период, отмечен на территории европейской части России в 2010 г. [11]. Холодная зима 2010 г. способствовала возникновению весеннего дефицита влаги в почве, и уже в мае на юге региона сложились засушливые условия, которые на протяжении июня – августа распространились от Поволжья во всех направлениях вплоть до северных районов европейской части России, где засуха никогда не наблюдалась. В то же время с мая по август интенсивность засухи возрастала, достигая сильных и экстремальных значений в юго-восточных районах европейской части России.

Осенняя засуха возникает при понижении температуры воздуха. Как правило, после летнего периода верхний слой почвы значительно высушен, и при дальнейшем сохранении дефицита осадков осенью почвенная засуха усиливается. Посеянные в таких условиях озимые культуры не могут нормально развиваться и часто погибают во время зимовки. Одним из ярких примеров интенсивной осенней засухи является осень 2011 г. в Украине, когда в результате преобладания антициклонических полей над южными регионами Восточной Европы в течение всех трех осенних месяцев осадков практически не наблюдалось [12]. На одной трети засеянных озимыми культурами площадей всходы не появились вообще, а взшедшие озимые были ослаблены и не перенесли зиму, что привело к необходимости пересева значительной части полей весной следующего года.

Дальнейшая эволюция засушливых условий от метеорологических и сельскохозяйственных засух может привести к гидрологической засухе, которая проявляется в уменьшении речного стока, снижении уровней водохранилищ и озер, высыхании болот и сокращении естественной среды обитания дикой природы. Как и при сельскохозяйственной засухе, нет прямой связи между осадками и запасами поверхностных и подземных вод в озерах, водохранилищах и ручьях, поскольку эти компоненты водной системы используются для различных, в том числе конкурирующих, целей, таких как орошение, борьба с наводнениями, производство гидроэлектроэнергии, бытовое водоснабжение, туризм, защита окружающей среды и экосистем и др. Следует учитывать, что из-за обширности гидрологической системы, связывающей разные регионы, площадь распространения гидрологической засухи может быть существенно больше и выходить за границы региона, где первоначально сформировалась метеорологическая засуха, приведшая впоследствии к гидрологической засухе [9].

Сочетание перечисленных типов засух характеризует социально-экономическую засуху, последствия которой проявляются как в жизнедеятельности человека, так и в окружающей среде. Социально-экономическая засуха существенно отличается от других типов засух, поскольку она отражает взаимосвязь между спросом и предложением на определенные товары или экономические блага (например, воду, корм для животных, гидроэлектроэнергию), которые зависят от осадков. Предложение варьируется каждый год в зависимости от количества осадков или наличия запасов воды. Спрос также меняется и во многих случаях имеет положительную динамику из-за роста населения, экономического развития и других факторов. Очень часто экономические последствия засух оцениваются исключительно степенью их влияния

на урожай, однако интенсивные и масштабные засушливые условия способны не только ухудшить состояние экономики страны, но и привести к значительным социальным последствиям, приобретающим характер гуманитарной катастрофы в странах и регионах со слабой экономикой.

Кроме рассмотренных типов засух, в контексте оценки воздействия и последствий засухи выделяют еще один тип – экологическую засуху. Поскольку засуха является частью природных процессов на Земле, растения, животные и экосистемы развиваются и адаптируются с учетом данного природного явления. Когда экосистемы выходят за пределы своей способности адаптироваться, они могут преодолевать пороговые значения уязвимости, что приводит к временному либо постоянному изменению их состава, структуры и функционирования в локальном или ландшафтном масштабе. Уязвимость природных систем для засухи зависит от чувствительности системы и ее способности адаптироваться и восстанавливаться после засухи. Экологическая засуха – это «эпизодический дефицит воды, вызывающий в экосистемах превышение пороговых значений уязвимости, оказывающий влияние на самообслуживание экосистемы и запускающий обратную связь в естественных и (или) антропогенных системах»⁴ [13, р. 2544]. При-
мерами воздействия засухи на экологические системы могут являться:

- снижение роста растений в течение сезона или их гибель;
- сокращение либо исчезновение местных видов;
- переходы на ландшафтном уровне (например, преобразование лесов в нелесную растительность, которое может снизить удержание воды в почве, а также изменение режима стока, повышение температуры и ухудшение качества воды в пресноводных экосистемах, нередко приводящие к гибели рыбы, уменьшению возможностей для отдыха и снижению выработки гидроэлектроэнергии).

Экологическая засуха может быть вызвана природными явлениями, такими как отсутствие осадков или повышение температуры воздуха, и в ряде случаев приводит к возникновению многочисленных конкурирующих потребностей в существующих ограниченных источниках воды либо усложняет уже имеющуюся проблему. Так, решения по землепользованию и распределению водных ресурсов могут вызвать или усугубить экологическую засуху, например, за счет модификации гидрологических процессов в целях накопления и хранения воды в период засухи, что в некоторой степени уменьшает доступность воды для экосистем.

Роль атмосферных процессов в возникновении и эволюции засух

Большинство исследований, посвященных изучению засух, показывают, что их возникновение и развитие обусловлены совокупностью причин и природных процессов, которые в течение определенного периода действуют однонаправленно и создают дефицит влаги на фоне высоких температур. Однако основную роль в формировании условий, приводящих к отсутствию осадков в конкретном регионе, обычно играет циркуляционный фактор [14; 15].

Для возникновения засухи в Восточной Европе должны произойти процессы, препятствующие возникновению атлантических воздушных масс вглубь континента. Непосредственно наступление засухи связано с установлением арктических антициклонов, сформировавшихся в холодном и сухом воздухе северных широт. Дальнейшее развитие засухи и ее интенсивность во многом зависят от того, нарушен ли зональный поток в атмосфере и будет ли он преобразовываться в блокирующий процесс («блок»). В большинстве случаев продолжительная интенсивная засуха возникает в результате блокирования зонального потока в атмосфере обширным антициклоном, влияние которого обычно распространяется не только на район стационарирования антициклона, но и на прилегающие территории [3; 16].

Сильные и продолжительные засухи в Восточной Европе обусловлены установлением меридионального переноса в атмосфере и формированием стационарных антициклонов над северными, северо-западными либо центральными районами европейской части России, Нижним Поволжьем или Южным Уралом. Реже стационарные антициклоны возникают над Карпатами или представляют собой ядра высокого давления в системе Азорского антициклона [4]. Кроме того, климатические исследования показывают, что регион Восточной Европы относится к одному из районов наиболее частого появления блокирующих процессов в Северном полушарии [17], таким образом, формирование засух соответствует климатическим условиям данного региона.

Помимо блокирующих процессов, к засушливым явлениям могут приводить другие синоптические процессы, характеризующиеся преобладанием антициклонических полей. Так, в формировании упоминавшейся выше засухи в Украине осенью 2011 г. большую роль сыграла частая повторяемость подвижных транзитных антициклонов, которые смещались из разных районов в условиях слабозамкнутого зонального потока. Устойчивый блокирующий процесс возник лишь в ноябре 2011 г., усилив проявления «динамической» засухи.

⁴Здесь и далее перевод наш. – Е. С.

Немаловажную роль в формировании засух вегетационного периода играют синоптические процессы предшествующего холодного сезона. Для Восточной Европы характерна циклоническая активность в зимний период: циклоны образуются на ветвях полярного фронта и смещаются из районов Северной Атлантики и Средиземного моря по разным траекториям [18]. Для центральных и южных районов региона, в том числе для территории Беларуси и Украины, особую значимость имеет повторяемость южных циклонов, образующихся на средиземноморском участке полярного фронта, поскольку с ними связано выпадение основного количества осадков зимнего периода, формирующих влагозапасы почвы. Уменьшение повторяемости этих циклонов зимой приводит к резкому увеличению вероятности засух в последующий весенне-летний сезон [19].

Еще одним атмосферным процессом, который может наблюдаться одновременно с засухой и усиливать ее проявления, выступает суховец [3]. Данное явление характерно для периферийных областей стационарных антициклонов, но иногда может возникать и в других синоптических ситуациях, при которых отмечаются повышенные градиенты давления и интенсивный перенос воздуха. Горячий и сухой ветер приводит к усилению испаряемости и иссушению почвы, нанося дополнительный ущерб уже угнетенным засухой сельскохозяйственным растениям, что может вызвать их быструю гибель. В целом количество дней с суховеем значительно возрастает в те сезоны, когда наблюдается метеорологическая или сельскохозяйственная засуха, что обусловлено преобладанием устойчивых обширных антициклонов, на периферии которых есть условия для выноса теплых и сухих воздушных масс из субтропических районов [20]. Поскольку суховец сопровождается резким увеличением эвапотранспирации за счет высокой температуры воздуха при повышенной скорости ветра, его появление и устойчивость во времени могут быть связаны с таким процессом, как флеш-засуха (*flash drought*). Понятие флеш-засухи появилось сравнительно недавно, оно характеризует процесс быстрого наступления и усиления засухи [21]. В отличие от медленно развивающейся засухи, которая вызвана уменьшением количества осадков, флеш-засуха возникает, когда недостаточное количество осадков сопровождается аномально высокими температурами (например, волнами тепла) и сильными ветрами при высоком уровне инсоляции. Этот тип засух характерен для теплого сезона года (согласно исследованиям, проведенным в США). Наибольшая интенсивность флеш-засух приходится на май и в дальнейшем снижается в течение вегетационного периода. В качестве индикаторов раннего предупреждения о развитии флеш-засухи рекомендуется использовать такие параметры, как эвапотранспирация и скорость ее изменения, а также влажность почвы.

Индикаторы и индексы засух

Отсутствие универсального определения засухи и характера ее развития, отличающегося относительно медленным нарастанием неблагоприятных условий, приводит к несвоевременной разработке политики в отношении засухи и мер по обеспечению готовности к ней. В 2013 г. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Глобальное водное партнерство запустили Комплексную программу борьбы с засухой (*Integrated Drought Management Programme, IDMP*)⁵ в рамках Глобальной системы климатического обслуживания (*Global Framework for Climate Services, GFCS*)⁶ для приоритетных сфер уменьшения риска стихийных бедствий – водоснабжения, сельского хозяйства и продовольственной безопасности [8]. Цели этой программы подчеркивают важность региональных и национальных усилий по совершенствованию политики в отношении засухи и инструментов ее прогнозирования. Анализ современных способов адаптации к засухе и обеспечения готовности к ней показал, что в национальной политике необходимо предпринять ряд целенаправленных шагов, одним из которых является «подготовка/написание основных положений национальной политики по борьбе с засухой и планов обеспечения готовности к ней, включая следующие элементы: мониторинг, заблаговременное предупреждение и прогноз; оценку риска и воздействия; смягчение последствий и реагирование» [22, р. 17].

Засуха характеризуется интенсивностью, продолжительностью, площадью охвата и сроками возникновения. Мониторинг засухи предполагает наблюдение за индикаторами и индексами, оценивающими изменения гидрологического цикла региона. Индикаторы применяются для описания условий засухи и включают в себя количество осадков, температуру, речной сток, уровень грунтовых вод, уровень водохранилищ, влажность почвы и снежный покров. Индексы – это численные параметры, которые рассчитываются с использованием климатических и (или) текущих гидрометеорологических данных и дают представление об интенсивности засухи. Они основываются на количественных измерениях, например, осадков и температуры воздуха, которые соответствуют интенсивности, продолжительности, месту и времени возникновения засухи. Индексы имеют важное значение для мониторинга и прогнозирования

⁵Integrated drought management programme : website. 2023. URL: <https://www.droughtmanagement.info/> (date of access: 22.07.2024).

⁶Global framework for climate services : website. 2024. URL: <https://gfcs.wmo.int/ru/node/20864> (date of access: 22.07.2024).

последствий засухи, а также могут служить историческим ориентиром, который планировщики используют для оценки будущих засух [5]. В рамках Комплексной программы борьбы с засухой определены три основных метода мониторинга засухи в целях ее оценки и раннего предупреждения:

- 1) использование одного индикатора или индекса;
- 2) использование нескольких индикаторов или индексов;
- 3) использование комплексных, или гибридных, индикаторов.

Исторически из-за ограниченности данных и времени для проведения исследований мониторинг засухи осуществлялся с использованием одного или нескольких индикаторов. В последнее время стали применяться гибридные индикаторы, представляющие собой комбинации разных индексов. Комплексные индикаторы являются более надежными методами обнаружения засухи, потому что в таком случае интенсивность засухи оценивается с использованием различных данных о доступности воды в конкретном регионе [5].

В настоящее время известно более 100 индикаторов и индексов засух, процедуры расчета которых постоянно совершенствуются и модифицируются. Кроме того, появляются новые индексы [23].

В отечественной агрометеорологии наиболее популярным и широко применяемым является гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) [3], который представляет собой отношение суммарного количества осадков (R , мм) за какой-либо период к сумме среднесуточных температур воздуха, превышающих $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (t , $^{\circ}\text{C}$), за тот же период:

$$\text{ГТК} = \frac{\sum R}{0,1 \sum t}. \quad (1)$$

Как видно из формулы (1), расчет ГТК ограничен вегетационным периодом. Кроме того, к недостаткам ГТК относится отсутствие учета весенних запасов влаги в почве, а также использование в качестве показателя испаряемости только температуры воздуха. Засушливым считается период, когда $\text{ГТК} < 1,0$, а сухим – период, когда $\text{ГТК} < 0,5$. Критерии ГТК для определения интенсивности атмосферных засух могут варьироваться для разных агроклиматических зон.

Менее популярным, хотя и физически обоснованным, является общий индекс засушливости Педя (S_i) [24], который рассчитывается с использованием аномалий температуры (T), количества осадков (R) и влагозапасов почвы (W), нормированных на их среднеквадратические отклонения (σ_T , σ_R и σ_W соответственно) за определенный месяц:

$$S_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R} - \frac{\Delta W}{\sigma_W}. \quad (2)$$

Засушливым считается состояние, когда $S_i > 0$, а засуха наступает, когда $S_i \geq 2,0$. Отрицательные значения данного индекса характеризуют влажные периоды. Формула (2) дает информацию об общей атмосферно-почвенной засушливости в определенном районе. Исследования показали, что основной вклад в значение индекса S_i вносит атмосферная засушливость, поэтому формулу (2) можно разбить на две формулы, которые отдельно определяют атмосферную засушливость S_a (связана с T и R) и почвенную засушливость S_n (связана с W).

В международной практике одним из наиболее распространенных показателей для оценки засушливых условий на длительных интервалах времени стал индекс Палмера (*Palmer drought severity index*, PDSI) [25]. Для его вычисления используется упрощенное уравнение водного баланса, основными параметрами которого являются данные о температуре воздуха и количестве осадков, а также постоянные параметры, характеризующие влагоемкость почвы. Достоинством расчетной схемы индекса PDSI считается определение потенциальной эвапотранспирации, которая в оригинальной работе У. Палмера вычисляется методом Торнтвейта. Индекс PDSI был разработан для территории США, поэтому выделенные 11 градаций для интерпретации его значений характерны прежде всего для центральных штатов, для других районов индекс PDSI нуждается в адаптации к региональным условиям, что считается одним из существенных недостатков данного индекса.

В настоящее время большой популярностью пользуются сравнительно новые стандартизированные индексы засух, такие как стандартизированный индекс осадков (*standardised precipitation index*, SPI) и стандартизированный индекс осадков и эвапотранспирации (*standardised precipitation evapotranspiration index*, SPEI) [23]. Индекс SPI, рекомендованный ВМО для мониторинга засух в национальных метеослужбах [26], основывается на использовании временных рядов месячных сумм осадков, а его расчет предполагает анализ функции распределения количества осадков на выбранном временном интервале и определение вероятности превышения любого наблюдаемого значения количества осадков. Положительные значения индекса SPI соответствуют разной степени увлажненности, отрицательные – засушливым условиям, при этом значение $\text{SPI} < -2$ характеризует экстремальную засуху. Индекс SPI

может рассчитываться на любых временных интервалах (от месяца и более), что дает возможность отслеживать с его помощью различные типы засух – от метеорологических и сельскохозяйственных, период развития которых составляет 1–6 мес., до гидрологических засух, развивающихся на протяжении 6–12 мес. и более.

Индекс SPEI, предложенный в работе [27], аналогичен индексу SPI, однако его расчет основан на двумерном распределении, причем вместо данных об осадках используется разность месячных сумм осадков и потенциальной эвапотранспирации. Такой подход позволяет учесть вклад температуры воздуха, что является немаловажным фактором при усилении засушливости в условиях потепления климата и делает этот индекс более эффективным в определении засухи по сравнению с индексом SPI.

Бурное развитие космических технологий в последние десятилетия привело к появлению многочисленных видов данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), часть которых могут успешно применяться для оценки засушливых условий. В их число входят так называемые вегетационные индексы, характеризующие состояние растительности в зависимости от ее спектральной отражающей способности [9; 23]. Как правило, используется красная зона электромагнитного спектра (0,62–0,75 мкм), на которую приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а также ближняя инфракрасная зона (0,75–1,30 мкм), где наблюдается максимальное отражение солнечной энергии внутренней (клеточной) структурой листа. Следует отметить, что все вегетационные индексы так или иначе зависят от состояния атмосферы и подстилающей поверхности, а также характеристик сенсора спутника, поэтому их использование может потребовать проведения предварительной интерпретации с привлечением данных наземных наблюдений.

Наиболее известный и широко применяемый вегетационный индекс – нормализованный разностный вегетационный индекс (*normalised difference vegetation index*, NDVI) – рассчитывается как разность измеренных значений интенсивности отраженного излучения в красном и ближнем инфракрасном спектральных диапазонах, нормированная на сумму этих величин [23]. Для растительности индекс NDVI принимает значения от 0,2 до 0,8, при этом чем больше зеленая фитомасса, тем больше значение индекса. Таким образом, данный индекс позволяет выявлять стресс растительности, связанный с засухой. Как правило, индекс NDVI рассчитывается за восьми- или десятидневный период в целях уменьшения погрешностей из-за облачности, при этом он имеет очень высокое разрешение и большой пространственный охват. Кроме того, благодаря наличию достаточного ряда наблюдений, включающего значения индекса NDVI, стали возможны расчет и использование аномалий этого индекса, которые являются более показательными для оценки состояния растительного покрова и степени его повреждения засухой (рис. 1).

