



ЖУРНАЛ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ГЕОГРАФИЯ ГЕОЛОГИЯ

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

GEOGRAPHY and GEOLOGY

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

Выходит один раз в полугодие

1

2019

МИНСК
БГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

<i>Балтрунас В.</i>	Центр изучения природы, Вильнюс, Литва.
<i>Витченко А. Н.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Донерт К.</i>	Европейский центр качества, Европейская ассоциация географов, Зальцбург, Германия.
<i>Зуй В. И.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Иванов Д. Л.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Калицкий Т.</i>	Институт географии Университета Яна Кохановского в Кельце, Кельце, Польша.
<i>Карабанов А. К.</i>	Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь.
<i>Катровский А. П.</i>	Смоленский гуманитарный университет, Смоленск, Россия.
<i>Курлович Д. М.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Маркс Л.</i>	Варшавский университет, Варшава, Польша.
<i>Нюсупова Г. Н.</i>	Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.
<i>Пирожник И. И.</i>	Поморский университет, Слупск, Польша.
<i>Родионова И. А.</i>	Российский университет дружбы народов, Москва, Россия.
<i>Руденко Л. Г.</i>	Институт географии Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.
<i>Санько А. Ф.</i>	Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.
<i>Сарменто Ж. К. В.</i>	Университет Миньо, Брага, Португалия.

EDITORIAL BOARD

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

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

УДК 911.6

ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАЗЛИЧИЯ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ

Е. А. АНТИПОВА¹⁾, А. Н. ШАВЕЛЬ¹⁾, И. И. ЗАПРУДСКИЙ¹⁾

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

Статья посвящена анализу экономико-географических и социально-экономических различий регионов Республики Беларусь в целях совершенствования административно-территориального деления (АТД). Показана определяющая роль белорусской научной школы экономической географии в разработке принципов АТД Беларуси в различные периоды развития. Выявлены исторические этапы формирования, преимущества и недостатки действующей системы АТД республики. Систематизирован позитивный и негативный международный опыт проведения административно-территориальных преобразований. Установлены значительные диспропорции в природно-ресурсном, демографическом и экономическом потенциале регионов Беларуси и различный их вклад в социально-экономическое развитие государства. На основе центр-периферийного принципа разработана схема районов Беларуси по их социально-экономическому уровню, которая свидетельствует о существенных сдвигах

Образец цитирования:

Антипова ЕА, Шавель АН, Запрудский ИИ. Экономико-географические и социально-экономические различия регионов Республики Беларусь как основа совершенствования административно-территориального деления. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:3–21.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-3-21>

For citation:

Antipova EA, Shavel AN, Zaprudskij II. Economic and geographical and socio-economic differences of regions of the Republic of Belarus as a basis for improvement of administrative-territorial division. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:3–21. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-3-21>

Авторы:

Екатерина Анатольевна Антипова – доктор географических наук, профессор; заведующий кафедрой экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.
Алексей Николаевич Шавель – старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.
Илья Игоревич Запрудский – старший преподаватель кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Ekaterina A. Antipova, doctor of science (geography), full professor, head of the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
antipovaekaterina@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7862-5500>
Aleksej N. Shavel, senior lecturer at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
alexxxshavel@gmail.com
Ilya I. Zaprudskij, senior lecturer at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
albarutenicageo@gmail.com

в развитии региональных хозяйственных комплексов, произошедших за последние десятилетия. Около 20 % административных районов характеризуются свойствами центра или полуженра и имеют возможности выполнять функции региональных центров в новом АД. Более 30 % административных районов являются периферийными по показателям социально-экономического развития. Полученные результаты обосновывают необходимость совершенствования АД Республики Беларусь.

Ключевые слова: белорусская школа экономической географии; Республика Беларусь; административно-территориальное деление; региональные диспропорции; демографические и социально-экономические различия.