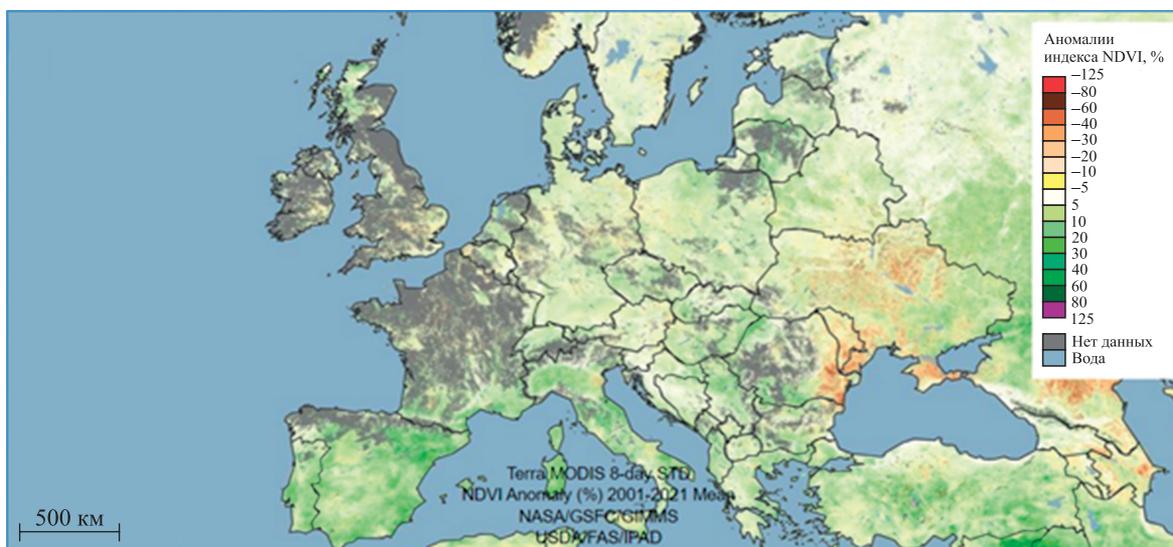


Рис. 1. Пример распределения аномалий индекса NDVI по территории Европы 9–16 июня 2020 г.
Источник: <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>

Fig. 1. An example of the distribution of NDVI index anomalies across Europe on 9–16 June 2020.
Source: <https://glam1.gsfc.nasa.gov/>

В целях повышения эффективности индекса NDVI для выявления засух на его основе были разработаны вегетационные индексы, которые в большей степени характеризуют воздействие засухи на растительность и могут давать информацию о начале, продолжительности и интенсивности засухи путем

фиксации изменений в растительном покрове и их сравнения с многолетними значениями [23]. К таким индексам прежде всего относится индекс вегетационных условий (*vegetation condition index*, VCI), который представляет собой разность текущего значения индекса NDVI и его минимального многолетнего значения за тот же период, нормированную на разность максимального и минимального многолетних значений индекса NDVI за рассматриваемый период [28]. Использование многолетних значений в расчете индекса VCI позволяет учесть вариации состояния растительности, связанные с текущими погодными условиями. Индекс VCI представляется в процентах, при этом состояние засухи идентифицируется, когда значение индекса VCI падает до 35 % и ниже. Данный индекс хорошо отражает условия метеорологической засухи, но для обслуживания сельского хозяйства необходимы более точные показатели, связывающие засушливые условия с состоянием растительности, поэтому на базе индекса VCI и индекса температурных условий (*temperature condition index*, TCI) был разработан составной индекс здоровья растительности (*vegetation health index*, VHI), который описывает интенсивность засухи на основе состояния растительности и влияния на него температуры [29]. Индекс TCI рассчитывается аналогично индексу VCI, но вместо индекса NDVI используется текущая температура в ее сравнении с многолетними максимумом и минимумом. Данный индекс применяется для определения стресса растительности, вызванного реакцией растений на изменение температуры. Индекс VHI также измеряется в процентах, при этом низкие значения индекса VHI соответствуют угнетенному или ослабленному состоянию растительности и повышенным температурам, приводящим к стрессу растительности, что в течение более длительного периода будет свидетельствовать о засухе (рис. 2).

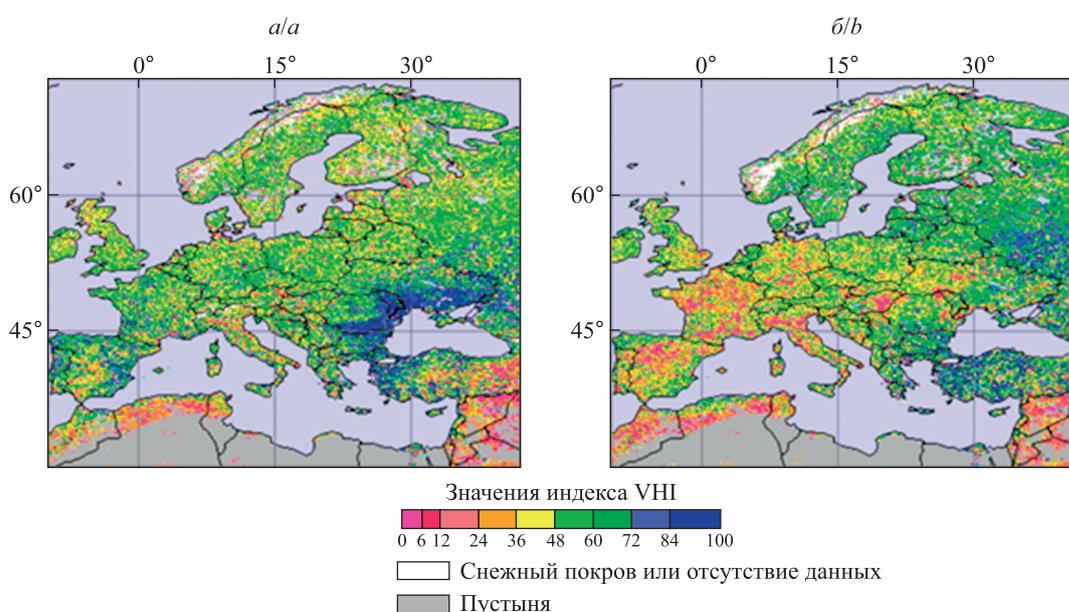


Рис. 2. Пример распределения значений индекса VHI по территории Европы в третью декаду июня 2021 г. (а) и 2022 г. (б).
Источник: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/>

Fig. 2. An example of the distribution of the VHI index values across Europe in the third decade of June 2021 (a) and 2022 (b).
Source: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/>

Как указывалось выше, для оценки засух могут использоваться комплексные индикаторы, которые сочетают в себе параметры, полученные как с помощью наземных наблюдений, так и с помощью спутникового зондирования. Такие индикаторы, как правило, становятся основой систем мониторинга засух.

Эффективные системы мониторинга засух должны предупреждать о приближении засухи на основании анализа погодных тенденций в сравнении с климатическими условиями и выявлять вероятность возникновения засухи, ее интенсивность и последствия. Надежная информация должна своевременно доходить до управляющих водными и земельными ресурсами, политиков и общественности через соответствующие каналы связи. При эффективном использовании эта информация может помочь снизить уязвимость и улучшить возможности смягчения последствий и реагирования для людей и систем, подвергающихся риску [8].

Как показывает мировая практика, системы мониторинга засух могут быть основаны на комбинации различных параметров, полученных только одним способом наблюдения и оптимизированных для кон-

кретной территории. Система мониторинга засух в США (*United States drought monitor*) базируется на индексах, рассчитанных по данным наземных наблюдений либо смоделированных с учетом наземных измерений на станциях. Региональная система мониторинга засухи (*Drought monitoring system*) в Юго-Западной Азии основана преимущественно на спутниковой информации [30]. Данная система базируется на анализе интегрированного индекса суровости засухи (*integrated drought severity index*, IDSI), расчеты которого объединяют спутниковые наблюдения за состоянием растительности и климатические данные, а также другую биофизическую информацию, такую как информация о растительном покрове, типе землепользования, топографии и характеристиках речного бассейна.

В Европе функционирует Европейская обсерватория засухи (*European Drought Observatory*, EDO), в которой в качестве базового параметра выбран комбинированный индикатор засухи (*combined drought indicator*, CDI), объединяющий индексы, полученные как с помощью наземных наблюдений, так и с помощью спутникового зондирования⁷. В индексе CDI информация комбинируется на основе индекса SPI (учет измеренных осадков), аномалий влажности почвы (смоделированные значения) и доли поглощенной фотосинтетически активной радиации (*fraction of absorbed photosynthetically active radiation*, FAPAR) (получена по данным спутниковых измерений), что позволяет использовать данный индекс для мониторинга прежде всего сельскохозяйственных засух.

Мониторинг и прогноз засух в Беларуси

Несмотря на то что Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, пространственно-временная неравномерность распределения атмосферных осадков по ее территории обуславливает наличие засушливых периодов различной продолжительности. Засуха в республике может возникать ежегодно, в любое время с апреля по сентябрь⁸.

Согласно СТБ 17.10.01-01-2012⁹ в Беларуси приняты следующие понятия засух: засуха атмосферная – это состояние атмосферы, характеризующееся недостаточным выпадением осадков, высокой температурой и пониженной влажностью, приводящее к возникновению почвенной засухи; засуха почвенная – это иссушение почвы, влекущее за собой недостаточную обеспеченность растений водой.

Засушливые условия на территории республики чаще всего наблюдаются на востоке Минской области, а также в Могилёвской и Гомельской областях. Вторым по засушливости регионом является Гродненская область, за исключением восточных районов [6]. Наибольшая повторяемость крупномасштабных засух на территории Беларуси наблюдается при увеличении повторяемости восточной формы циркуляции, иногда – меридиональной и западной форм циркуляции по типизации Вангенгейма. Это связано с большой генерализацией особенностей общей циркуляции по типизации Вангенгейма. Менее генерализованные типизации (индексации) общей циркуляции атмосферы, например индексация Вительса, демонстрируют меньшую неопределенность при анализе циркуляционной обусловленности засух на территории Беларуси.

В Республиканском центре по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (далее – Белгидромет) учету засух, возникающих на территории страны, уделяется значительное внимание. Составляются каталоги засух за многолетний период, включающие дату начала и окончания засух, их продолжительность в днях, а также район возникновения, некоторые метеорологические параметры в период засух и ущерб, нанесенный засушливыми условиями различным секторам экономики. Ежегодно выпускаются обзоры опасных явлений погоды на территории Беларуси, содержащие в том числе сведения о засухах (при их наличии). Проводится анализ синоптических процессов, обусловивших возникновение засухи, выявляются районы с наибольшим риском развития и распространения засух, повторяемость засух, что позволяет различным отраслям экономики, в первую очередь сельскому хозяйству, планировать проведение работы по минимизации потерь и ущерба от засух [7].

Для оценки засушливых явлений и определения их повторяемости по регионам Беларуси используются различные количественные критерии, учитывающие такие параметры, как максимальная температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха и почвы, бездождевые периоды, число дней с относительной влажностью воздуха $\leq 30\%$ и др. [31], полученные на основе многолетних данных государственного кадастра по климату.

⁷Combined drought indicator (CDI) v4.0 // European Drought Observatory : website. 2023. URL: <https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000> (date of access: 25.11.2023).

⁸Атлас опасных метеорологических явлений на территории Беларуси... 58 с.

⁹Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Термины и определения. СТБ 17.10.01-01-2012. Минск : Госстандарт, 2012. 84 с.

Согласно критерию, принятому в Беларуси, период относится к засушливому, если $ГТК \leq 0,7$. На основании полученных данных анализируется пространственно-временное распределение засушливых условий за многолетний период, результаты публикуются в агроклиматических и климатических справочниках [32].

К бездождевым на территории Беларуси относят периоды, когда в течение не менее 10 дней подряд суточные суммы осадков не превышают 1 мм [33]. Непрерывная продолжительность бездождевых периодов составляет 14–18 дней с небольшим увеличением к югу [32], но в отдельные годы значительно превышает средние многолетние значения. На территории республики бездождевые периоды продолжительностью более 20 дней наблюдаются около семи раз за десятилетие, а бездождевые периоды продолжительностью более 30 дней – до двух раз за десятилетие.

Методика оценки почвенных засух в Белгидромете заключается в использовании в качестве критерия условия, согласно которому запасы продуктивной влаги пахотного слоя (0–20 см) составляют не более 10 мм за декаду хотя бы на одном наблюдательном пункте области. За период потепления (1989–2018) повторяемость почвенных засух на территории Беларуси значительно выросла, особенно в южных регионах страны, что отчасти связано с повышенным температурным режимом и легкими по механическому составу почвами [32; 34; 35].

Информация о повторяемости (в %) почвенных засух (запасы продуктивной влаги пахотного слоя составляют 10 мм и менее) в течение декады, месяца, сезона размещается в агроклиматических справочниках и используется для оценки условий произрастания различных сельскохозяйственных культур [31].

Кроме того, для оценки засушливости используется число дней с относительной влажностью воздуха $\leq 30\%$. Если относительная влажность опускается до 30 % и ниже, то такие дни относят к сухим, что соответствует засушливым условиям [7; 31].

В агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства, проводимом Белгидрометом, основное внимание уделяется предоставлению оперативной информации о влиянии складывающихся погодных условий, особенно экстремальных, на состояние и продуктивность сельскохозяйственных культур. При этом большое значение имеют данные мониторинга засух, так как именно это опасное природное явление часто вызывает недобор урожая. Однако отдельные из перечисленных выше критериев не всегда дают объективную оценку и поэтому не могут применяться в оперативной работе.

Такие количественные критерии, как ГТК, бездождевые периоды, запасы продуктивной влаги в почве и др., в основном используются при проведении исследований для оценки засух и расчета их повторяемости на территории Беларуси в целом на основании данных многолетних наблюдений. Для анализа фактической информации о наблюдаемых опасных гидрометеорологических явлениях и прогнозной информации об ожидаемых опасных гидрометеорологических явлениях, включая засуху, в оперативной работе отечественных гидрометеорологов используются критерии, приведенные в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 23 января 2007 г. № 75¹⁰. Согласно данному постановлению, засуха атмосферная – это отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) за период не менее 30 дней подряд во время вегетации сельскохозяйственных культур при максимальной температуре воздуха выше $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ не менее чем в половине дней вышеуказанного периода; засуха почвенная – это запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см, составляющие не более 10 мм на протяжении не менее трех декад подряд в вегетационный период.

За начало засухи на территории Беларуси принимается период, когда по указанным выше критериям засуха отмечается хотя бы в одной области и занимает более 30 % ее площади [31]. Эти критерии используются для текущей оценки условий произрастания и формирования урожайности сельскохозяйственных культур, а сведения о начале и развитии засух на территории страны приводятся в различных агрометеорологических справках, докладах, бюллетенях и доводятся до государственных органов и сельскохозяйственных организаций.

В Белгидромете с 2006 г. используется автоматизированная оперативная система декадной оценки засух (АОСОЗ), адаптированная к условиям Беларуси (рис. 3). Основой данной системы является ком-плексирование (объединение) показателей атмосферной и почвенной засух [31]:

- 1) гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК);
- 2) показателя увлажнения Шашко (Md);
- 3) показателя влагообеспеченности Процера (V , %);
- 4) числа дней с относительной влажностью воздуха $\leq 30\%$ (N_0);
- 5) числа дней с максимальной температурой воздуха $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (N_T);

¹⁰О реализации Закона Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности»: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 23 янв. 2007 г. № 75 [Электронный ресурс]. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/blr81408.pdf> (дата обращения: 01.08.2023).

6) запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см под озимыми, ранними яровыми и поздними яровыми сельскохозяйственными культурами (W_{0-20} , мм);

7) запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–50 см под озимыми, ранними яровыми и поздними яровыми сельскохозяйственными культурами (W_{0-50} , мм);

8) запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см под озимыми, ранними яровыми и поздними яровыми сельскохозяйственными культурами (W_{0-100} , мм).

На основании значений этих показателей засухи дифференцируются на следующие категории по интенсивности¹¹: очень сильная засуха, сильная засуха, средняя засуха, слабая засуха и отсутствие засухи (табл. 1).

Комплексирование (объединение) показателей атмосферной и почвенной засух обеспечивает расчет комплексного показателя интенсивности засухи (рис. 4).

Использование данной автоматизированной системы позволяет оперативно определять начало засухи и ее интенсивность, что существенно улучшает агрометеорологическое обеспечение аграрного сектора экономики.



Рис. 3. Программный комплекс «Автоматизированная оперативная система декадной оценки засух»

Fig. 3. The software package «Automated operational drought assessment system»

Таблица 1

Критерии (граничные значения показателей) дифференциации засух на категории (классы) по интенсивности

Table 1

Criteria (boundary values of indicators) of differentiation of droughts into categories (classes) by intensity

Показатели оценки засух	Категории засух по интенсивности				
	Очень сильная засуха (класс 1)	Сильная засуха (класс 2)	Средняя засуха (класс 3)	Слабая засуха (класс 4)	Отсутствие засухи (класс 5)
ГТК	0–0,19	0,20–0,39	0,40–0,60	0,61–0,75	0,76–5,00
Md	0–0,09	0,10–0,19	0,20–0,30	0,31–0,40	0,41–3,00
V , %	0–40	41–50	51–60	61–70	71–100
N_0	8–11	6–7	3–5	1–2	0
N_T	8–11	6–7	3–4	1–2	0
W_{0-20} , мм	0–5	6–10	11–15	16–20	21–70
W_{0-50} , мм	0–15	16–25	26–35	36–45	46–140
W_{0-100} , мм	0–25	26–40	41–60	61–80	81–280

Источник: [31].

¹¹Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Термины и определения. СТБ 17.10.01-01-2012. Минск : Госстандарт, 2012. 84 с.

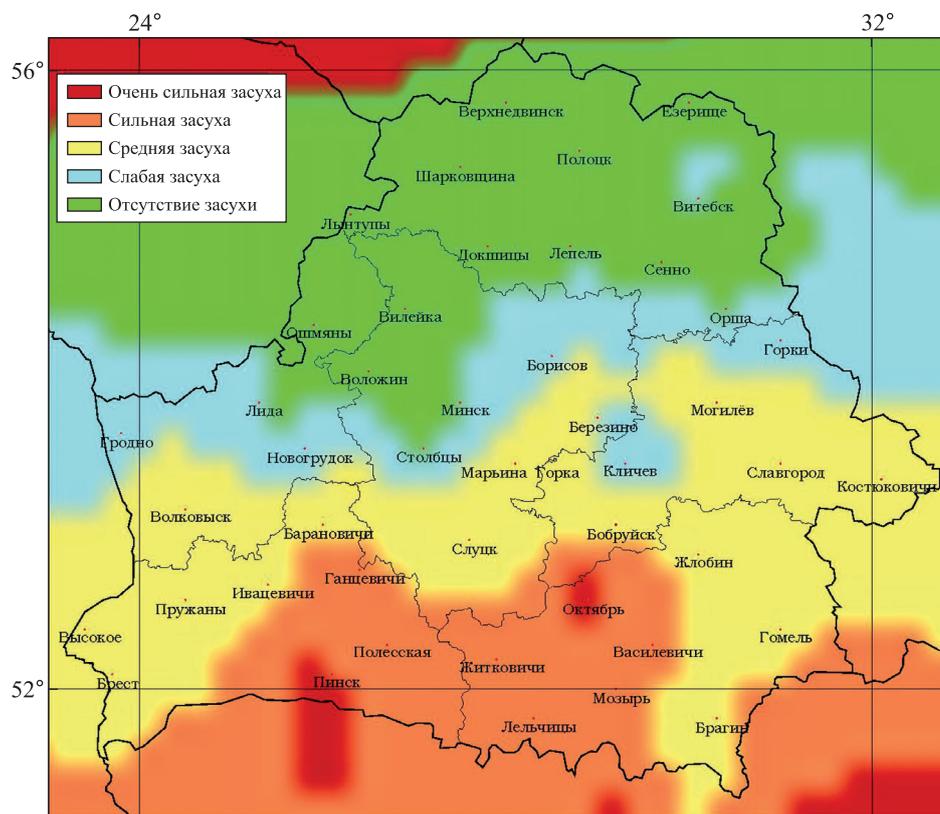


Рис. 4. Пример распределения комплексного показателя интенсивности засухи на территории Беларуси 1 сентября 2024 г.

Fig. 4. An example of the distribution of a complex indicator of drought intensity in Belarus on 1 September 2024

Обслуживание сельского хозяйства имеет определенные особенности, связанные с контролем больших территорий, занимаемых сельскохозяйственными угодьями. Из-за недостаточного количества наземных пунктов оперативного мониторинга, а также в силу разного рода естественных процессов, при которых происходит постоянное изменение границ посевных площадей, характеристик грунтов и условий вегетации на различных полях, часто не хватает объективной оперативной информации, необходимой для оценки текущей ситуации и прогнозирования ее дальнейшего развития¹². Используя спутниковые данные, можно контролировать сроки и качество проведения основных агротехнических работ и тем самым оптимизировать управление сельскохозяйственным производством. Систематическое поступление снимков позволяет осуществлять наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности.

В отделе агрометеорологии службы гидрологии и агрометеорологии Белгидромета с 2015 г. для агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства страны широко используется спутниковая информация. Установлено программное обеспечение для прогнозирования урожайности зерновых культур на основе данных ДЗЗ (ПО «Прогноз»), разработанное научно-инженерным республиканским унитарным предприятием «Геоинформационные системы» НАН Беларуси. В 2020 г. в ходе выполнения работ в рамках государственной программы «Научно-технические инновации» на 2016–2020 гг. ПО «Прогноз» было усовершенствовано путем добавления данных ДЗЗ с космических аппаратов «Aqua», «Suomi NPP», «NOAA-20», «MetOp», «Fengyun-3» и внедрено в эксплуатацию как программный комплекс «Прогноз ЗК».

Оперативная оценка состояния посевов зерновых культур с помощью программного комплекса «Прогноз ЗК» проводится подекадно с апреля по июль. Оценить состояние посевов можно различными способами: по суммарному индексу NDVI (от начала вегетации до текущего периода включительно), по отношению индекса NDVI к среднему многолетнему значению либо к индексу NDVI за предыдущую декаду или за аналогичный период любого выбранного из базы года (как правило, сравнение проводится с благоприятным или предыдущим годом) (рис. 5).

¹²Семенова І. Г. Супутниковий моніторинг в метеорології та агрометеорології : навч. посіб. [Електронний ресурс]. Одеса : Одеський держ. екол. ун-т, 2023. 165 с. URL: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.32895.69284> (дата зверту: 21.03.2024).

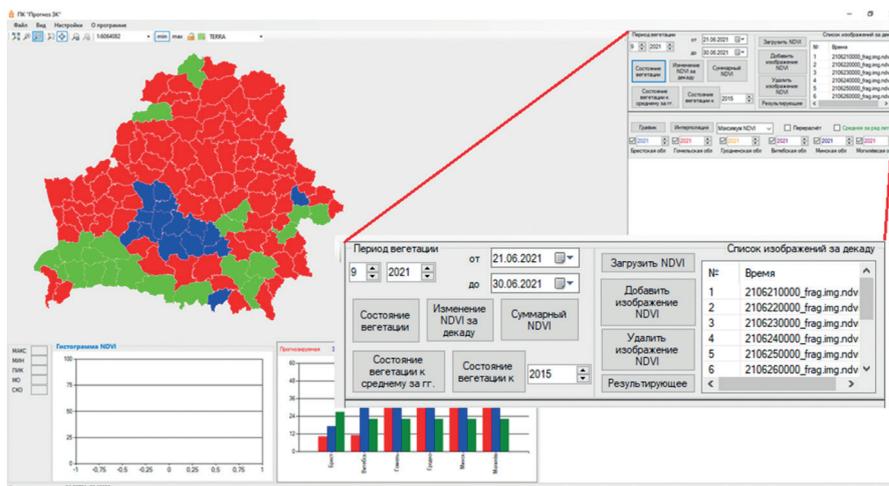


Рис. 5. Пример оценки состояния посевов по индексу NDVI

Fig. 5. An example of an assessment of the condition of crops according to the NDVI index

Основной функцией программного комплекса «Прогноз ЗК» является получение прогнозной информации об урожайности зерновых культур (рис. 6). Урожайность рассчитывается каждую декаду (начиная с первой декады мая) в разрезе областей и административных районов для всех зерновых культур в целом на основе оперативного анализа вегетационного развития растительности с использованием расчета коэффициентов корреляции зависимости урожайности от характеристик гистограммы NDVI, построения графиков зависимости. Пространственно-временное распределение индекса NDVI позволяет анализировать динамику развития растительного покрова, внутrigодовую изменчивость, сезонные и фенологические изменения, особенно на ранних стадиях вегетационного периода, а также определить время окончания вегетационного периода, рассчитать и оценить продуктивность сельскохозяйственных культур.

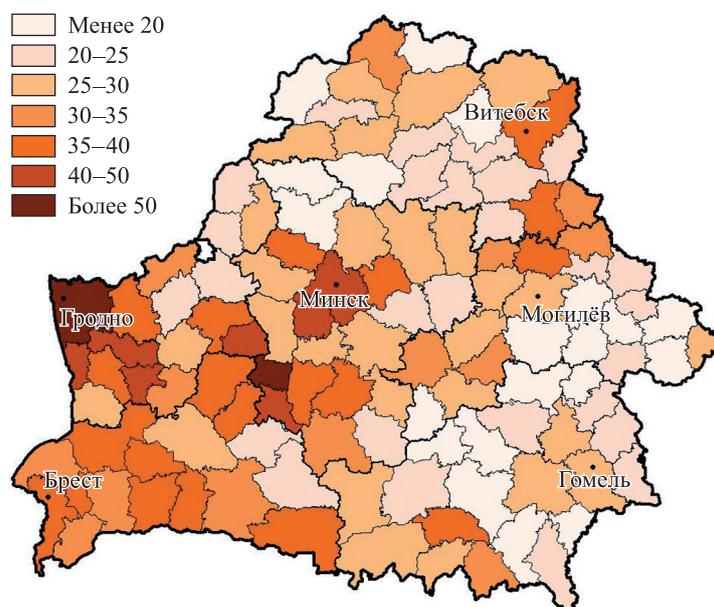


Рис. 6. Пример прогноза урожайности с использованием программного комплекса «Прогноз ЗК»

Fig. 6. An example of a yield forecast using the software package «Prognoz ZK»

На современном этапе применения программного комплекса расчет прогнозной информации производится на основе данных, полученных со спутника «Тerra». Данные, полученные с остальных спутников («Aqua», «Suomi NPP», «NOAA-20», «MetOp», «Fengyun-3»), накапливаются в базе (т. е. сохраняются обработанные изображения NDVI), так как для корректного расчета прогнозной информации необходимо наличие данных не менее чем за 5 лет.

Полученные расчеты урожайности зерновых культур в разрезе областей и административных районов в дальнейшем анализируются специалистами отдела агрометеорологии и сопоставляются с результатами других имеющихся методик, после чего выпускается доклад «Прогнозная информация об урожайности и валовом сборе зерновых и зернобобовых культур в Республике Беларусь».

Заключение

Приведенный обзор современных методов исследования и оценки засух показывает, что предсказание возникновения и эволюции данного комплексного гидрометеорологического явления, как и его мониторинг и определение в целом, представляет собой актуальную и многогранную задачу, которая, несмотря на многочисленные исследования, остается нерешенной и в некоторых регионах приобретает приоритетное значение на фоне наблюдающихся изменений климата. Дальнейшие исследования в этой области должны сосредоточиться на повышении эффективности применения различных показателей оценки засух и их комбинаций, а также на разработке критериев, соответствующих уровням интенсивности засухи, для обнаружения и раннего предупреждения засух.

Библиографические ссылки

1. Naumann G, Cammalleri C, Mentaschi L, Feyen L. Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. *Nature Climate Change*. 2021;11:485–491. DOI: 10.1038/s41558-021-01044-3.
2. Jaagus J, Aasa A, Aniskevich S, Boincean B, Bojariu R, Briede A, et al. Long-term changes in drought indices in Eastern and Central Europe. *International Journal of Climatology*. 2022;42(1):225–249. DOI: 10.1002/joc.7241.
3. Бучинский ИЕ. *Засухи и суховеи*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1976. 214 с.
4. Семенова ИГ. *Синоптичні та кліматичні умови формування посух в Україні*. Харків: ФОП Панов А. М.; 2017. 236 с.
5. Semenova I. Some meteorological aspects of severe agricultural drought in the Northern Black Sea region in 2019–2020. *Environmental Sciences Proceedings*. 2021;8(1):18. DOI: 10.3390/ecas2021-10299.
6. Логинов ВФ, Сачок ГИ, Микущкий ВС, Мельник ВИ, Коляда ВВ. *Изменения климата Беларуси и их последствия*. Логинов ВФ, редактор. Минск: Тонпик; 2003. 330 с.
7. Блетько ВА, Мельчакова НВ. Засухи в Беларуси. *Родная природа*. 2019;8:16–18.
8. Семёнова ИГ. Методические аспекты мониторинга засух в Украине. В: Лопух ПС, Гледко ЮА, Курлович ДМ, Логинова ЕВ, Матюшевская ЕВ, редакторы. *Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках. Материалы Международной научно-практической очно-заочной конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного университета, 60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий, 100-летию со дня рождения профессора О. Ф. Якушко; 24–26 марта 2021 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2021. с. 208–212.
9. Хлебникова ЕИ, Павлова ТВ, Сперанская НА. Засухи. В: Ананичева МД, Анохин ЮА, Асарин АЕ, Асмус ВВ, Болгов МВ, Борисова ОК и др. *Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем*. Семенов СМ, редактор. Москва: Росгидромет; 2012. с. 126–164.
10. Логинов ВФ, Неушкин АИ, Рочева ЭВ. *Засухи, их возможные причины и предпосылки предсказания*. Обнинск: Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных; 1976. 72 с.
11. Cherenkova EA, Kononova NK, Muratova NR. Summer drought 2010 in the European Russia. *Geography, Environment, Sustainability*. 2013;6(1):55–66. DOI: 10.24057/2071-9388-2013-6-1-81-92.
12. Семёнова ИГ. Метеорологические и синоптические условия засухи в Украине осенью 2011 г. *Український гідрометеорологічний журнал* [Интернет]. 2012 [протитировано 11 ноября 2020 г.];10:58–64. Доступно по: <http://uhmj.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/2012/06/9.pdf>.
13. Strausbay SD, Ramirez AR, Carter SL, Cross MS, Hall KR, Bathke DJ, et al. Defining ecological drought for the twenty-first century. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2017;98(12):2543–2550. DOI: 10.1175/BAMS-D-16-0292.1.
14. Давитая ФФ. Засухи в СССР и научное обоснование мер борьбы с ними по природным зонам. В: Всесоюзная ордена Ленина академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. *Вопросы земледелия и борьбы с эрозией почв в степных и лесостепных районах СССР. Материалы выездной сессии ВАСХНИЛ; 7–14 октября 1958 г.; Саратов, СССР. Том 1*. Саратов: Саратовское книжное издательство; 1959. с. 54–58.
15. Danilovich IS, Gledko YuA, Tarasevich IV. Drought frequency in Belarus in connection with atmospheric circulation in the Euro-Atlantic sector. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2023;48(9):778–785. DOI: 10.3103/S1068373923090054.
16. Черенкова ЕА, Кононова НК. Связь опасных атмосферных засух в Европейской России в XX веке с макроциркуляционными процессами. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2009;1:73–82. EDN: JVYJFB.
17. Wiedenmann JM, Lupo AR, Mokhov II, Tikhonova EA. The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: block intensity as a diagnostic. *Journal of Climate*. 2002;15(23):3459–3473. DOI: 10.1175/1520-0442(2002)015<3459:TCO-BAF>2.0.CO;2.
18. Сумак ЕН, Семёнова ИГ. Циклоническая активность и повторяемость опасных явлений погоды над территорией Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;2:79–93. DOI: 10.33581/2521-6740-2019-2-79-93.
19. Semenova I, Sumak K. Cyclonic activity in cold season over territories of Belarus and Ukraine and its relation to the warm season droughts. *Croatian Meteorological Journal* [Internet]. 2017 [cited 2023 July 20];52:59–73. Available from: <https://hrac.srce.hr/201613>.
20. Semenova I, Slizhe M. Synoptic conditions of droughts and dry winds in the Black Sea Steppe province under recent decades. *Frontiers in Earth Science*. 2020;8:69. DOI: 10.3389/feart.2020.00069.

21. Otkin JA, Svoboda M, Hunt ED, Ford TW, Anderson MC, Hain C, et al. Flash droughts: a review and assessment of the challenges imposed by rapid-onset droughts in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2018;99(5):911–919. DOI: 10.1175/BAMS-D-17-0149.1.
22. World Meteorological Organization, Global Water Partnership, Wilhite DA. *National drought management policy guidelines: a template for action* [Internet]. Geneva: World Meteorological Organization; 2014 [cited 2020 October 22]. IV, 40 p. (Integrated drought management tools and guidelines series; 1); (WMO; No. 1164). Available from: https://www.droughtmanagement.info/literature/IDMP_NDMPG_en.pdf. Co-published by the Global Water Partnership.
23. Всемирная метеорологическая организация, Глобальное водное партнерство, Свобода М, Фукс БА. *Справочник по показателям и индексам засушливости* [Интернет]. Женева: [б. и.]; 2016 [процитировано 22 октября 2022 г.]. IV, 53 с. (Средства и руководящие указания по комплексной борьбе с засухой; 2); (ВМО; № 1173). Доступно по: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP-Drought-Indices_ru_2016.pdf.
24. Педь ДА. О показателе засухи и избыточного увлажнения. *Труды Гидрометцентра СССР*. 1975;156:19–38.
25. Palmer WC. *Meteorological drought. Research paper No. 45*. Washington: U. S. Government Printing Office; 1965. VI, 58 p.
26. Всемирная метеорологическая организация. *Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков* [Интернет]. Женева: Всемирная метеорологическая организация; 2012 [процитировано 9 октября 2020 г.]. 20 с. (ВМО; № 1090). Доступно по: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_ru_2012.pdf.
27. Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*. 2010;23(7):1696–1718. DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1.
28. Kogan FN. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*. 1995;15(11):91–100. DOI: 10.1016/0273-1177(95)00079-T.
29. Kogan F, Adamenko T, Kulbida M. Satellite-based crop production monitoring in Ukraine and regional food security. In: Kogan F, Powell AM Jr, Fedorov O, editors. *Use of satellite and in-situ data to improve sustainability. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on using satellite data and in-situ data to improve sustainability; 2009 June 9–12; Kyiv, Ukraine*. Dordrecht: Springer; 2011. p. 99–104 (NATO science for peace and security. Series C, Environmental security). DOI: 10.1007/978-90-481-9618-0_11.
30. Thenkabail PS, Gamage MSDN, Smakhtin VU. *The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in southwest Asia*. Colombo: International Water Management Institute; 2004. V, 26 p. Report No.: 85.
31. Мельник ВИ, Мельчакова НВ. Предложения по совершенствованию системы оценки засух в Республике Беларусь. *Экологический вестник*. 2014;4:78–83. EDN: UFMUVQ.
32. Данилович ИС, Мельник ВИ, редакторы. *Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам Республики Беларусь на основе оценки современного изменения климата за 1989–2018 гг.* Минск: Белгидромет; 2020. 331 с.
33. Гольберг МА, Волобуева ГВ, Фалей АА. *Опасные явления погоды и урожай*. Минск: Ураджай; 1988. 120 с.
34. Мельник ВИ, Буяков ИВ, Пискунович НГ, Шумская ТГ. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья в период современного потепления климата. *Природные ресурсы*. 2020;2:104–114. EDN: QUMOGA.
35. Мельник ВИ, Пискунович НГ, Буяков ИВ, Яцухно ВМ, Шумская ТГ. Пространственно-временные изменения почвенных засух на территории Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата. *Природные ресурсы*. 2021;1:15–21. EDN: SGPZYB.

Получена 11.12.2023 / исправлена 19.09.2024 / принята 19.09.2024.
Received 11.12.2023 / revised 19.09.2024 / accepted 19.09.2024.