ECONOMIC AND GEOGRAPHICAL AND SOCIO-ECONOMIC DIFFERENCES OF REGIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AS A BASIS FOR IMPROVEMENT OF ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL DIVISION

E. A. ANTIPOVA^a, A. N. SHAVEL^a, I. I. ZAPRUDSKIY^a

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

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

The article is devoted to the analysis of economic-geographical and socio-economic differences of the regions of the Republic of Belarus in order to improve the administrative and territorial division (ATD). The decisive role of the Belarusian scientific school of economic geography in developing of the principles of the ATD of Belarus at various periods of development is shown. The historical stages of formation, advantages and disadvantages of the current system of the ATD of the Republic of Belarus are revealed. The positive and negative international experience of conducting of administrative and territorial transformations is systematized. The significant disproportions in the resource, demographic and economic potential of the regions of Belarus and their various contributions to the social and economic development of the state are determined. Based on the centro-peripheral principle, a scheme of the regions of Belarus by the level of socio-economic development has been developed, which indicates significant changes in the development of regional economic complexes that have occurred over the past decades. About 20 % administrative districts are characterized by the properties of the center or semi-center, which have the ability to perform the functions of regional centers in the new ATD. More than 30 % administrative areas are peripheral in terms of socio-economic development. The obtained results are the basis to the need to improve the ATD of the Republic of Belarus.

Keywords: Belarusian school of economic geography; the Republic of Belarus; administrative and territorial division; regional disproportions; demographic and socio-economic differences.

Введение

Экономико-географическая наука исторически вносит вклад в исследование вопросов регионального управления и изменения административно-территориального деления (АТД) страны посредством проведения комплексных демографических и социально-экономических обследований территорий разных иерархических рангов с последующей их географической систематизацией – выявлением районов опережающего, догоняющего, проблемного развития, конкурентных преимуществ регионов и др.

Для более объективного отражения территориальных особенностей социально-экономического развития экономико-географической наукой предлагаются методы районирования территории и типологии регионов/районов. На базе интегрального экономико-географического районирования с учетом исторических факторов развития чаще всего осуществляется административно-территориальное деление стран [1]. Тесное переплетение хозяйственных, социальных и организационных проблем территорий обуславливает неизбежное смыкание экономико-географического районирования и административно-территориального устройства, которое выступает необходимым инструментом государственного, хозяйственного и социального управления.

В статье на основе систематизации истории формирования АД Республики Беларусь, его современных преимуществ и недостатков, экономико-географического анализа социально-экономических и демографических региональных различий страны выявляются основания для его совершенствования. В качестве информационной базы исследования использовались официальные данные Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Теоретические основы и материалы исследования

Вопросы экономико-географического и экономического районирования Беларуси занимают значимое место в исследованиях советских и белорусских ученых.

Особая роль в разработке экономико-географического районирования нашей страны в начале XX в. принадлежит ученому-географу А. А. Смоличу, который сгруппировал 65 отнесенных им к этнической Беларуси поветов на основе их сходства по трем признакам: плотности сельского населения, устройству поверхности, характеру экономических связей между различными территориями – и выделил 14 районов («краінаў») [2].

В связи с первым укрупнением белорусской территории в 1924 г. и необходимостью изменения АТД комиссия в составе И. А. Адамовича, Я. Дыла и А. А. Смолича провела новое районирование БССР. Его основополагающими принципами были учет экономических условий и нужд населения, удешевление госаппарата управления. Исходя из размеров площади и однообразия хозяйственных типов, в БССР были образованы 10 округов, 100 районов и 1202 сельсовета (деление утверждено Президиумом ЦИК БССР 02.01.1925 г.).

Сформированный в 1950-х гг. в Госплане СССР подход к экономическому районированию как к составной части планирования и его увязка с административным делением были характерны для всего послевоенного периода развития экономико-географического районирования в Беларуси.

Как указано в учебнике «География Белоруссии» (1977), на базе АТД в республике выделено 6 внутренних экономических районов (по числу областей) и 19 подрайонов (рис. 1).



Рис. 1. Схема экономического районирования Беларуси на основе плано-административного подхода:
1 – граница районов; 2 – граница подрайонов

Fig. 1. Scheme of economic zoning of Belarus on the basis of the planned administrative approach:
1 – boundary of regions; 2 – boundary of subregions

В начале 1970-х гг. известным ученым-экономистом и географом по образованию А. Г. Лисом предложен вариант районирования, базирующийся на использовании принципа формирования внутри-республиканских территориально-производственных комплексов (ТПК). Данный подход основан на специализации промышленных комплексов, крупных хозяйственных узлов и образовании производственно-экономических целостных комплексов с устойчивыми внутренними и внешними связями. А. Г. Лис выделил в пределах Беларуси 4 экономических района: Центральный, Юго-Восточный, Северо-Восточный и Западный [3].

В 1960–80-х гг. получило развитие интегральное природно-хозяйственное районирование, в основе которого лежало природное (физико-географическое), по которому характеризовалось хозяйство. В соответствии с ним в пределах Беларуси, как правило, выделяют 3 крупных природно-хозяйственных района: Северный (Белорусское Поозерье), Центральный (или Средний) и Южный (Белорусское Полесье).

Наибольшую известность получило природно-хозяйственное районирование Беларуси доктора географических наук С. И. Сидора, выделившего 3 природно-хозяйственных района (Северный, Центральный и Южный), а в их составе – 16 основных промышленно-транспортных узлов и 12 значительных промышленных центров.

С 1970-х гг. в советской экономической и экономико-географической науке все большее внимание уделяется дробному социально-экономическому районированию. Его цель – выделить внутри крупных экономических районов такие территории, в пределах которых осуществляется создание благоприятных условий для эффективного, сбалансированного развития производства и расселения. В Беларуси данное направление развивалось в НИЭИ Госплана БССР при разработке схем развития и размещения производительных сил республики (при участии члена-корреспондента Национальной академии наук Беларуси, доктора экономических наук, профессора В. Ф. Медведева – выпускника географического факультета БГУ). В результате на территории БССР выделены 19 ТПК и определены их основные параметры (без Минского региона, который значительно крупнее всех остальных): численность населения 250–800 тыс. человек (в том числе для регионального центра – свыше 50 тыс. человек); территория 7–15 тыс. км²; радиус зоны тяготения 80–100 км (транспортная доступность – в пределах 2 ч). Для каждого из 19 регионов указаны масштабы и основные направления развития в перспективе, специализация промышленности, и на этой основе дана их укрупненная типология [4].

В середине 1980-х гг. ведущим ученым в области экономической географии, доктором географических наук, профессором И. И. Пирожником разработана экономико-географическая типология административных районов БССР по комплексу социальных, экономических и географических признаков. Для типологии были использованы 13 показателей, сгруппированных в три фактора (социально-демографический, аграрно-ландшафтный, индустриально-промышленный). В результате выделены 4 типа районов:

- I. Индустриальные.
- II. Индустриально-аграрные.
- III. Аграрно-интенсивные.
- IV. Аграрно-экстенсивные:
 - а) равнинные;
 - б) полесские [5].

В конце 1980-х гг. в Беларуси была завершена разработка Государственной схемы комплексной территориальной организации (ГСКТО) БССР, вобравшей в себя весь предшествующий опыт экономико-географического районирования страны. Основополагающее значение в ГСКТО имело выделение в качестве первичного низового звена местной территориально-хозяйственной системы (МТХС). На основании объединения МТХС в Беларуси выделено 20 территориальных комплексов (социально-эколого-экономических регионов) с 20 наиболее крупными хозяйственными центрами.

Обновленная ГСКТО (2000) основывалась на концепции поляризованного территориального развития страны – формировании урбанизированного (экономического) каркаса и уравнивающего его экологического каркаса. Административные районы были отнесены к одному из четырех типов регионов:

- урбанизированным:
 - а) Минского региона,
 - б) влияния опорных городов;
- сельскохозяйственным:
 - а) с высоким агроресурсным потенциалом,
 - б) низким агроресурсным потенциалом;
- природным:
 - а) с крупными природными комплексами,
 - б) высоким туристско-рекреационным потенциалом;
- особым (пострадавшие от аварии на ЧАЭС).

Первичной ячейкой планировочного районирования в данной ГСКТО является административный район.

Позднее из-за отсутствия в разработанной схеме территориальных комплексов мезоуровня (в этой роли используются области) кандидатом географических наук Г. В. Ридевским был предложен дискуссионный вариант ГСКТО, который не получил практической реализации [6].

Известный ученый, профессор, доктор экономических наук Л. В. Козловская в качестве оптимизирующего придерживается варианта преобразования АТД страны с формированием двухзвенной системы:

- первичный уровень: 400–450 районов (укрупненные сельсоветы, города и поселки городского типа с прилегающими территориями);
- высший уровень: 18–20 округов (разукрупненные области, центрами которых станут большие и средние города).

Переход к данной системе позволит сократить количество административно-территориальных единиц до 500 и менее и создаст условия для более эффективного, взаимоувязанного социально-экономического развития территориальных подразделений всех уровней в условиях формирующихся рыночных отношений [7].