УДК 551.79:581.48(476)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ЛОЕВСКИХ СЕМЕННЫХ ФЛОР И РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ИХ РАЗВИТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ И СОСЕДНИХ РЕГИОНОВ

Г. И. ЛИТВИНЮК¹⁾

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

Аннотация. По материалам палеокарпологического изучения лоевских интерстадиальных отложений, расположенных на территории Беларуси (разрез «Жукевичи» в Гродненской области, разрез «Мурава» в Минской области, разрезы «Черный Берег» и «Белый Ров» в Витебской области, разрез «Лоев» в Гомельской области), России (разрезы «Рясна» и «Белоусово» в Смоленской области, разрез «Посудичи» в Брянской области) и Литвы (разрезы «Нятесос» и «Максимонис» на р. Неман), выполнены палеоклиматические реконструкции для еловой фазы лоевского интерстадиала. Всего было изучено 10 разрезов, что позволило восстановить состав семенных флор и более детально воспроизвести облик растительных сообществ в позднесоюзское время. Представлен краткий анализ состава семенных комплексов, установлены условия формирования ископаемой флоры и реконструированы палеотемпературные показатели для самого теплого (июль) и самого холодного (январь) месяцев года методом наложения ареалогрaмм. Благодаря присутствию большого количества шишек ели сибирской данные отложения хорошо коррелируются между собой и являются надежным репером в сложно построенной толще плейстоценовых отложений.

Ключевые слова: палеогеография; палеоклимат; ископаемая флора; союзское оледенение; муравинское межледниковье; лоевский интерстадиал; ель сибирская.

Образец цитирования:

Литвинюк ГИ. Особенности состава лоевских семенных флор и реконструкция условий их развития на территории Беларуси и соседних регионов. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2024; 2:107–119.
EDN: YTLZKY

For citation:

Litvinyuk GI. Features of the composition of Loev seed floras and reconstruction of the conditions of their development on the territory of Belarus and neighbouring regions. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2024;2: 107–119. Russian.
EDN: YTLZKY

Автор:

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

Author:

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

FEATURES OF THE COMPOSITION OF LOEV SEED FLORAS AND RECONSTRUCTION OF THE CONDITIONS OF THEIR DEVELOPMENT ON THE TERRITORY OF BELARUS AND NEIGHBOURING REGIONS

G. I. LITVINYUK^a

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

Abstract. Based on the materials of palaeocarpological study of the Loev interstadial deposits located in Belarus (section «Zhukevichi» in the Grodno Region, section «Murava» in the Minsk Region, sections «Cherny Bereg» and «Bely Rov» in the Vitebsk Region, section «Loev» in the Gomel Region), Russia (sections «Ryasna» and «Belousovo» in the Smolensk Region, section «Posudichi» in the Bryansk Region) and Lithuania (sections «Nyatesos» and «Maksimonis» on the Neman River), palaeoclimatic reconstructions for the spruce phase of the Loev interstadial were performed. A total of 10 sections were studied, which made it possible to reconstruct the composition of seed floras and reproduce in more detail the appearance of plant communities in the late Sozh time. This paper provides a brief analysis of the composition of seed complexes, establishes the conditions for the formation of fossil flora and reconstructs palaeotemperature indicators for the warmest (July) and coldest (January) months of the year using the arealogram superposition method. These deposits, due to the presence of a large number of Siberian spruce cones, are well correlated with each other and are a reliable benchmark in the complexly constructed thickness of Pleistocene deposits.

Keywords: palaeogeography; palaeoclimate; fossil flora; Sozh glaciation; Muravinsky interglacial; Loev interstadial; Siberian spruce.

Введение

О характере растительного покрова Беларуси после отступления предпоследнего ледника можно судить по особенностям развития флор лоевского типа, представляющих собой одну из важнейших страниц палеонтологической летописи плейстоцена. Первые сведения о позднеледниковых (предмуравинских) флорах приводятся в работе польского палеоботаника А. Сродоня, который выделял особую фазу приледниковой тундры в разрезе «Жукевичи». Своеобразие флор подобного типа и их таежный характер были отмечены также П. И. Дорофеевым. По месту своего наиболее детального изучения (разрез «Лоев» на р. Днепр) флоры данного типа названы лоевскими флорами, а отложения – лоевскими слоями. Лоевские флоры известны и в других ледниковых районах средней полосы Восточно-Европейской равнины, но часто из-за своей фрагментарности и редкости они не отделяются от начальных фаз муравинского (микулинского, земского, мяркинского) межледниковья.

Материалы и методы исследования

Лоевский интерстадиал является одним из наиболее узнаваемых и характерных типов флор в плейстоцене средней полосы Восточно-Европейской равнины, так как он хорошо определяется по многочисленным остаткам шишек ели сибирской. К настоящему времени известны пять разрезов подобного типа на территории Беларуси и еще несколько разрезов в соседних регионах, граничащих с нашей республикой, – разрез «Рясна» на р. Каспле и разрез «Белуосово» на р. Западной Двине в Смоленской области, разрез «Посудичи» в Брянской области в России, а также разрезы «Нятесос» и «Максимонис» на р. Неман в Литве (рис. 1).

В 1980–90-х гг. эти разрезы детально изучались белорусскими палеокарпологами, в результате были получены богатые семенные комплексы (табл. 1). В лоевское время выделяются три фазы развития растительности: тундровая (дриасовая) фаза, фаза темнохвойных лесов (еловая) и фаза светлохвойно-мелколиственных лесов (сосново-березовая). Наиболее показательна еловая фаза, характерной особенностью которой являются слои с шишками ели сибирской, которые часто сконцентрированы в маломощном прослое гумусированных супесей или суглинков.

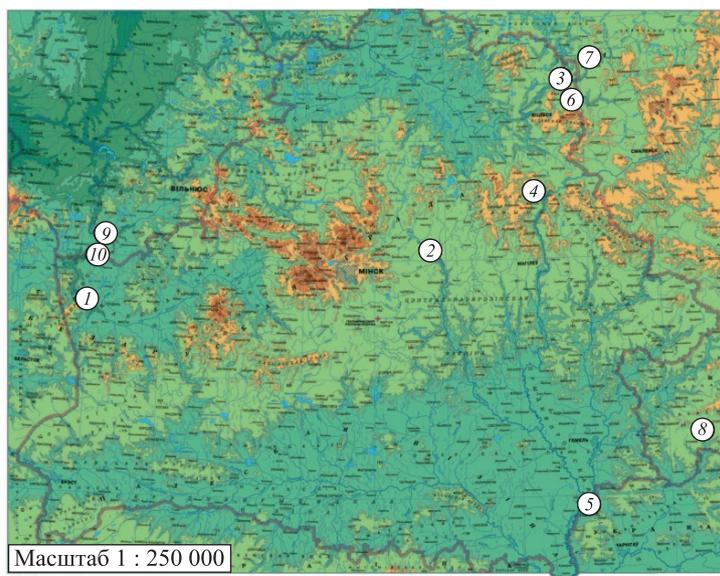


Рис. 1. Схема расположения разрезов с еловым комплексом лоевского времени:
1 – «Жукевичи»; 2 – «Мурава»; 3 – «Черный Берег»; 4 – «Белый Ров»; 5 – «Лоев»; 6 – «Рясна»;
7 – «Белоусово»; 8 – «Посудичи»; 9 – «Нятесос»; 10 – «Максимонис»

Fig. 1. The layout of the sections with the spruce complex of Loev time:
1 – «Zhukevichi»; 2 – «Murava»; 3 – «Cherny Bereg»; 4 – «Bely Rov»; 5 – «Loev»; 6 – «Ryasna»;
7 – «Belousovo»; 8 – «Posudichi»; 9 – «Nyatesos»; 10 – «Maksimonis»

Таблица 1

Состав семенной флоры разрезов с еловым комплексом лоевского времени

Table 1

The composition of the seed flora of sections with the spruce complex of Loev time

Растение	Количество остатков						
	Разрез «Жукевичи»	Разрез «Мурава»	Разрез «Черный Берег»	Разрез «Белый Ров»	Разрез «Лоев»	Разрез «Посудичи»	Разрез «Нятесос»
<i>Characeae</i> gen.	>100	9	>100	1	35	>100	21
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	–	–	6	–	–	–	5
<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) Link	>100	>50	22	–	39	1	>100
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	>50	24	>50	38	>100	>100	>100
<i>Pinus sylvestris</i> L.	24	14	59	7	–	–	19
<i>Juniperus communis</i> L.	12	49	6	1	1	–	1
<i>Typha</i> sp.	–	1	17	–	–	1	–
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	>50	15	23	–	1	>50	>50
<i>S. minimum</i> Wallr.	–	–	26	–	–	–	–
<i>S. hyperboreum</i> Laest. ex Beurl.	–	1	2	–	–	–	–
<i>Sparganium</i> sp.	–	–	–	6	–	–	–
<i>Potamogeton natans</i> L.	23	>100	>50	>100	–	>100	–
<i>P. praelongus</i> Wulfen	–	–	27	9	–	21	41
<i>P. pectinatus</i> L.	>100	–	>50	–	>50	12	–
<i>P. vaginatus</i> Turcz.	8	12	38	2	>100	45	>100

Продолжение табл. 1
Continuation of the table 1

Растение	Количество остатков						
	Разрез «Жукеничи»	Разрез «Мурава»	Разрез «Черный Берег»	Разрез «Белый Ров»	Разрез «Лосев»	Разрез «Посудичи»	Разрез «Нятесос»
<i>P. filiformis</i> Pers.	17	3	>50	–	>100	>50	17
<i>P. pusillus</i> L.	4	22	2	>50	–	17	–
<i>P. gramineus</i> L.	1	>100	89	>100	>100	–	–
<i>P. alpinus</i> Balb.	–	32	–	>50	4	–	–
<i>P. rutilus</i> Wolfg.	25	7	3	21	>100	>50	–
<i>P. perfoliatus</i> L.	>50	41	>50	–	>100	25	–
<i>P. obtusifolius</i> Mert. et W. D. J. Koch	–	>50	9	–	–	–	2
<i>P. crispus</i> L.	–	–	1	–	–	–	11
<i>Najas major</i> All.	–	–	>50	1	–	2	–
<i>N. marina</i> L.	–	–	>50	–	–	–	–
<i>Zannichellia pedunculata</i> Rehb.	–	–	–	–	–	–	3
<i>Caulinia minor</i> (All.) Coss. et Germ.	–	–	18	–	–	–	–
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	–	2	>100	2	20	11	–
<i>Scirpus lacustris</i> L.	>50	14	>100	2	8	16	–
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult.	>100	1	>100	8	1	16	1
<i>Carex</i> spp.	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
<i>Salix</i> sp.	–	–	–	1	–	–	–
<i>Lemna trisulca</i> L.	–	–	1	–	–	–	–
<i>Betula alba</i> L.	>50	>100	>100	>100	–	>50	>100
<i>B. humilis</i> Schrank	>50	–	–	10	>50	>100	–
<i>B. cf. nana</i> L.	–	–	–	–	1	10	–
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	–	–	–	–	–	1	1
<i>Urtica dioica</i> L.	–	>100	–	–	–	–	–
<i>U. cf. angustifolia</i> Fisch.	–	–	–	–	–	1	–
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	–	4	–	1	–	–	–
<i>P. amphibium</i> L.	–	–	–	15	34	–	–
<i>Rumex maritimus</i> L.	–	3	–	–	–	2	–
<i>Thesium arvense</i> Horv.	–	–	–	–	14	–	–
<i>Chenopodium album</i> L.	–	2	–	1	–	8	2
<i>C. rubrum</i> L.	–	36	–	–	–	–	–
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	–	2	–	–	–	1	2
<i>Nymphaea alba</i> L.	–	18	>100	38	–	–	–
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	–	11	>50	>50	–	–	–
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	–	–	–	1	–	>50	–
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	>50	24	>100	1	>50	24	>50
<i>R. cf. repens</i> L.	–	–	1	–	1	–	–
<i>R. reptans</i> L.	–	–	5	–	–	–	–

Окончание табл. 1
Ending of the table 1

Растение	Количество остатков						
	Разрез «Жукевичи»	Разрез «Мурава»	Разрез «Черный Берег»	Разрез «Белый Ров»	Разрез «Лосев»	Разрез «Посудичи»	Разрез «Нятесос»
<i>R. flammula</i> L.	–	–	1	–	–	–	–
<i>Batrachium</i> sp.	>100	6	5	–	>100	>100	>50
<i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser	>50	3	4	–	–	42	3
<i>Thalictrum lucidum</i> L.	–	–	3	–	4	2	–
<i>Comarum palustre</i> L.	–	9	–	26	–	18	4
<i>Potentilla anserina</i> L.	36	21	–	–	–	4	–
<i>Potentilla</i> sp.	19	–	–	–	31	2	2
<i>Fragaria vesca</i> L.	–	–	>100	–	–	7	–
<i>Viola</i> sp.	21	12	–	–	–	1	–
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	–	>100	26	27	>100	>100	>100
<i>M. verticillatum</i> L.	–	16	>100	–	12	–	1
<i>Myriophyllum</i> sp.	–	–	–	–	1	–	2
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	>100	–	20	10	>100	27	61
<i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.	–	–	–	–	18	3	–
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> (L.) Spreng.	22	>100	–	>50	>100	3	6
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	–	–	21	–	–	–	–
<i>Menyanthes trifoliata</i> L.	–	13	–	5	–	–	–
<i>Cicuta virosa</i> L.	–	1	–	–	–	–	–
<i>Lycopus europaeus</i> L.	–	–	>100	–	–	–	–
<i>Stachys palustris</i> L.	–	–	25	–	–	–	–
<i>Mentha arvensis</i> L.	–	–	–	–	–	11	–
<i>Solanum nigrum</i> L.	–	–	–	–	–	4	–
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	–	–	13	–	–	–	–
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	–	–	20	–	–	–	5
<i>Carduus</i> sp.	–	3	–	–	–	–	9

Разрез «Жукевичи». Опорным разрезом для изучения флор лоевского типа и понимания их роли в развитии растительности послужило обнажение «Жукевичи», на основе материалов которого удалось увязать и скоррелировать все три фазы восстановления и развития растительного покрова после деградации предпоследнего ледника. В литературе данный разрез известен с середины XX в. Он неоднократно исследовался польскими и белорусскими геологами и палеоботаниками [1–4]. Палеокарпологическому изучению была подвергнута органогенная толща мощностью 6,4 м. Из метрового слоя супесей темно-серых, оторфованных, карбонатных, переполненных растительным детритом и раковинами моллюсков получена таежная флора своеобразного облика, основу которой составляет ель сибирская. Фаза темно-хвойных лесов воспроизводит довольно богатую растительность по сравнению с предыдущей (дриасовой) фазой. Ее систематическое разнообразие увеличивается вдвое, также значительно возрастает количество остатков каждого вида. Из древесных пород господствующее положение занимает *Picea obovata*, представленная большим количеством шишек, хвои и семян. В качестве примеси выступают *Juniperus communis*, *Pinus sylvestris*, а также два вида березы – *Betula alba* и *B. humilis*. Травянистая флора свидетельствует о довольно благоприятной климатической обстановке, но в ней отсутствуют теплолюбивые межледниковые формы. Основу составляют *Chara* sp., *Selaginella selaginoides*, *Sparganium emersum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*, *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Ranunculus sceleratus*, *Batrachium* sp., *Hippuris vulgaris* и некоторые другие виды, представленные

единичными остатками. Палеоклиматические реконструкции, выполненные путем наложения ареалов выявленных растений, свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +16,8 до +17,4 °С, а средние температуры января колебались в пределах от –11,0 до –14,0 °С (рис. 2).

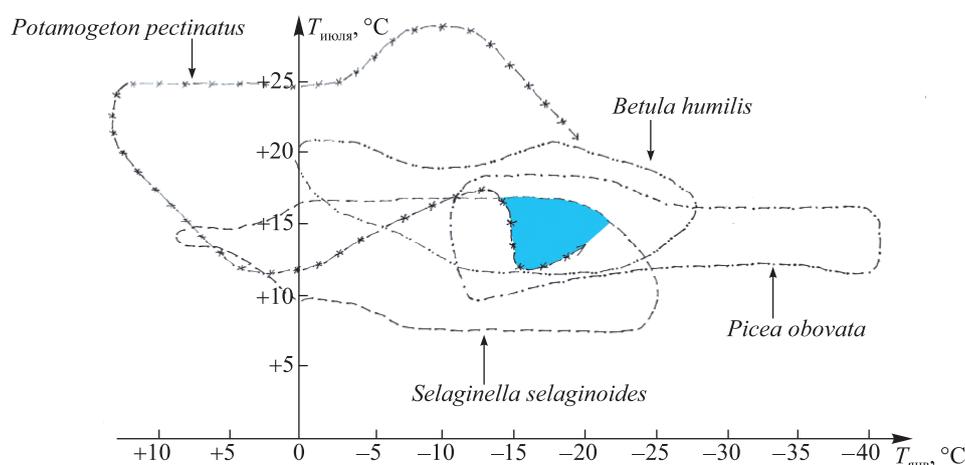


Рис. 2. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Жукевичи»

Fig. 2. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Zhukevichi»

Разрез «Мурава». Стратотип муравинского межледниковья разрез «Мурава» (обнажение «Главный овраг») впервые был описан Г. Ф. Мирчинком в 1928 г. в ходе проведения геолого-съемочных работ [5]. Впоследствии данное обнажение изучали В. С. Доктуровский, М. М. Цапенко, Н. А. Махнач, Л. Н. Вознячук, М. А. Вальчик, А. Ф. Санько, Я. К. Еловичева, Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко и многие другие исследователи [6–12]. Помимо указанного обнажения, Л. Н. Вознячуком были обнаружены еще два выхода межледниковых отложений, наиболее важным из которых является обнажение «Чертов Куст», расположенное на окраине д. Побережье. Большинство исследователей считают данные выходы межледниковых отложений самостоятельными озерными водоемами. В обнажении «Чертов Куст» под межледниковыми торфами и супесями залегают супесь зеленовато-серая, плотная, оскольчатая и песок темно-серый, гумусированный с включениями древесины общей мощностью 1,1 м, который отделяется от вышележащих межледниковых осадков 20-сантиметровым прослоем песков белесовато-серых, разнотернистых. Семенная флора, выявленная в этих отложениях, трактуется как интерстадиальная флора лоевского типа. Из древесных пород господствующее положение занимают *Picea* sp., *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Betula alba*. Травянистая флора не очень богатая. Наиболее представительна группа рдестов, среди которых следует особо отметить большое количество эндокарпов *Potamogeton natans*, *P. perfoliatus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*, *P. pusillus*, *P. alpinus*, *P. gramineus*. Из других травянистых растений значительное участие в растительных сообществах принимают *Chara* sp., *Selaginella selaginoides*, *S. tetraedra*, *Carex* spp., *Ranunculus sceleratus*, *Potentilla anserina*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Hippuris vulgaris*, *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Menyanthes trifoliata*. К сожалению, в данной флоре не выявлено шишек ели, и поэтому установить ее принадлежность к *Picea obovata* не представляется возможным, однако в остальном состав флоры является схожим. Палеоклиматические реконструкции, выполненные путем наложения ареалов выявленных растений, свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +15,0 до +16,0 °С, а средние температуры января колебались в пределах от –10,8 до –13,1 °С (рис. 3).

Разрез «Черный Берег». Опорным разрезом муравинского межледниковья на северо-востоке Беларуси является обнажение «Черный Берег». Впервые данный разрез был исследован Г. И. Горещким и Л. Н. Вознячуком [13]. Впоследствии его изучали А. Ф. Санько, В. Б. Кадацкий, Ф. Ю. Величквич и другие исследователи [8; 14; 15]. Помимо отложений муравинского межледниковья, здесь вскрываются дриасовый и еловый комплексы лоевского интерстадиала. Таяжная флора получена из супесей серых и темно-серых, плотных, толстоплитчатых мощностью более 0,5 м. Еловая фаза темнохвойных лесов представлена *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis*, *Betula alba*. Водная травянистая растительность состоит из большой и разнообразной группы рдестов: *Potamogeton natans*, *P. perfoliatus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*, *P. pusillus*, *P. alpinus*, *P. gramineus*. Также присутствуют *Selaginella selaginoides*, *Scirpus lacustris*, *Nymphaea alba*, *Nuphar* sp., *Ranunculus sceleratus*, *Comarum palustre*, *Potentilla anserina*,

Hippuris vulgaris, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Menyanthes trifoliata* и др. Проведенные палеоклиматические реконструкции позволили получить следующие значения средних палеотемператур: от +15,8 до +16,8 °С для июля и от -10,4 до -11,4 °С для января (рис. 4).

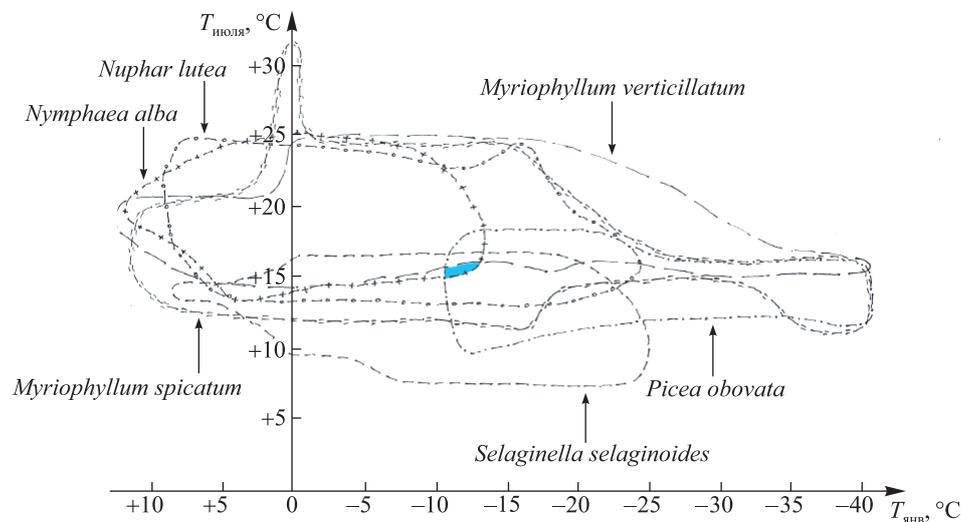


Рис. 3. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Мурава» (обнажение «Чертов Куст»)

Fig. 3. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Murava» (outcrop «Chertov Kust»)

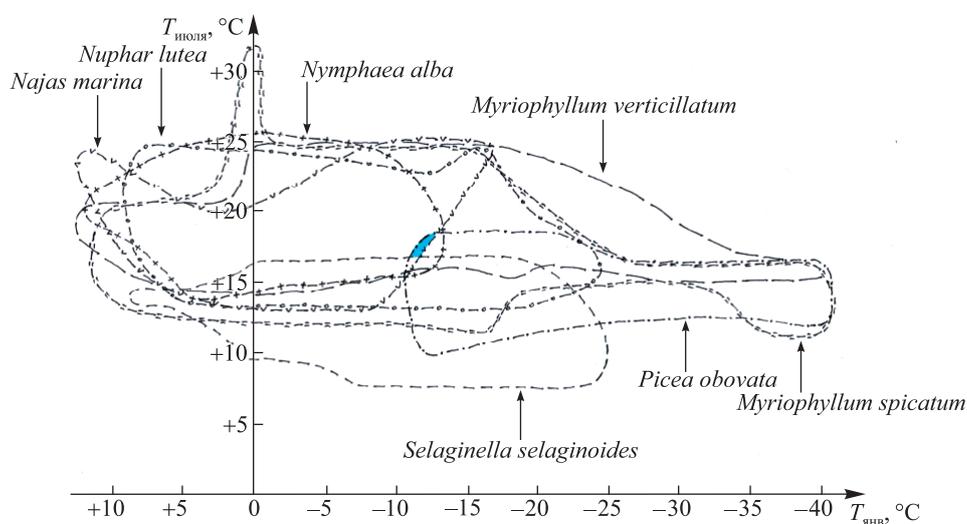


Рис. 4. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Черный Берег»

Fig. 4. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Cherny Bereg»

Разрез «Белый Ров». Выходы погребенного торфяника в овраге Белый Ров впервые были обнаружены В. Ф. Винокуровым и М. Е. Комаровским в ходе изучения геологического строения Оршанской возвышенности. В последующие несколько лет разрез неоднократно изучался другими геологами и палеоботаниками [16]. Линза межледниковых отложений мощностью более 3 м залегает на зеленовато-серой плотной морене предпоследнего оледенения, представленной суглинком плотным, пластичным с большим количеством валунов кристаллических пород диаметром до 1 м. На морене залегают супеси светло-серые, пластичные, криогурбированные с примазками растительного детрита мощностью до 20 см. В этих отложениях выявлена флора тундрового типа, состоящая из немногочисленных остатков карликовой березы, осоки и холодостойких рдестов. В залегающих выше темно-серых гумусированных супесях состав флоры резко меняется. Здесь присутствует огромное количество (тысячи экземпляров) эндокарпов рдеста плавающего (уникальное явление для плейстоценовых флор Беларуси), но самым

главным элементом являются остатки *Picea obovata*, представленной шишками, семенами и хвоей, что не вызывает сомнений в ее определении. Количество и разнообразие древесных пород и травянистых растений значительно возрастают по сравнению с нижележащими отложениями, что свидетельствует об улучшении климатических условий. Из древесных пород, помимо ели, установлены семена и хвоя *Pinus sylvestris*, *Betula alba*, *B. humilis*. Из кустарниковых пород встречаются остатки *Juniperus communis*, *Arctostaphylos uva-ursi*. Травянистая растительность представлена плодами и семенами многих водных и прибрежных растений: *Chara* sp., *Isoetes lacustris*, *Selaginella selaginoides*, *Potamogeton natans*, *P. praelongus*, *P. pectinatus*, *P. vaginatus*, *P. pusillus*, *P. alpinus*, *Eleocharis palustris*, *Carex* spp., *Nymphaea alba*, *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum demersum*, *Ranunculus sceleratus*, *Batrachium* sp., *Rorippa palustris*, *Comarum palustre*, *Potentilla nivea*, *Potentilla* sp., *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris vulgaris*, *Menyanthes trifoliata*. Выполненные палеоклиматические реконструкции свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +14,8 до +18,5 °С, а средние температуры января колебались в пределах от –10,5 до –13,1 °С (рис. 5).

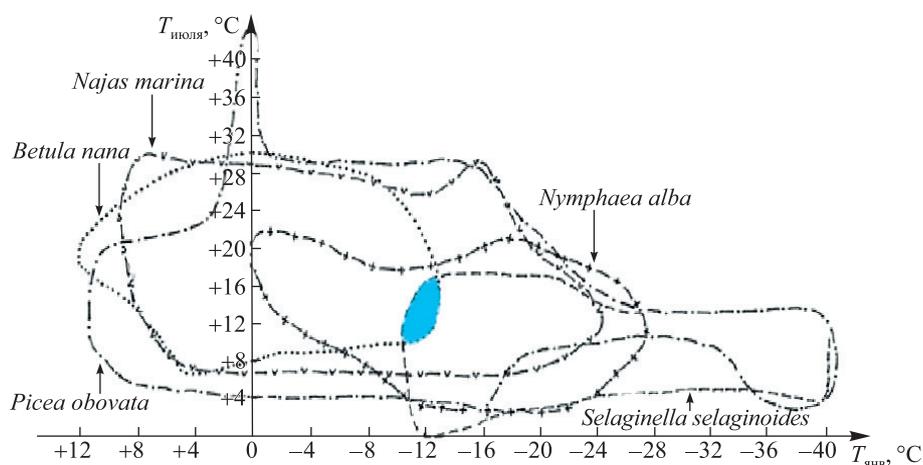


Рис. 5. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Белый Ров»

Fig. 5. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Bely Rov»

Разрез «Лоев». Обнажение «Лоев», расположенное на правом берегу р. Днепр в центре г. п. Лоев и в 200 м ниже по течению от места слияния рек Днепр и Сож, является геологическим памятником природы республиканского значения. Линза межледниковых отложений, сложенная торфами и гумусированными супесями, неоднократно исследовалась известными геологами и палеоботаниками – Г. Ф. Мирчинком, В. С. Доктуровским, В. Н. Сукачевым, М. М. Цапенко, Н. А. Махнач, Ф. Ю. Величкевичем [5; 6; 8; 17] и др. В 1971 г. группой белорусских геологов под руководством Г. И. Горецкого расчисткой была вскрыта нижняя флороносная толща, выполненная озерными супесями и суглинками от темно-серого до темно-коричневого цвета мощностью 3,6 м, о существовании которой ранее не было известно. Полученная из этих отложений флора воспроизводит лесную растительность, где основной лесобразующей породой являлась *Picea obovata*, представленная большим количеством семян, хвоя и целых шишек. Помимо ели, в группе древесных пород присутствуют остатки *Juniperus communis*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Betula alba* и *B. humilis*. Разнообразный состав травянистой растительности хорошо дополняет древесную и кустарниковую флору. Здесь присутствуют холодостойкие формы и виды более умеренных условий обитания: *Selaginella selaginoides*, *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*, *P. rutilus*, *P. alpinus*, *P. gramineus*, *Scirpus lacustris*, *Ranunculus sceleratus*, *Batrachium* sp., *Hippuris vulgaris*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum* и др. Выполненные палеоклиматические реконструкции для еловой фазы разреза «Лоев» свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +15,6 до +16,8 °С, а средние температуры января колебались в пределах от –10,8 до –20,0 °С (рис. 6).

Разрез «Рясна». Одним из важнейших разрезов для исследования развития растительного покрова в лоевское время является обнажение «Рясна», обнаруженное И. Н. Саловым в 1954 г. и расположенное на левом берегу р. Каспли вблизи границы между Смоленской и Витебской областями. Палеоботаническое изучение погребенного торфяника выполнили Н. Я. Кац и С. В. Кац [18], а палеоботаническое изучение всех флороносных отложений осуществил Ф. Ю. Величкевич [8]. Здесь под слоем черного торфа муравинского возраста вскрывается мощная толща (около 5 м) гумусированных супесей с шишками *Picea obovata*. Помимо остатков ели, встречаются плоды, семена и листочки *Juniperus communis*, *Betula alba*, *B. humilis*, *Salix* sp. Травянистая флора представлена мегаспорами *Selaginella selaginoides*,

S. tetraedra и семенами *Batrachium* sp., *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris vulgaris*. Данный разрез требует более тщательного послойного изучения отложений в целях выяснения детальных условий восстановления и эволюции растительного покрова после деградации предпоследнего (сожского) ледника.

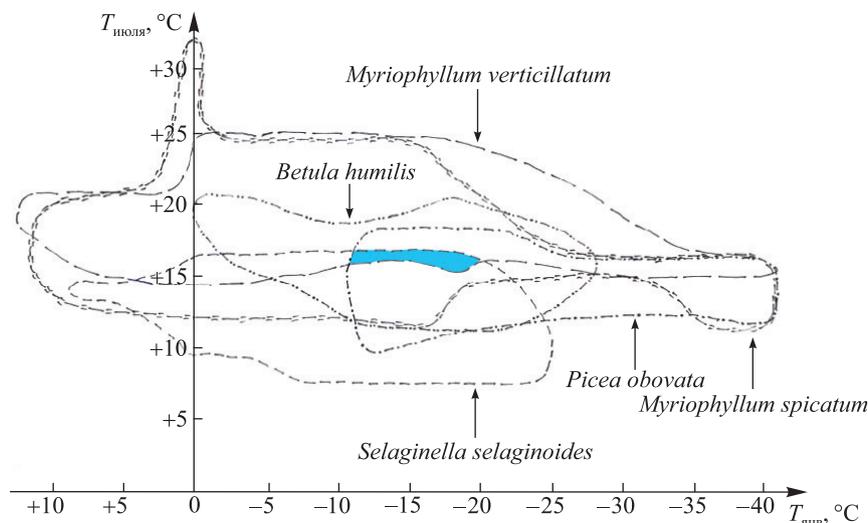


Рис. 6. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Лоев»

Fig. 6. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Loev»

Разрез «Белоусово». На правом берегу р. Западной Двины напротив д. Белоусово Велижского района Смоленской области в уступе 8-метровой террасы обнажается мощная толща (2,6 м) органогенных отложений с большим количеством крупного растительного детрита, шишками сосны обыкновенной и ели сибирской (Ф. Ю. Величкевичем собрано более сотни шишек *Picea obovata*). Данный разрез был обнаружен А. Ф. Санько в ходе изучения геологического строения долины р. Западной Двины, а семенная флора исследовалась Ф. Ю. Величкевичем, который установил ее позднеднепровский лоевский возраст. Древесные породы представлены плодами и семенами *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, *Betula alba*, *B. humilis*, *Salix* sp. Группа травянистых растений более богата и разнообразна в систематическом отношении. Особенно широко представлены роды *Potamogeton* и *Ranunculus*. Как отмечает Ф. Ю. Величкевич, основу флоры составляют виды умеренных условий обитания: *Carex* spp., *Urtica dioica*, *Rumex maritimus*, *Rorippa palustris*, *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris vulgaris* и др. Также выявлено присутствие большого количества межледниковых форм, которые, по-видимому, происходят из верхней части органогенной толщи. Отложения разреза «Белоусово» требуют дальнейшего более детального изучения.

Разрез «Посудичи». В обрыве правого коренного берега р. Судости в центре д. Посудичи Погарского района Брянской области обнажается мощная (более 7 м) толща озерно-старичных образований, сложенная различными гумусированными супесями и суглинками. Ранее разрез изучали А. А. Величко и В. М. Мотуз [19; 20]. Специальные палеокарпологические исследования были проведены Ф. Ю. Величкевичем и автором данной работы [21; 22]. В нижней части разреза (нижние 3 м над урезом воды в реке) в супесях и суглинках присутствует большое количество семян, хвои и одна целая шишка *Picea obovata*. Из других древесных пород встречаются *Pinus sylvestris*, *Betula alba*, несколько менее распространена *B. humilis*. Травянистая растительность представлена массовым количеством плодов и семян видов умеренной лесной зоны. Самой многочисленной является группа рдестов: *Potamogeton praelongus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. rutilus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*. Из других видов следует отметить большое количество остатков *Chara* sp., *Sparganium emersum*, *Ranunculus sceleratus*, *Batrachium* sp., *Myriophyllum spicatum*, *Rorippa palustris*. Также установлены небольшие количества семян *Scirpus lacustris*, *Eleocharis palustris*, *Betula* cf. *nana*, *Comarum palustre*, *Potentilla anserina*, *Hippuris vulgaris*, *Arctostaphylos uva-ursi* и некоторые другие виды. Подобный набор древесных пород и травянистых растений свидетельствует о принадлежности данной части флоры к лоевскому типу и указывает на ее одновозрастность с флорами разрезов «Жукевичи», «Черный Берег», «Лоев» и др. Не слишком широкое участие ели сибирской (обнаружена всего одна шишка) в растительных сообществах можно объяснить только юго-восточным местоположением разреза, по-видимому, на южной границе таежной зоны. Палеоклиматические реконструкции, выполненные путем наложения ареалов выявленных растений, свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +17,0 до +18,2 °C, а средние температуры января колебались в пределах от -11,0 до -18,3 °C (рис. 7).