Результаты и их обсуждение

Исторические этапы формирования современного АДТ. Краткий исторический экскурс АДТ Республики Беларусь свидетельствует о неоднократных его изменениях с момента образования БССР и вплоть до середины 1960-х гг. При этом научными предпосылками и обоснованием АДТ исторически выступало экономико-географическое районирование страны, что обуславливает объективный вклад экономико-географической науки.

До 1924 г. в Беларуси сохранялось деление на губернии, уезды, волости. В 1924 г. после изменения границ между БССР и РСФСР АДТ было реформировано: уезды и волости упразднены и вместо них введены новые структурные единицы – округа, районы, сельсоветы. Вся территория Беларуси была разделена на 10 округов (площадью до 10 тыс. км² и с населением 400–500 тыс. человек) и 100 районов (площадью 1 тыс. км² и с населением 20–25 тыс. человек) с радиусом доступности центра 20–25 км. Районы подразделялись на 1202 сельсовета, радиус территории которых около 5 км, а численность населения 2–4 тыс. человек.

В 1938 г. появилась новая административная единица – область. В конце 1939 г. БССР была разделена на 10 областей (Минская, Витебская, Могилёвская, Гомельская, Полесская, Барановичская, Белостокская, Брестская, Вилейская (позже – Молодечненская), Пинская) и 195 районов. В 1944–1966 гг. происходил непрерывный процесс совершенствования АДТ республики. В частности, в 1946–1954 гг. области Беларуси имели конфигурацию, показанную на рис. 2.



Рис. 2. Территория административных областей Беларуси в 1946–1954 гг.

Fig. 2. Territory of the administrative regions of Belarus in 1946–1954

В 1965–1966 гг. осуществлено восстановление и создание новых районов, в результате чего АДТ БССР стало включать 6 областей и 117 административных районов, которые сохранились до настоящего времени. Единственное произошедшее изменение – воссоздание в 1989 г. Дрибинского района в Могилёвской области для расселения жителей чернобыльской зоны.

Преимущества и недостатки действующей системы АДТ. Действующая система АДТ на протяжении существования способствовала формированию в Республике Беларусь крупных природно-хозяйственных регионов с хозяйственной специализацией, системой межобластных и внутриобластных связей, местом регионов в международном географическом разделении труда. Кроме этого, за последние 20 лет государственной власти удалось сократить численность административно-территориальных единиц примерно на 300. Это было достигнуто: 1) за счет снятия статуса города областного подчинения в результате объединения с районными исполнительными комитетами (в их число входят Лида, Лунинец, Лепель, Добруш, Калинковичи, Рогачев, Волковыск, Новогрудок, Вилейка, Дзержинск,

Горки, Кричев, Осиповичи, Кобрин, Жлобин, Светлогорск, Речица, Слоним, Слуцк, Молодечно, Мозырь, Солигорск, Борисов, Заславль, Полоцк, Орша); 2) перевода поселков городского типа (п. г. т.) и рабочих поселков (р. п.) в статус сельских населенных пунктов (р. п. Гродзянка Осиповичского района, р. п. Осинторф Дубровенского района, п. г. т. Негорелое Дзержинского района, п. г. т. Улла Бешенковичского района, п. г. т. Друя Браславского района, р. п. Октябрьский Чашникского района, р. п. Пограничный Берестовицкого района, р. п. Первомайский Лидского района) или их присоединения к городам (п. г. т. Сосны, п. г. т. Сокол вошли в состав Минска, р. п. Костюковка – Гомеля); 3) укрупнения сельских советов. В результате достигнута экономия управленческих расходов, в то время как объединение имеющих общий административный центр единиц создает предпосылки для взаимоувязанного, согласованного развития городов и их ближайшего окружения, объективно составляющих единый социально-экономический комплекс.

Основные недостатки сложившегося АТД можно свести к следующему: сформировавшаяся иерархическая система слишком громоздка для территории государства; географическое положение региональных центров нерационально по отношению к своей территории, а регионы неравнозначны (территориально, демографически и экономически) в социально-экономическом развитии государства; существующее АТД в настоящее время не совпадает с реально складывающимися территориальными социально-экономическими системами, отражающими процесс пространственной дифференциации социально-экономического развития республики. Громоздкость АТД, выражающаяся в функционировании около 1,5 тыс. административно-территориальных единиц, требует больших расходов на содержание управленческого аппарата и наряду с этим не позволяет эффективно решать хозяйственные и социальные задачи вследствие дублирования служб и больших различий в социально-экономических потенциалах территориальных единиц.

Сравнительные параметры и различия демографического и социально-экономического развития регионов Республики Беларусь. Стимулирующими факторами для внесения изменений в АТД страны являются проблемы регионального управления, транспортной доступности региональных центров, дисбаланс либо значительные различия в социально-экономическом развитии областей и районов. Современные социально-экономические позиции регионов свидетельствуют о значительных диспропорциях в природно-ресурсном, демографическом и экономическом потенциале и, соответственно, различном их вкладе в социально-экономическое развитие республики, возникших за период от последнего изменения АТД (в том числе и суверенного развития Республики Беларусь) (табл. 1). Это является основанием для анализа ситуации с последующим выявлением лидирующих и отстающих регионов, причин и мер для обеспечения устойчивого социально-экономического развития, в том числе изменения существующего АТД.

Таблица 1

Сравнительные показатели социально-экономического развития
областей Беларуси и г. Минска за 2017 г.*

Table 1

Comparative indicators of social and economic development
of the regions of Belarus and Minsk, 2017

Регион (область)	Население на 01.01.2018 г., тыс. чел.	Удельный вес в населении республики, %	Плотность населения, чел./км ²	Объем ВРП в текущих ценах, млн руб.	Удельный вес в ВВП республики**, %	Объем ВРП на душу населения, руб.	Объем промышленного производства, млн руб.	Удельный вес в объеме промышленного производства республики, %	Объем промышленного производства на душу населения, руб.	Экспорт, млн долл. США	Удельный вес в экспорте республики**, %	Объем экспорта на душу населения, долл. США
Брестская	1384,5	14,6	42	10 530,7	11,7	7606	10 562,3	11,2	7629	2289,5	7,9	1654
Витебская	1180,2	12,4	29	8307,0	9,2	7039	13 768,7	14,6	11 666	2327,3	8,1	1972
Гомельская	1415,7	14,9	35	11 164,0	12,4	7886	18 578,3	19,7	13 123	3733,1	13,0	2637
Гродненская	1043,7	11,0	42	8975,1	10,0	8599	9713,5	10,3	9307	1928,5	6,7	1848

Окончание табл. 1
Ending table 1

Регион (область)	Население на 01.01.2018 г., тыс. чел.	Удельный вес в населении республики, %	Плотность населения, чел./км ²	Объем ВРП в текущих ценах, млн руб.	Удельный вес в ВВП республики**, %	Объем ВРП на душу населения, руб.	Объем промышленного производства, млн руб.	Удельный вес в объеме промышленного производства республики, %	Объем промышленного производства на душу населения, руб.	Экспорт, млн долл. США	Удельный вес в экспорте республики**, %	Объем экспорта на душу населения, долл. США
г. Минск	1982,4	20,9	6608	28 327,8	31,4	14 290	14 900,4	15,8	7516	10 077,0	35,0	5083
Минская	1426,5	15,0	36	15 331,4	17,0	10 748	18 012,5	19,1	12 627	6402,7	22,2	4488
Могилёвская	1058,8	11,2	36	7539,8	8,4	7121	8770,5	9,3	8283	2055,3	7,1	1941

*Рассчитано по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь (режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>). **Рассчитан без учета нераспределенной части.

Столица Беларуси г. Минск концентрирует 1/5 населения республики, около 1/3 ВВП и более 1/3 объема экспорта страны. Лишь по объему промышленного производства Минск уступает Гомельской и Минской областям. Вместе с Минской областью Минск образует крупнейший в стране социально-экономический комплекс, по потенциалу которого в республике ему нет равных.

Регионы Беларуси по отдельным показателям существенно дифференцированы:

- сопоставимыми по численности населения являются Минская (без Минска), Гомельская и Брестская области – около 1,4 млн человек, или 14,5–15,0 % населения республики, в то время как значительно меньшая численность наблюдается в Витебской, Могилёвской и Гродненской областях – от 1,0 до 1,2 млн человек, или 11,0–12,4 % в структуре населения;
- суммарно в Минске и Минской области производится практически половина совокупного ВРП областей. Более четкую картину распределения ВВП республики дает подушевой ВРП: устойчивый лидер – Минск (14,3 тыс. руб.), далее следуют Минская (10,8 тыс. руб.) и Гродненская (8,6 тыс. руб.) области; примерно сопоставимы остальные области республики, где ВРП на душу населения колеблется в пределах от 7,0 до 7,9 тыс. руб.;
- различный объем производства промышленной продукции областей обуславливает дифференциацию их вклада в промышленное производство страны: если Гомельская (19,7 %) и Минская (19,1 %) области обеспечивают около 1/5 объема, срединные позиции занимают Минск (15,8 %) и Витебская область (14,6 %), то самый малый вклад характерен для Могилёвской, Брестской и Гродненской областей (от 9,3 до 11,2 %);
- по таким важным показателям, отражающим роль региона в социально-экономическом развитии страны, как объем экспорта и его доля в общем объеме экспорта, лидирующие позиции принадлежат Минску и Минской области – 57,2 %; значителен экспорт Гомельской области (13,0 %), остальные области (с долей от 6,7–7,9 %) практически в 5 раз уступают столице.