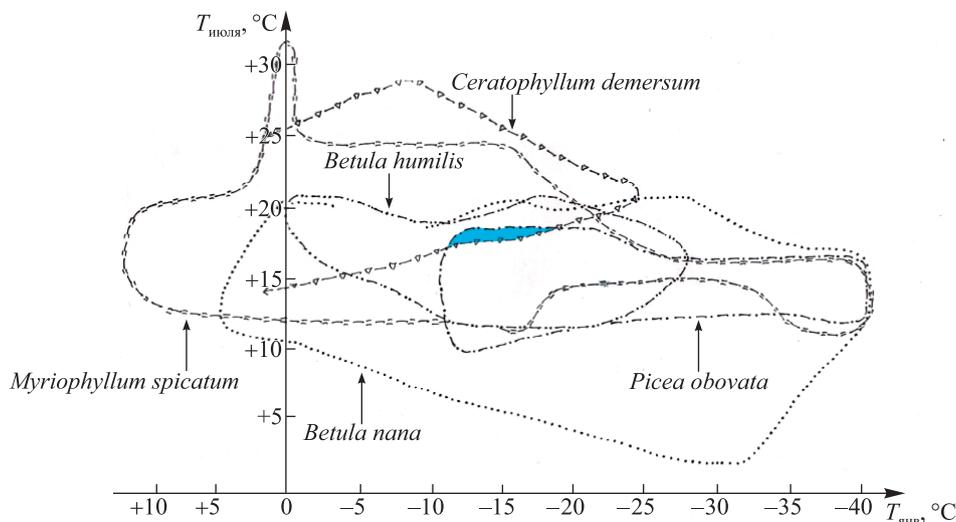


Рис. 7. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Посудичи»
 Fig. 7. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Posudichi»

Разрез «Нятесос». Впервые линзу погребенного торфяника разреза «Нятесос» на р. Неман описал Н. Н. Соболев. Впоследствии данный разрез изучали польские геологи Ч. Пахуцкий, Б. Галицкий, М. Бремунья, М. Соболевская. Итоги исследований польских палеоботаников подведены в работе В. Шафера [23]. Также разрез «Нятесос» неоднократно изучали литовские геологи и палеоботаники В. А. Чепулите, О. П. Кондратене, М. А. Ришке-не [24–26]. Палеокарпологические исследования провели М. А. Ришке-не, Ф. Ю. Величквич, П. И. Дорофеев и автор данной работы [8; 26; 27]. Было установлено, что под муравинскими межледниковыми отложениями залегают осадки с позднеосожской (лоевской) флорой интерстадиального типа. Выявленные семенные комплексы нижней части разреза «Нятесос» в Литве воспроизводят водно-болотную и прибрежную растительность лесного водоема озерно-старичного типа. Группа древесных пород представлена большим количеством остатков *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, *Betula alba*, а травянистая флора – *Selaginella selaginoides*, *Sparganium emersum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. rutilus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*, *Ranunculus sceleratus*, *Batrachium* sp., *Comarum palustre*, *Potentilla norvegica*, *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris vulgaris* и др. Выполненные палеоклиматические реконструкции свидетельствуют о том, что средние температуры июля составляли от +16,8 до +17,3 °C, а средние температуры января колебались в пределах от –12,4 до –13,6 °C (рис. 8).

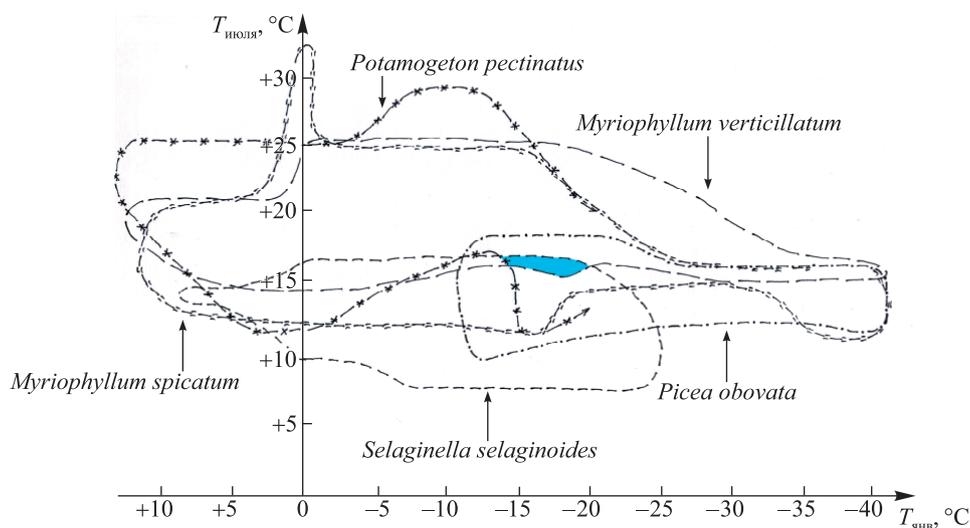


Рис. 8. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы лоевского интерстадиала разреза «Нятесос»
 Fig. 8. Reconstruction of palaeotemperature parameters for the spruce phase of the Loev interstadial of the section «Nyatesos»

Разрез «Максимонис». Обнажение «Максимонис» в Литве было открыто и впервые изучено польским геологом Ч. Пахуцким [28]. Впоследствии данный разрез исследовался Б. Галицким, М. Бремунной, М. Соболевской, В. Шафером, В. А. Чепулите, О. П. Кондратене, М. А. Ришкене, Ф. Ю. Величкевичем, Г. И. Литвинюком и др. [1; 8; 23–25; 27]. По облику воспроизводимой растительности выявленная семенная флора относится к типу таежных лесных флор и происходит из прослоя алевролита мощностью 15–20 см, содержащего большое количество обломков древесины, семян и шишек (собрано более 30 шишек ели и 100 шишек сосны) и залегающего среди плотных толстоплитчатых гиттий, не поддающихся обработке и не содержащих органических остатков. Среди древесных пород господствующее положение занимает *Picea obovata*, представленная большим количеством шишек и семян, а также *Pinus sylvestris*, *Betula alba* и *Arctostaphylos uva-ursi*. Из травянистой растительности наиболее разнообразна группа рдестов: *Potamogeton pectinatus*, *P. praelongus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. vaginatus*, *P. filiformis*. Также обнаружены *Hippuris vulgaris*, *Batrachium* sp., *Chenopodium album*, единичные семена *Myriophyllum spicatum*, *Menyanthes trifoliata* и некоторых других видов. Выявленный состав флоры позволяет отнести ее к лоевскому типу, одновозрастной с которым она и является.

Результаты и их обсуждение

Ключевым разрезом для изучения флор лоевского типа и понимания их значения послужил разрез «Жукевичи», при исследовании которого были выделены три этапа (фазы) в развитии растительности в позднесожское время: дриасовая, еловая и сосново-березовая фазы. Характерной особенностью лоевских отложений являются слои с шишками *Picea obovata*, которые часто сконцентрированы в маломощном прослое супесей или суглинков. Для реконструкции палеотемпературных показателей и чистоты полученных результатов на палеокарпологический анализ были отобраны относительно маломощные (10–20 см) прослои пород, представленные одним или двумя образцами и содержащие максимальное количество остатков ели сибирской (шишек, семян). В результате изучения состава ископаемой флоры отмечено, что она примерно одинакова как для северных и южных, так и для западных и восточных районов. Отличия наблюдаются лишь в тех видах, которые представлены единичными экземплярами, что может быть обусловлено местными особенностями флоры и ее неполной выявленностью. Все это свидетельствует о том, что либо ширина таежной зоны была слишком большой, либо эта зона медленно смещалась на север вслед за деградацией предпоследнего ледника. В таком случае семенные комплексы, как и вмещающие их отложения, будут иметь разный возраст, несмотря на схожесть их состава. Отложения северных разрезов, по всей видимости, чуть моложе отложений южных разрезов, возраст которых равняется скорости деградации ледника и, вероятно, составляет несколько тысяч лет. Флоры южных разрезов, таких как «Лоев» и «Посудичи», образовались несколько раньше флор северных разрезов, что связано с миграцией растительных зон вслед за отступанием сожского ледника. Однако температурные показатели северных и южных разрезов могут быть одинаковыми.

Наиболее достоверные палеотемпературные показатели были получены для разрезов «Мурава», «Черный Берег», «Белый Ров» и «Нятесос», что объясняется наименьшей разбежкой температурных показателей вследствие большей информативности полученных семенных комплексов. Изученные разрезы равномерно распределены по всей территории Беларуси, и, анализируя полученные палеоклиматические показатели для наиболее представительных семенных комплексов, можно утверждать, что средние температуры июля в лоевское время составляли от +15 до +17 °С, а средние температуры января колебались в пределах от –10 до –13 °С (табл. 2).

Таблица 2

Палеотемпературные показатели еловой фазы лоевского интерстадиала

Table 2

Palaeotemperature parameters of the spruce phase of the Loev interstadial

Разрез	Средние температуры июля, °С	Средние температуры января, °С
«Жукевичи»	+16,8...+17,4	–11,0...–14,0
«Мурава»	+15,0...+16,0	–10,8...–13,1
«Черный Берег»	+15,8...+16,8	–10,4...–11,4
«Белый Ров»	+14,8...+18,5	–10,5...–13,1
«Лоев»	+15,6...+16,8	–10,8...–20,0
«Посудичи»	+17,0...+18,2	–11,0...–18,3
«Нятесос»	+16,8...+17,3	–12,4...–13,6

Выявленный видовой состав анализируемых семенных комплексов практически идентичен. Повсеместно присутствуют остатки ели, сосны, толокнянки, холодостойкие рдесты и многие другие виды умеренных условий обитания. Некоторые из них представлены большим количеством плодов и семян, что свидетельствует о благоприятности условий существования. Помимо общих видов, в семенных комплексах встречаются растения широкого диапазона распространения, но они выявлены не во всех разрезах и не в массовом количестве. Из особенностей следует отметить практически полное отсутствие во всех разрезах остатков *Betula alba* (за исключением южного обнажения – разреза «Лоев»), а также мегаспоры *Salvinia natans* и семена *Najas marina*, которые встречены только в разрезе «Черный Берег», единичные остатки ольхи в разрезах «Посудичи», «Нятесос» и «Максимонис». Не отличаются широким присутствием семена *Menyanthes trifoliata* и *Urtica dioica*. Они представлены единичными экземплярами, хотя в плейстоценовых флорах их остатки обычно встречаются в большом количестве.

В целом по разнообразию и количеству выявленных видов в еловом комплексе лоевского интерстадиала самая термофильная и богатая семенная флора происходит из отложений разреза «Черный Берег» на р. Западной Двине. Несколько уступает ей по термофильности флора разреза «Мурава» (обнажение «Чертов Куст»), а все остальные флоры уступают еще больше.

Заключение

В результате выполненных исследований и анализа состава семенных комплексов еловой фазы лоевского интерстадиала в разрезах «Жукевичи», «Мурава», «Черный Берег», «Белый Ров», «Лоев», «Рясна», «Белоусово», «Посудичи», «Нятесос» и «Максимонис» установлено, что на территории Беларуси в это время были распространены таежные лесные сообщества с широким участием *Picea obovata* и *Pinus sylvestris* (в разрезе «Максимонис» обнаружены сотни шишек). В меньшей степени в растительных сообществах встречались *Betula alba* и *Alnus glutinosa*. Среди водной растительности преобладали виды умеренных условий обитания. Теплолюбивые виды, широко распространенные в межледниковье, полностью отсутствуют. Изредка встречаются небольшие количества семян *Nuphar lutea*, *Najas marina*, *Scirpus lacustris* и др. Установленные палеотемпературные показатели для еловой фазы лоевского интерстадиала в самом репрезентативном разрезе на территории Беларуси (разрез «Мурава» (обнажение «Чертов Куст»)) колебались в пределах от +15,0 до +16,0 °С в июле и от –10,8 до –13,1 °С в январе. Для остальных разрезов на территории Беларуси, а также соседних регионов получены схожие значения, что свидетельствует об их достоверности. Для выяснения более детального развития растительного покрова в позднесоюзское (предмуравинское) время следует тщательнее изучить некоторые разрезы (желательно в южных и северных районах), проводя более частый отбор образцов и датируя эти отложения радиологическими методами.

Библиографические ссылки

1. Halicki B. Podstawowe profile czwartorzędu w dorzeczu Niemna. *Acta Geologica Polonica*. 1951;2(1–2):5–101.
2. Środoń A. Roswój roślinności pod Grodnem w czasie ostatniego interglacjalu. *Acta Geologica Polonica*. 1950;1(4):365–400.
3. Вальчик МА. Строение аллювиальных отложений в обнажении «Жукевичи» на р. Горнице. В: Кузнецов ВА, редактор. *Геология и геохимия антропогена Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1974. с. 49–53.
4. Литвинюк ГИ. Новые данные о флоре Жукевичей (р. Горница) на Немане. В: Горецкий ГИ, Гричук ВП, Громов ВИ, Иванова ИК, Кригер НИ, Никифорова КВ и др., редакторы. *Советская палеокарпология (итоги и перспективы)*. Москва: Наука; 1979. с. 145–152.
5. Mirchink GF, Mikulina TM. Preliminary report on geological studies of the right bank of the Berezina River within the north-western quarter of the 29th sheet. *Izvestiya Geologicheskogo komiteta*. 1929;48(10):1405–1416. Russian.
6. Dokurovskii VS. About interglacial flora. *Byulleten' Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*. 1930;2:47–49. Russian.
7. Вознячук ЛН. Отложения последнего межледниковья на территории Белоруссии. В: Лукашев КИ, Цапенко ММ, Вознячук ЛН, редакторы. *Материалы по антропогену Белоруссии: к VI конгрессу ИНКВА; 1961 г.; Варшава, Польша*. Минск: Издательство Академии наук БССР; 1961. с. 159–217.
8. Величквич ФЮ. *Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины*. Дорофеев ПИ, редактор. Минск: Наука и техника; 1982. 239 с.
9. Матвеев АВ, Рылова ТБ, Шидловская АВ. *Муравинское межледниковье на территории Белорусского Полесья*. Минск: Беларуская навука; 2024. 197 с.
10. Еловичева ЯК, Санько АФ. Новые данные по стратотипу муравинского межледниковья Беларуси. В: Аношко ЯИ, Богомолов ЮГ, Зуй ВИ, Кудельский АВ, Махнач АА, редакторы. *Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии. Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Г. В. Богомолова; 1–3 июня 2005 г.; Минск, Беларусь. Том 2, Геоэкология. Геология и гидрогеология месторождений калийных солей, нефтегазоносность и нефтегазовая гидрогеология. Общие проблемы геологии*. Минск: Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси; 2005. с. 240–242.
11. Rylova TB, Savchenko IE. Vegetation and climate of interglacial intervals of the Pleistocene of Belarus from data of palynological investigations. *Litasfera*. 2006;1:12–26. Russian. EDN: HSMSPT.
12. Yelovicheva YaK, Pisarchuk NM. Modern concepts about the chronology of the Muravin (Mikulin, Eemian) interglacial in the west of the Eastern European Plain. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2024;1:76–97. Russian. EDN: DBYHXY.

13. Вазнячук ЛМ. Асноўныя рысы палеагеаграфіі валдайскай эпохі і ўзрост краявых утварэнняў максімальнай стадыі апошняга зледзянення на паўночным захадзе Рускай раўніны. У: Вазнячук ЛМ, Гарэцкі ГІ, Кузняцоў УА, Лукашоў КІ, Мандэр КП, рэдактары. *Антрапаген Беларусі*. Мінск: Навука і тэхніка; 1971. с. 8–23.
14. Санько АФ. *Неоплейстоцен северо-восточной Белоруссии и смежных районов РСФСР*. Минск: Наука и техника; 1987. 178 с.
15. Литвинюк ГИ. О неоплейстоценовых флорах Белоруссии. В: Величкевич ФЮ, редактор. *Палеокарпологические исследования кайнозоя*. Минск: Наука и техника; 1982. с. 71–92.
16. Литвинюк ГИ, Стельмах АЛ, Косяк АИ. Некоторые итоги изучения межледниковых отложений в разрезе «Белый Ров» на Оршанской возвышенности. В: Лукашѳв ОВ, Зуй ВИ, Губин ВН, Санько АФ, Литвинюк ГИ, Творонович-Севрук ДЛ и др., редакторы. *Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий. Материалы I Международной научной конференции; 10–12 апреля 2019 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2020. с. 265–268.
17. Цапенко ММ, Махнач НА. *Антропогенные отложения Белоруссии*. Лукашѳв КИ, редактор. Минск: Издательство Академии наук БССР; 1959. 225 с.
18. Katz NYa, Katz SV, Salov IN. Riess-Wurm (Mikulin) interglacial deposits near the village of Ryasna of the Ponizov District of the Smolensk Region. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel geologicheskii. Novaya seriya*. 1957;32(2):15–23. Russian.
19. Величко АА. *Геологический возраст верхнего палеолита центральных районов Русской равнины*. Москва: Издательство Академии наук СССР; 1961. 296 с.
20. Motuz VM. Malacofauna from the Riess-Wurm deposits found near the village of Posudichi of the Pogarsk District of the Bryansk Region. *Doklady of the Academy of Sciences of the BSSR*. 1962;6(11):709–712. Russian.
21. Литвинюк ГИ. О семенной флоре разреза «Посудичи». В: Кузнецов ВА, Шкуратов ВИ, Ропот ВФ, Еловичева ЯК, редакторы. *Геология осадочного чехла Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1984. с. 100–106.
22. Величкевич ФЮ, Рылова ТБ, Литвинюк ГИ. Аб флоры і расліннасці мікулінскага міжледавікоўя басейна сярэдняй Дзвіны. У: Каліноўскі ПФ, рэдактар. *Геалагічныя і палеаналагічныя даследаванні кайназоя Беларусі*. Мінск: Навука і тэхніка; 1989. с. 85–97.
23. Szafer W. Młodszy trzeciorzęd Podhala i jego stosunek do plejstocenu (wiadomość tymczasowa). *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*. 1952;66(2):555–566.
24. Чепулите ВА. Стратиграфия плейстоценовых отложений Литовской ССР. В: Гуделис ВК, редактор. *Труды регионального совещания по изучению четвертичных отложений Прибалтики и Белоруссии*. Вильнюс: Государственное издательство политической и научной литературы Литовской ССР; 1957. с. 53–72 (Институт геологии и географии Академии наук Литовской ССР. Научные сообщения; том 4).
25. Кондратене ОП. Стратиграфическое расчленение плейстоценовых отложений юго-восточной части Литвы на основе палинологических данных. В: Гарункштис АА, редактор. *Стратиграфия четвертичных отложений и палеогеография антропогена юго-восточной Литвы*. Вильнюс: Минтис; 1965. с. 189–261 (Институт геологии (Вильнюс). Труды; выпуск 2).
26. Ришкене МА. Новый вид *Pilea lithuanica* во флоре мяркинского межледниковья в разрезе «Нятесос». В: Гайгалас АИ, редактор. *Достижения и перспективы геологического изучения Литовской ССР. Материалы V научной конференции геологов Литвы; декабрь 1978 г.; Вильнюс, Литва*. Вильнюс: [б. и.]; 1978. с. 39–71.
27. Литвинюк ГИ. Новые данные о семенных флорах Нятесос и Максимонис на Немане. В: Дромашко СГ, редактор. *Геологические исследования кайнозоя Белоруссии*. Минск: Наука и техника; 1981. с. 75–84.
28. Pachucki C. О przebiegu moren czołowych ostatniego zlodowacenia północno-wschodniej Polski i terenów sąsiednich. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*. 1952;65(1):599–625.

Получена 01.07.2024 / исправлена 07.10.2024 / принята 07.10.2024.
Received 01.07.2024 / revised 07.10.2024 / accepted 07.10.2024.

I БЕЛОРУССКИЙ ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ КОНГРЕСС

I BELARUSIAN GEOGRAPHICAL CONGRESS

В период с 8 по 13 апреля 2024 г. на базе факультета географии и геоинформатики БГУ проходил I Белорусский географический конгресс, который был посвящен 90-летию факультета и 70-летию Белорусского географического общества.

Мероприятие стало беспрецедентным по своему масштабу за всю историю факультета. В нем участвовали более 550 человек из 8 стран – Беларуси, России, Китая, Румынии, Азербайджана, Узбекистана, Казахстана и Таджикистана. Конгресс объединил ученых из 167 научных, образовательных и производственных учреждений: МГУ имени М. В. Ломоносова, Института географии РАН, Арктического и Антарктического научно-исследовательского института, Санкт-Петербургского государственного университета, Удмуртского государственного университета, Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения РАН, Северо-Кавказского федерального университета, Института географии имени академика Гасана Алиева в Азербайджане, Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Таджикского государственного педагогического университета имени Садриддина Айни, Казахского национального университета имени аль-Фараби, Института океанологии имени П. П. Ширшова РАН, Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН, Института Африки РАН, Белгородского государственного университета, Сибирского федерального университета, Пермского государственного университета, Казанского государственного университета и др.

I Белорусский географический конгресс предоставил научному и профессиональному сообществу уникальную возможность обсудить широкий спектр актуальных тем – от изменений климата и устойчивого развития до применения геоинформационных технологий и искусственного интеллек-

та в процессе преподавания географических наук. Участники научного форума выступали с докладами, делились опытом и наработками, а также обсуждали возможные перспективы для будущих совместных исследований.

В торжественном открытии конгресса приняли участие первый проректор БГУ кандидат географических наук Д. М. Курлович, проректор по научной работе БГУ доктор химических наук А. В. Блохин и председатель Белорусского географического общества А. Е. Яротов. С докладом «Факультет географии и геоинформатики Белорусского государственного университета как флагман географического образования и географической науки в Республике Беларусь» выступила декан факультета географии и геоинформатики кандидат географических наук Е. Г. Кольмакова. На пленарном заседании также выступили заместитель директора Института географии РАН доктор географических наук, член-корреспондент РАН А. В. Панин, декан факультета географии Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена доктор географических наук Д. А. Субетто, заведующий отделом природно-техногенных геосистем Института степи Уральского отделения РАН доктор географических наук К. В. Мячина, профессор кафедры туризма Южного федерального университета доктор географических наук О. В. Ивлиева и профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики БГУ доктор географических наук Е. А. Антипова.

Во второй день работы конгресса были проведены круглые столы («Современные методы и технологии геоэкологических и ландшафтных исследований», «Творческая мастерская юного географа», «Творческая встреча с авторами учебных и учебно-методических пособий по географии для средней школы»), диалоговая площадка («Рисуем словом:

роль географического образа городов в современном страноведении»), мастер-класс («Социально-экономическое пространство в современных процессах глобализации и регионализации»), картографический брейн-ринг («Локсодромия-2024»). На протяжении всей конференции был организован лекторий зарубежных ученых.

В третий день мероприятия работали 11 секций: «Современные проблемы теоретической и прикладной лимнологии и гидрологии», «Опасные и неблагоприятные гидрометеорологические явления и процессы», «Социально-экономическая география: современные вызовы и новые горизонты», «Геодемография, география городов и регионалистика: теоретические и практические аспекты», «Цифровая реальность в геодезии, картографии и дистанционном зондировании Земли», «Современные проблемы геологии», «Почвоведение и география почв, геохимия почв и ландшафтов», «ГИС-технологии в географии и геологии», «Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения», «Актуальные проблемы физической географии, палеогеографии и устойчивого природопользования», «Инновационные методики образовательной деятельности в средней и высшей школе». Было заслушано более 200 докладов.

По итогам научного форума издан сборник «Материалы I Белорусского географического конгресса» (в 7 частях).

В XXI в. географическая наука выходит на качественно новый уровень своего развития, обусловленный возросшим значением географии в понимании сложных природных и социальных процессов и явлений, происходящих на планете, в оптимизации использования пространства и освоении ресурсов, в решении проблем взаимоотношения природы и деятельности людей, в осмыслении будущего Земли и возможности развития человеческого общества с постоянно растущими запросами.

По результатам работы конгресс постановил:

- считать приоритетным направлением исследований изучение теоретических и методологических проблем полного спектра географических и смежных наук;
- активизировать разработку новейших методов исследования, базирующихся на материалах дис-

танционного зондирования Земли и геоинформационных технологиях;

- проводить изучение природных и природно-техногенных геосистем различного иерархического уровня в целях оптимизации их функционирования;
- уделять особое внимание моделированию и прогнозу последствий антропогенных воздействий, проявляющихся в изменении состояния геосистем на глобальном, региональном и локальном уровнях;
- инициировать проведение междисциплинарных и мультидисциплинарных исследований, направленных на сохранение целостности географической среды, видового и ландшафтного разнообразия, природного и культурного наследия;
- активизировать международные теоретические и прикладные научно-исследовательские работы в области всего комплекса географических наук;
- рассмотреть возможность проведения семинаров между образовательными и научными учреждениями Беларуси и зарубежных стран по актуальным вопросам географии, а также по содержанию учебных программ учреждений высшего образования;
- активно поддерживать совместные международные студенческие научные исследования для выработки инновационных подходов в целях решения актуальных задач в области географии, геологии и родственных наук;
- отметить целесообразность применения геоинформационных приложений с открытым программным кодом, обеспечивающих междисциплинарность и большее количество потенциальных пользователей результатов исследований;
- обосновать и разработать категории малых рек европейских стран СНГ, включить в программу антарктических исследований изучение режима озер, активировать исследования и разработку мероприятий по охране озер в городской среде;
- считать насущной необходимость выделения критериев исторического города в Беларуси и России;
- ходатайствовать об увеличении количества часов на изучение географии в школе;
- проводить Белорусский географический конгресс один раз в пять лет.

*Е. Г. Кольмакова*¹

¹Елена Геннадьевна Кольмакова – кандидат географических наук, доцент; декан факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета.

Alena G. Kalmakova, PhD (geography), docent; dean of the faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University.
E-mail: kalmakova@bsu.by

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

TO THE MEMORY OF SCIENTIST



**Ядвига Казимировна
ЕЛОВИЧЕВА
Yadviga Kazimirovna
YELOVICHEVA**

Ядвига Казимировна Еловичева родилась 5 июня 1946 г. в д. Александрово Минского района. В 1964–1969 гг. училась на геолого-географическом факультете БГУ имени В. И. Ленина. С 1969 по 1972 г. являлась аспирантом Института геологических наук Академии наук БССР. С 1964 по 1972 г. была ведущим солистом народного ансамбля танца «Крыжачок».

После окончания аспирантуры (1972) при Институте геологических наук Академии наук БССР Ядвига Казимировна работала в должности младшего (1972–1981), старшего (1981–1993), ведущего (1993) и главного (1993–2003) научного сотрудника данного института. В 1999–2001 гг. являлась профессором кафедры физической географии факультета естествознания Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, в 1996–2002 гг. работала по совместительству в должности профессора кафедры геологии и разведки полезных ископаемых геологического факультета Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины.

В 1977 г. Я. К. Еловичева защитила кандидатскую диссертацию на тему «Геологические условия залегания и палеоботаническая характеристика отложений шкловского (рославльского) межледникового Белоруссии и смежных территорий» в Вильнюсском университете имени Чюрлениса (Литва) с присвоением ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.01 «Общая и региональная геология».

В 1986 г. ВАК СССР ей присвоено ученое звание старшего научного сотрудника по специальности 25.00.02 «Палеонтология и стратиграфия». В 1992 г. Я. К. Еловичева защитила докторскую диссертацию по теме «Палеогеография и хронология основных этапов развития природной среды антропогена Беларуси (по палинологическим данным)» в Институте географии НАН Украины (г. Киев) с присуждением ВАК СССР ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.25 «Геоморфология и эволюционная география». В 2008 г. ВАК Республики Беларусь присвоил ей ученое звание доцента, а в 2016 г. – ученое звание профессора по специальности 25.00.01 «География».

С 2000 г. Ядвига Казимировна начинает работать на факультете географии и геоинформатики БГУ сначала в должности профессора на кафедре физической географии материков и океанов и методики преподавания географии (с 2010 г. – кафедра физической географии мира и образовательных технологий), затем в должности заведующего кафедрой (2003–2019). За время работы в БГУ она читала на высоком научно-методическом уровне учебные курсы лекций: «Антропогеновые процессы», «Геология с основами палеонтологии», «Основы геоэкологии и рационального природопользования», «Основы экологии и ресурсосбережения», «Проблемы физической географии», «Физическая география

Мирового океана», «Эволюция географической среды Беларуси», «Основы палинологии», «Физическая география материков», «Геохронологические методы исследований», «Геоэкологические изменения и устойчивость биосферы» и др.

Большую часть своей жизни профессор Я. К. Еловичева посвятила науке. Ядвига Казимировна имеет значимые республиканские и мировые научные достижения по выработке концепции эволюции природной среды антропогена, созданию теории макросукцессий палеофитоценозов межледниковий плейстоцена, разработке усложненного варианта стратиграфической схемы плейстоцена и голоцена Беларуси и смежных территорий, созданию атласа растительных микрофоссилий антропогена Беларуси и палинологической базы данных Республики Беларусь на основе анализа данных, которые были получены из 307 изученных палинологических методом разрезов.

Ядвига Казимировна Еловичева является автором более 700 работ, в том числе 10 учебных пособий и многочисленных научных статей.

За свою научную и педагогическую деятельность Ядвига Казимировна награждена грамотами и почетными грамотами Министерства образования Республики Беларусь, Белорусского государственного университета, Белорусского географического общества, Института геологических наук Академии наук БССР, благодарностью ректора БГУ, благодарностью ВАК Республики Беларусь, нагрудным знаком «Выдатнік адукацыі» Министерства образования Республики Беларусь. Биографическим институтом Великобритании в 1997 и 1999 гг. ей присвоено звание «Женщина года».

Я. К. Еловичева активно занималась международной научной деятельностью, являлась куратором региона по выполнению международных проектов и договоров, научным руководителем и участником множества республиканских проектов, поддерживала научные связи с учеными из стран Европы (Швеция, Франция, Польша, Германия, Великобритания, Нидерланды), России, Украины, Латвии, Эстонии, Грузии, педагогические связи с Силезским университетом в Катовице (Польша). Наиболее значимыми были следующие проекты: «Lake-level records from Northern Eurasia» («Lake status records from the Former Soviet Union and Mongolia») (Швеция, 1992), «Extension of the European pollen data base» (Франция, 1994–1997), «Био- и литостратиграфия четвертичных отложений центрально-восточной Польши и западной Беларуси» (Польша – Беларусь, 1996–2004), «Palynostratigraphy and climatostratigraphy of selected stages of the Pleistocene

in Central and Eastern Europe» (Польша – Беларусь, 1998–2000), «Application of $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, OSL and TL modern versions of dating methods in combination with lithostratigraphical and paleontological studies for correlation of Middle and Late Pleistocene terrestrial deposits between East European Plain and Siberia and for reconstruction of paleoclimatic stages» (Германия – Россия – Беларусь, 2002–2006), «Сравнение биостратиграфических материалов плейстоценовых озерных отложений Польши и Беларуси» (Беларусь – Польша, 2004–2006), «Главные климатические изменения среднего и раннего плейстоцена центрально-восточной Европы» (Польша – Беларусь, 2005–2010) и др. Я. К. Еловичева – создатель и руководитель постоянно обновляемой палинологической базы данных Республики Беларусь (1990–2024). Она активно участвовала в работе международных и республиканских симпозиумов, конференций, совещаний на протяжении всей научной и педагогической деятельности.

Ядвига Казимировна принимала активное участие в подготовке кадров высшей квалификации для Республики Беларусь, входя в состав советов по защите диссертаций. В 1996 г. она являлась членом совета по защите диссертаций Д-02.01.06 при БГУ (географические науки), в 1997–2006 гг. – членом совета по защите диссертаций Д-01.22.01 Института геохимии и геофизики НАН Беларуси (геолого-минералогические науки), в 2004–2006 гг. – председателем объединенного научного семинара по предварительной экспертизе кандидатских и докторских диссертаций по специальности 25.00.23 «Физическая география, биогеография, география почв и геохимия ландшафтов» в БГУ. Я. К. Еловичева была председателем экспертного совета № 23 ВАК Республики Беларусь по географическим и геолого-минералогическим наукам. Она являлась членом Белорусского географического общества, Всероссийского палеонтологического общества, Белорусской антропогенной комиссии, Палинологической комиссии России, входила в состав редакционных коллегий многих научных журналов.

С 2004 по 2015 г. Я. К. Еловичева была председателем Союза женщин географического факультета БГУ и членом совета Союза женщин БГУ.

Благодаря своему трудолюбию, глубоким познаниям и доброжелательному отношению к окружающим Ядвига Казимировна получила заслуженное уважение среди коллег, студентов, друзей и учеников, которые помнят ее как эрудированного, интеллигентного и отзывчивого человека.

Н. М. Писарчук¹

¹Наталья Михайловна Писарчук – заместитель декана по учебной работе и образовательным инновациям, старший преподаватель кафедры физической географии мира и образовательных технологий факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета.

Natalia M. Pisarchuk, deputy dean for academic affairs and educational innovation and senior lecturer at the department of physical geography of the world and educational technologies, faculty of geography and geoinformatics, Belarusian State University.

E-mail: pisarchuk@bsu.by

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ

INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

УДК 551.507(075.8)

Дорожко Н. В. **Спутниковая метеорология** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 6-05-0532-02 «Гидрометеорология» / Н. В. Дорожко ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 99 с. : ил. Библиогр.: с. 96–97. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/316152>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 10.07.2024, № 011610072024.

Основной целью учебной дисциплины «Спутниковая метеорология» является получение знаний о современных спутниковых системах последнего поколения и о физическом состоянии атмосферы и подстилающей поверхности Земли, метеорологических явлениях по данным наблюдений с искусственных спутников Земли (ИСЗ). Спутниковая метеорология знакомит студентов с теоретическими знаниями, методическими принципами и способами получения, обработки и интерпретации информации, получаемой с помощью аппаратуры искусственных спутников Земли, а также способствует приобретению навыка к практическому решению определенных задач спутниковой метеорологии. Дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования, модулю «Дистанционные математические методы».

УДК 528.8.044(075.8)

Шалькевич Ф. Е. **Дистанционная спектрометрия** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / Ф. Е. Шалькевич, Ю. С. Давидович, Н. А. Шестаков ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 114 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 107–114. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/317982>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 02.09.2024, № 011902092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) «Дистанционная спектрометрия» предназначен для студентов специальности 1-31 02 03 «Космоаэрокартография». В ЭУМК изложены основные понятия и этапы развития дистанционной спектрометрии природных и антропогенных объектов, рассмотрены основные факторы, влияющие на спектрометрические измерения, теоретические физические основы дистанционного зондирования Земли, технологии и методика работ с данными наземных спектрометрических измерений. Представлены тематика лабораторных работ, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для итогового контроля знаний.

УДК 33:911.3(100)(075.8)

Шевцова Н. С. **Социально-экономическая география мира** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / Н. С. Шевцова, У. В. Кот ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 143 с. : табл. Библиогр.: с. 142–143. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318639>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 11.09.2024, № 012311092024.

В электронном учебно-методическом комплексе (ЭУМК) представлены материалы по экономической, социальной и политической географии мира. В первой части рассмотрены теоретические вопросы развития современного мирового хозяйства и условия его функционирования, а также структурные и территориальные особенности современного мирового хозяйства. Вторая часть посвящена региональной экономической и политической географии зарубежных стран Европы, Азии, Америки, Африки и Океании. На страноведческом уровне в ЭУМК дан экономико-географический анализ природно-ресурсного потенциала, населения и хозяйства разных стран мира, в том числе ФРГ, Франции, Великобритании, Италии, Польши, Японии, Китая, США, Бразилии и др.

УДК 33:911.37(075.8)

Антипова Е. А. **География населения** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-01 «География», 6-05-0521-03 «Геоэкология» / Е. А. Антипова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 50 с. : табл. Библиогр.: с. 41–43. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318690>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 13.09.2024, № 012513092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальностей 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-01 «География», 6-05-0521-03 «Геоэкология». В ЭУМК представлены материалы по географии населения. ЭУМК состоит из четырех разделов. В них рассматриваются вопросы теории и методики географии населения, основ демографии и геодемографии, географии миграций, динамики численности населения, географии расселения населения, этнической географии, географии населения Беларуси.

УДК 911.2(075.8)

Гледко Ю. А. Общее землеведение [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 6-05-0532-01 «География», 6-05-0532-02 «Гидрометеорология», 6-05-0532-06 «Геоинформационные системы», 6-05-0532-05 «Космоаэрокартография и геодезия», 6-05-0521-03 «Геоэкология», 6-05-0532-04 «Геология», 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-09 «Страноведение и переводческая деятельность» / Ю. А. Гледко, О. В. Давыденко ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 51 с. : табл. Библиогр.: с. 48–51. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318879>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 17.09.2024, № 012717092024.

В электронном учебно-методическом комплексе рассматриваются основы учения о географической оболочке, ее строении, основных законах и закономерностях развития, анализируются современные экологические проблемы. Представлены тематика, содержание и методические рекомендации для выполнения лабораторных и практических работ, перечень вопросов и заданий для семинарских занятий, открытые эвристические задания для управляемой самостоятельной работы студентов, минимум географической номенклатуры, примерный перечень заданий в тестовой форме для итогового и промежуточного контроля знаний.

УДК 91:004(075.8)

Ермолович М. М. Облачные сервисы в географии [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец.: 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление спец. 1-31 02 01-02 «География (научно-педагогическая деятельность)»; 1-31 02 02 «Гидрометеорология»; 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)», направление спец. 1-56 02 02-01 «Геоинформационные системы (земельно-кадастровые)»; 1-31 02 03 «Космоаэрокартография»; 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / М. М. Ермолович, Н. М. Писарчук ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 78 с. : ил. Библиогр.: с. 76–78. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318920>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 18.09.2024, № 012818092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Облачные сервисы в географии» предназначен для студентов географических специальностей. Содержание ЭУМК предполагает создание условий, содействующих освоению студентами принципов работы с различными онлайн-сервисами для обеспечения полноты процесса обучения и становления специалиста-географа.