Дифференциация социально-экономических показателей среди регионов усугубляется при переходе на более низкий административно-территориальный уровень. Данная пространственная закономерность имеет большое прикладное значение – необходимость учета экономико-географического подхода при разработке предложений по изменению АТД страны.

В выборочных расчетах использовались показатели развития городов республиканского и областного подчинения в совокупности с административными районами, на территории которых они расположены. Это дает более объективное представление о них с позиций социально-экономического комплексообразования.

Наиболее значимыми показателями, которые учитываются при изменении АТД Республики Беларусь, являются площадь районов и численность населения. В Беларуси 9 административных районов имеют численность свыше 200 тыс. человек и концентрируют 53,7 % населения страны, 18 районов располагают населением свыше 100 тыс. человек (67,1 %), 14 районов – от 50 до 100 тыс. человек (10,5 %), 55 районов – от 20 до 50 тыс. человек (17,7 %), 31 район – менее 20 тыс. человек (4,7 %). Различия в численности населения между самыми крупными и малыми районами достигают многократных величин (табл. 2). Это подтверждает значительные диспропорции в распределении населения, в том числе трудового потенциала, по территории страны.

Таблица 2

Численность населения пяти самых многонаселенных
и самых малонаселенных административных районов Беларуси, тыс. чел.

Table 2

Population of the five most populated and most sparsely populated
administrative regions of Belarus, thousand people

Административный район	Численность населения	Административный район	Численность населения
Гомельский	603,4	Хотимский	10,6
Могилёвский	420,6	Наровлянский	10,4
Гродненский	418,7	Дрибинский	9,9
Витебский	414,8	Краснопольский	9,5
Брестский	386,0	Россонский	9,4

Примечание. Составлено по [8].

Сформировавшийся каркас расселения в республике, который включает сеть городов 100-тысячников и крупных районов, расположенных в основном вдоль ключевых транспортных путей, отражает тенденцию «мегацефалии» столицы и повышенной демографической нагрузки в региональных центрах (рис. 3). Большинство из них имеют все предпосылки для выполнения функций региональных административно-управленческих центров.

Средняя площадь административного района Беларуси составляет 1760 км². Однако районы существенно различаются по этому показателю (табл. 3).

Площадь, превышающую 3,0 тыс. км², имеют 4 района, еще 28 районов – от 2,0 до 3,0 тыс. км, в то время как 48 районов – менее 1,5 тыс. км². С учетом этого целесообразность существования районов менее 1500 км² обуславливает необходимость обоснованных расчетов для сохранения их в сетке АТД.

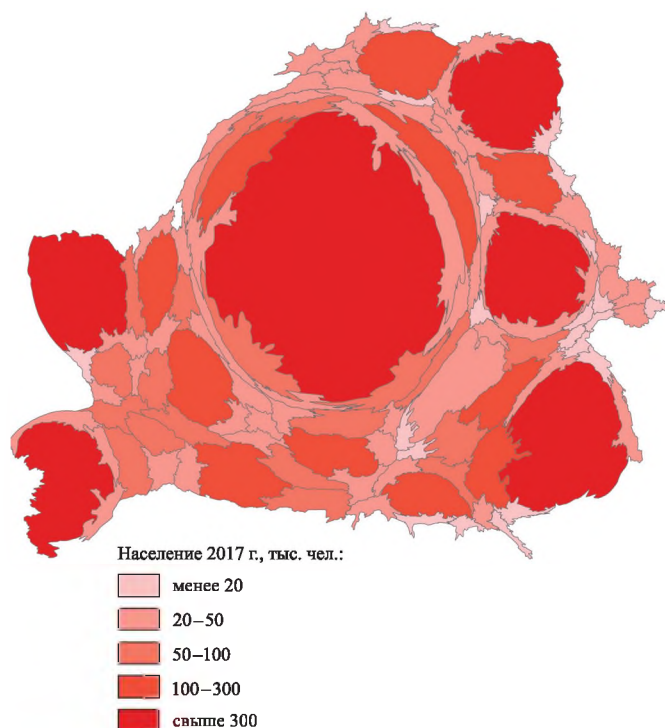


Рис. 3. Неравномерность распределения населения по административным районам Республики Беларусь (карта-анаморфоза на 01.01.2017 г.) (авторы А. Шавель, А. Киндеев)