УДК 91:004(075.8)

Ермолович М. М. Облачные сервисы в географии [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец.: 6-05-0532-01 «География», 6-05-0532-02 «Гидрометеорология», 6-05-0532-06 «Геоинформационные системы», 6-05-0532-05 «Космоаэрокартография и геодезия», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-09 «Страноведение и переводческая деятельность» / М. М. Ермолович, Н. М. Писарчук ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 78 с. : ил. Библиогр.: с. 76–78. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/318922>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 18.09.2024, № 012918092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Облачные сервисы в географии» предназначен для студентов географических специальностей. Содержание ЭУМК предполагает создание условий, содействующих освоению студентами принципов работы с различными онлайн-сервисами для обеспечения полноты процесса обучения и становления специалиста-географа.

УДК 502.131.1(075.8)

Геоэкологические аспекты устойчивого развития местных сообществ [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология», профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие» / БГУ ; сост. Н. В. Гагина. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 66 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 60–62. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/319421>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 30.09.2024, № 013130092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре по специальности 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология» (профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие»). В ЭУМК рассмотрены научные основы концепции устойчивого развития, включая вопросы междисциплинарного характера и взаимосвязь целей устойчивого развития на глобальном, региональном и локальном уровнях. Детально изложены возможности применения геоэкологического подхода к разработке стратегий устойчивого развития местных сообществ (Местные повестки – 21). Представлены тематика практических заданий, выполняемых индивидуально и в малых группах, вопросы для подготовки к текущей аттестации. При организации образовательного процесса по изучению дисциплины использованы практико-ориентированный подход, методы проектного обучения и деловой игры.

УДК 502.17-048.87(100)(075.8)

Международное сотрудничество и охрана окружающей среды [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология», профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие» / БГУ ; сост. Н. В. Гагина. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 70 с. : табл. Библиогр.: с. 64–66. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/319428>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 30.09.2024, № 013230092024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре по специальности 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология» (профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие»). В ЭУМК изложены научные основы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды, детально рассмотрены международные обязательства Республики Беларусь в сфере обеспечения экологической безопасности, охраны компонентов окружающей среды, регионального сотрудничества. Представлены тематика практических заданий, выполняемых индивидуально и в малых группах, вопросы для подготовки к текущей аттестации. При организации образовательного процесса по изучению дисциплины использованы практико-ориентированный подход, методы проектного обучения и деловой игры.

УДК 502.173(075.8)

Менеджмент экологических рисков [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология», профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие» / БГУ ; сост.: Н. В. Гагина, В. С. Зубрицкий. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 131 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 125–127, библиогр. в тексте. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/319919>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 04.10.2024, № 013604102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре по специальности 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология». В ЭУМК изложены основные принципы и требования в области защиты окружающей среды и оценки рисков негативного воздействия при осуществлении хозяйственной деятельности. Рассмотрены современные подходы к оценке риска на различных уровнях. Представлены тематика практических заданий, выполняемых индивидуально и в малых группах, вопросы для подготовки к текущей аттестации. При организации образовательного процесса по изучению дисциплины использованы практико-ориентированный подход, методы анализа конкретных ситуаций, развития критического мышления.

УДК 910.1(075.8)

Брилевский М. Н. Методология и научные школы географических исследований [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 7-06-0532-01 «География», профилизация «Цифровые геотехнологии»; 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология», профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие» / М. Н. Брилевский ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 178 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 166–169. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320306>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 10.10.2024, № 014210102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов 2-й ступени образования, обучающихся по специальностям 7-06-0532-01 «География» (профилизация «Цифровые геотехнологии»), 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология» (профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие»). В теоретическом разделе ЭУМК анализируются современные задачи географии, направленные на решение фундаментальных и прикладных проблем взаимодействия общества и природы, вопросы истории развития географической науки в Республике Беларусь, формирования научных школ по различным направлениям географии. Практический раздел содержит вопросы к семинарским занятиям и пояснения по их подготовке, методические разработки по выполнению практических работ по учебной дисциплине, позволяющие формировать навыки научно-исследовательской работы: умение поставить научную задачу, выбрать объект исследования, разработать методику.

УДК 502/504:004.9(075.8)

Антипова О. С. Web-дизайн и визуализация экологической информации [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец. 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология», профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие» / О. С. Антипова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 81 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 76–77. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320405>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 14.10.2024, № 014614102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) с креативным компонентом предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре по специальности 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология» (профилизация «Окружающая среда и устойчивое развитие»). В теоретическом разделе ЭУМК изложены история развития и базовые принципы web-дизайна, основы визуализации экологической информации, описаны стили, методы и современные технологии в области web-дизайна и визуализации экологической информации. В ЭУМК приведены задания практических работ, темы для подготовки рефератов, вопросы к экзамену. При организации образовательного процесса по изучению дисциплины внедрены инновационные подходы и методы, в том числе с выраженным креативным компонентом.

УДК 556.5(075.8)

Лопух П. С. Гидрология [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / П. С. Лопух, Е. В. Логинова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 406 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 405–406. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320517>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 16.10.2024, № 014816102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальностей 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность». Содержание ЭУМК предполагает изучение следующих вопросов: предмета и состава гидрологии, истории науки, основных физических и химических свойств воды, гидрологических процессов и их физических свойств, гидрологии рек, подземных вод, озер, искусственных водоемов и водотоков, болот и ледников, проблем гидрологического районирования и использования водных ресурсов.

УДК 551.583(075.8)

Логинова Е. В. Глобальное изменение климата и климатические риски [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. «География», профилизация «Цифровые геотехнологии» / Е. В. Логинова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 353 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 350–353. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320519>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 16.10.2024, № 014916102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для магистрантов специальности «География» (профилизация «Цифровые геотехнологии») дневной формы обучения. Содержание ЭУМК предполагает изучение следующих вопросов: изменения климата под влиянием естественных и антропогенных факторов, климатических рисков, адаптации к климатическим рискам.

УДК 338.48-32(075.8)

Титов А. Н. Основы экскурсоведения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / А. Н. Титов ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 133 с. : табл. Библиогр.: с. 128–129. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320885>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 24.10.2024, № 015524102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Основы экскурсоведения» предназначен для студентов, получающих высшее образование по географическому профилю в сфере туризма и экскурсионной деятельности. Материалы электронного пособия, составленные с учетом отечественного и зарубежного опыта ведущих специалистов в области экскурсоведения, базируются на актуальных источниках информации и новейших методиках. ЭУМК структурно представлен четырьмя основными разделами: теоретическим, практическим, контроля знаний и вспомогательным. Использование ЭУМК в образовательном процессе способствует формированию у студентов прочных теоретических знаний в области экскурсионного дела, а также практических навыков разработки и проведения всех видов экскурсий, организации деятельности субъектов туристской индустрии.

УДК 528.2/.5(075.8)

Топография с основами геодезии [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец.: 6-05-0532-01 «География», 6-05-0532-02 «Гидрометеорология», 6-05-0521-03 «Геоэкология»,

6-05-0532-04 «Геология», 6-05-0532-05 «Космоаэрокартография и геодезия», 6-05-0532-06 «Геоинформационные системы», 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-09 «Страноведение и переводческая деятельность» / БГУ ; сост.: А. П. Романкевич, П. В. Жумарь ; под общ. ред. А. П. Романкевича. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 181 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 170–171. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320900>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 25.10.2024, № 015625102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) с креативным компонентом «Топография с основами геодезии» предназначен для студентов географических специальностей. Содержание ЭУМК предполагает изучение основных вопросов, составляющих фундамент топографо-геодезического метода географических исследований: создания и использования топографических карт и планов, видов геодезических измерений и оценки их точности. В ЭУМК представлены сведения об основных приборах, применяемых в топографо-геодезическом производстве.

УДК 911.2(075.8)

Кольмакова Е. Г. Физическая география материков [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс с креатив. компонентом для спец.: 1-31 02 01 «География (по направлениям)», 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы (по направлениям)», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» : в 2 ч. Ч. 2. Северная Америка, Южная Америка, Африка, Австралия и Океания, Антарктида / Е. Г. Кольмакова, Н. М. Писарчук ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 309 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 306–309. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/320976>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 29.10.2024, № 015829102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Физическая география материков. Часть 2 (Северная Америка, Южная Америка, Африка, Австралия и Океания, Антарктида)» предназначен для обучающихся на географических специальностях и содействует освоению студентами программы дисциплины. Включает разделы: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный. В разделах рассматриваются вопросы теории по дисциплине, методики проведения семинарских, практических, управляемых самостоятельных работ и коллоквиумов, контроля усвоения материала и оценки знаний. Значительное внимание уделено эвристической и креативной составляющим.

УДК 338.483(100)(075.8)

География международного туризма [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / БГУ ; сост. И. К. Трифонова. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 118 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 115–116. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/321004>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 30.10.2024, № 015930102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «География международного туризма» предназначен для студентов, получающих высшее образование по географическому профилю в сфере туризма и экскурсионной деятельности. Содержание ЭУМК предполагает создание условий, содействующих освоению студентами программы учебной дисциплины. В содержании ЭУМК в соответствии с действующей учебной программой рассматриваются теоретико-методологические основы географии международного туризма, анализируются социально-экономические факторы динамичного развития туризма в XXI в., раскрываются географические тенденции развития туризма в регионах и странах мира. ЭУМК состоит из четырех разделов и учебно-методической карты учебной дисциплины.

УДК 33:911.3(26)(075.8)

Трифорова И. К. Экономическая география Мирового океана [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / И. К. Трифонова ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 127 с. : табл. Библиогр.: с. 124–125. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/321005>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 30.10.2024, № 016030102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Экономическая география Мирового океана» предназначен для студентов, получающих высшее образование по географическому профилю в сфере туризма и экскурсионной деятельности. ЭУМК состоит из четырех разделов. Содержит комплексную информацию о природных закономерностях функционирования гео-системы Мирового океана, природно-ресурсном и экономическом потенциале, формах и тенденциях его освоения. Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом по освоению учебной дисциплины «Экономическая география Мирового океана» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий.

УДК 502.13(075.8) + 338.46:502(075.8)

Галай Е. И. **Организация и рынок экологических услуг** [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 7-06-0532-01 «География», профилизация «Цифровые геотехнологии»; 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология» / Е. И. Галай ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 66 с. : табл. Библиогр.: с. 59–61. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/321102>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 30.10.2024, № 016130102024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся в магистратуре по специальностям 7-06-0532-01 «География» (профилизация «Цифровые геотехнологии»), 7-06-0521-02 «Прикладная геоэкология». В ЭУМК изложены научно-методические и нормативные правовые основы формирования рынка экологических услуг, виды экологических услуг и особенности их классификаций, рассмотрены требования к содержанию и применению основных методов и инструментов экологического регулирования при производстве товаров и услуг, секторальные особенности функционирования рынка экологических услуг в зарубежных странах и в Республике Беларусь. Представлены тематика практических заданий, выполняемых индивидуально, вопросы для подготовки к текущей аттестации. При организации образовательного процесса по изучению дисциплины использован практико-ориентированный подход.

УДК 528.88.04:55(075.8-054.6) + 91:004(075.8-054.6)

GIS in mineral resource management [Electronic resource] : electron. educ.-method. complex for specialty 7-06-0532-01 «Geography», 1-31 80 02 «Geography», profile «Remote sensing and spatial analysis in geoinformation systems» : in 2 parts. Part 1 / Belarus. State Univ. ; compil. V. I. Zui. Electron. text data. Minsk : Belarus. State Univ., 2024. 308 p. : il., tables. Bibliogr.: p. 305–308. Available from: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/321997>. Screen title. Deposited in Belarus. State Univ. 18.11.2024, No. 016918112024.

The electronic educational and methodological complex (EEMC) is intended for undergraduates studying in the specialty 7-06-0532-01 «Geography» and it could be useful as well for the specialty 1-31 80 02 «Geography». The content of the EEMC involves increasing the efficiency of managing the educational process and independent work of undergraduates in mastering the academic discipline «GIS in mineral resource management» through the introduction of innovative educational technologies into the educational process, ensuring high-quality training of highly qualified geographers.

УДК 528.88.04:55(075.8-054.6) + 91:004(075.8-054.6)

GIS in mineral resource management [Electronic resource] : electron. educ.-method. complex for specialty 7-06-0532-01 «Geography», 1-31 80 02 «Geography», profile «Remote sensing and spatial analysis in geoinformation systems» : in 2 parts. Part 2 / Belarus. State Univ. ; compil.: N. V. Zhukovskaya, V. I. Zui. Electron. text data. Minsk : Belarus. State Univ., 2024. 157 p. : il., tables. Bibliogr.: p. 153–156. Available from: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/322001>. Screen title. Deposited in Belarus. State Univ. 18.11.2024, No. 017018112024.

The electronic educational and methodological complex (EEMC) (part 2) is intended for undergraduates studying in the specialty 1-31 80 02 «Geography» and it could be useful as well for the specialty 7-06-0532-01 «Geography». The content of the EEMC involves increasing the efficiency of managing the educational process and independent work of undergraduates in mastering the academic discipline «GIS in mineral resource management» through the introduction of innovative educational technologies into the educational process, ensuring high-quality training of highly qualified geographers.

УДК 332.3(075.8)

Землеустройство [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 6-05-0532-06 «Геоинформационные системы», 6-05-0532-01 «География» / БГУ ; сост.: Д. А. Чиж [и др.]. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 54 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 51–54. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/322065>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 20.11.2024, № 017320112024.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 6-05-0532-06 «Геоинформационные системы», 6-05-0532-01 «География». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Землеустройство» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных образовательных технологий, обеспечение подготовки высококвалифицированных специалистов-географов.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ

<i>Червань А. Н., Давидович Ю. С.</i> Типология геосистем Белорусского Полесья.....	3
<i>Лис К. Я., Кислицын Д. А., Топаз А. А.</i> Геоинформационное картографирование последствий лесных пожаров по данным спутников «Sentinel-2» и «Landsat-8»	24
<i>Яцухно В. М., Бачила С. С., Давидович Ю. С.</i> На пути к устойчивому развитию сельских территорий Беларуси: территориально-организационный аспект.....	39
<i>Данилович И. С., Костюченко И. В.</i> Изменения ветрового режима на территории Беларуси и его возможные причины	51
<i>Байрамов Т. Ш.</i> Оценка влияния миграции на социально-экономическое положение населения в Азербайджанской Республике на примере Губа-Хачмазского экономического района.....	62
<i>Агакишиева Г. Р.</i> Географические особенности развития туризма в различных высотных поясах горных районов Азербайджана.....	72
<i>Сумак Е. Н.</i> Обзор современных методов исследования и мониторинга засух.....	91

ГЕОЛОГИЯ

<i>Литвинюк Г. И.</i> Особенности состава лоевских семенных флор и реконструкция условий их развития на территории Беларуси и соседних регионов.....	107
--	-----

ХРОНИКА, ИНФОРМАЦИЯ

<i>Кольмакова Е. Г.</i> I Белорусский географический конгресс.....	120
--	-----

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

<u>Ядвига Казимировна Еловичева</u>	122
Аннотации депонированных в БГУ работ	124

CONTENTS

GEOGRAPHY

<i>Chervan A. N., Davidovich Y. S.</i> Typology of geosystems of Belarusian Polesie	3
<i>Lis K. Y., Kislitsyn D. A., Topaz A. A.</i> Geoinformation mapping of the consequences of forest fires according to «Sentinel-2» and «Landsat-8» satellite data	24
<i>Yatsukhno V. M., Bachila S. S., Davidovich Y. S.</i> On the way to sustainable development of rural areas of Belarus: territorial and organisational aspect	39
<i>Danilovich I. S., Kostyuchenko I. V.</i> Changes in wind regime across the territory of Belarus and its possible causes	51
<i>Bayramov T. Sh.</i> Assessment of the migration impact on the socio-economic conditions of the population in the Republic of Azerbaijan using the example of the Guba-Khachmaz economic region	62
<i>Agakishiyeva G. R.</i> Geographical features of tourism development in various high-altitude zones of mountainous areas of Azerbaijan	72
<i>Sumak K. M.</i> Review of modern methods of drought research and monitoring.....	91

GEOLOGY

<i>Litvinyuk G. I.</i> Features of the composition of Loev seed floras and reconstruction of the conditions of their development on the territory of Belarus and neighbouring regions.....	107
--	-----

CHRONICLE, INFORMATION

<i>Kalmakova A. G.</i> I Belarusian geographical congress.....	120
--	-----

TO THE MEMORY OF SCIENTISTS

<i>Yadviga Kazimirovna Yelovicheva</i>	122
--	-----

Indicative abstracts of the papers deposited in BSU.....	124
--	-----

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. 2024**

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) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by
URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«Журнал Белорусского государственного
университета. География. Геология»
издается с января 1969 г.
До 2017 г. выходил под названием «Вестник БГУ.
Серия 2, Химия. Биология. География»
(ISSN 2308-9164).

Редакторы *О. А. Семенец, М. А. Подголина*
Технический редактор *М. М. Баулина*
Корректор *Л. А. Меркуль*

Подписано в печать 29.11.2024.
Тираж 65 экз. Заказ 1166.

Республиканское унитарное предприятие
«СтройМедиаПроект».
ЛП № 02330/71 от 23.01.2014.
Ул. В. Хоружей, 13/61, 220123,
г. Минск, Республика Беларусь.

© БГУ, 2024

**Journal
of the Belarusian State University.
Geography and Geology.
No. 2. 2024**

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) 259-70-74, (017) 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by
URL: <https://journals.bsu.by/index.php/geography>

«Journal of the Belarusian State University.
Geography and Geology»
published since January, 1969.
Until 2017 named «Vestnik BGU.
Seriya 2, Khimiya. Biologiya. Geografiya»
(ISSN 2308-9164).

Editors *O. A. Semenets, M. A. Podgolina*
Technical editor *M. M. Baulina*
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 29.11.2024.
Edition 65 copies. Order number 1166.

Republic Unitary Enterprise
«StroiMediaProekt».
License for publishing No. 02330/71, 23 January, 2014.
13/61 V. Haruzhaj Str.,
Minsk 220123, Republic of Belarus.

© BSU, 2024