Fig. 3. Uneven of the distribution of the population in the administrative regions of the Republic of Belarus (anamorphosis map, 01.01.2017) (authors A. Shavel, A. Kindeev)

Таблица 3

Площадь пяти самых больших
и самых малых административных районов, км²

Table 3

Area of the five largest and smallest administrative districts, km²

Административный район	Площадь	Административный район	Площадь
Столинский	3342,1	Хотимский	858,9
Пинский	3303,3	Кричевский	777,5
Полоцкий	3227,1	Дрибинский	766,5
Лельчицкий	3221,4	Берестовицкий	743,6
Ивацевичский	2998,1	Жабинковский	684,2

Примечание. Составлено по [8].

Анализ различий двух представленных выше показателей подтверждает несоответствие существующего АДТ следующим принципам административно-территориального устройства, закрепленным в Законе Республики Беларусь от 05.05.1998 г. № 154-З «Об административно-территориальном устройстве Республики Беларусь»: 1) равномерность, сбалансированность и комплексность развития административно-территориальных единиц, взаимосвязь административно-территориального устройства и социально-экономического районирования; 2) примерное равенство размеров территории и численности населения административно-территориальных единиц одного вида.

Фактор динамики развития является одним из основополагающих, который должен учитываться при изменении АДТ. Так, необходимо знать основные демографические тренды и, в частности, поляризацию в динамике численности населения Беларуси. Количество городского населения с 2009 г. ежегодно возрастает в среднем на 0,5 %, сельского – сокращается на 1,5 % (табл. 4, рис. 4).

Таблица 4

Динамика численности населения Беларуси в конце XX – начале XXI в.

Table 4

Dynamics of the population of Belarus in the late 20th – beginning 21st

Население	Численность, тыс. чел.			Ежегодный рост/сокращение, %		
	1999	2009	2017	1999–2009	2009–2017	1999–2017
Республики Беларусь	10 045,2	9513,6	9504,7	–0,5	–0,01	–0,3
Городское	6961,5	7027,1	7400,8	0,1	0,5	0,4
Сельское	3083,7	2486,5	2103,9	–1,8	–1,5	–1,8

Административные области характеризуются существенными различиями. Положительная динамика отмечена для жителей столицы – Минска, где за 1999–2017 гг. численность возросла на 17,5 % и темпы роста увеличиваются. Для всех остальных регионов страны свойственно сокращение населения. Наименьшая убыль наблюдается в двух регионах – Брестской и Гомельской областях. Во всех остальных регионах сокращение относительно равномерное. Для Витебской области характерны наибольшие демографические потери.

В среднем на районном уровне наибольший рост населения за 2007–2017 гг. показал Смолевичский район (255,6 %). Высокий рост (свыше 10 %) был отмечен в Брестском, Минском, Гродненском и Гомельском районах. На этом фоне следует отметить критическое сокращение (свыше 25 %) численности населения в таких районах, как Ивьевский, Дрибинский, Свислочский, Зельвенский, Петриковский (табл. 5).

Отличительной особенностью естественного движения населения Беларуси является также поляризация, которая заключается в естественном приросте (2,3 ‰) городского населения и естественной убыли (8,9 ‰) сельского (табл. 6).

В 15 районах Беларуси естественная убыль населения превышает 10 ‰, в 16 районах составляет от 8 до 10 ‰, в 16 районах – от 6 до 8 ‰, в 15 районах – от 4 до 6 ‰, в 24 районах – от 2 до 4 ‰ и лишь в 13 районах не превышает 2 ‰ (табл. 7). Наибольшие показатели превышения смертности над рождаемостью характерны для Витебской, Могилёвской и Гродненской областей. Относительно благоприятная ситуация отмечается в Минской, Гомельской и Брестской областях.

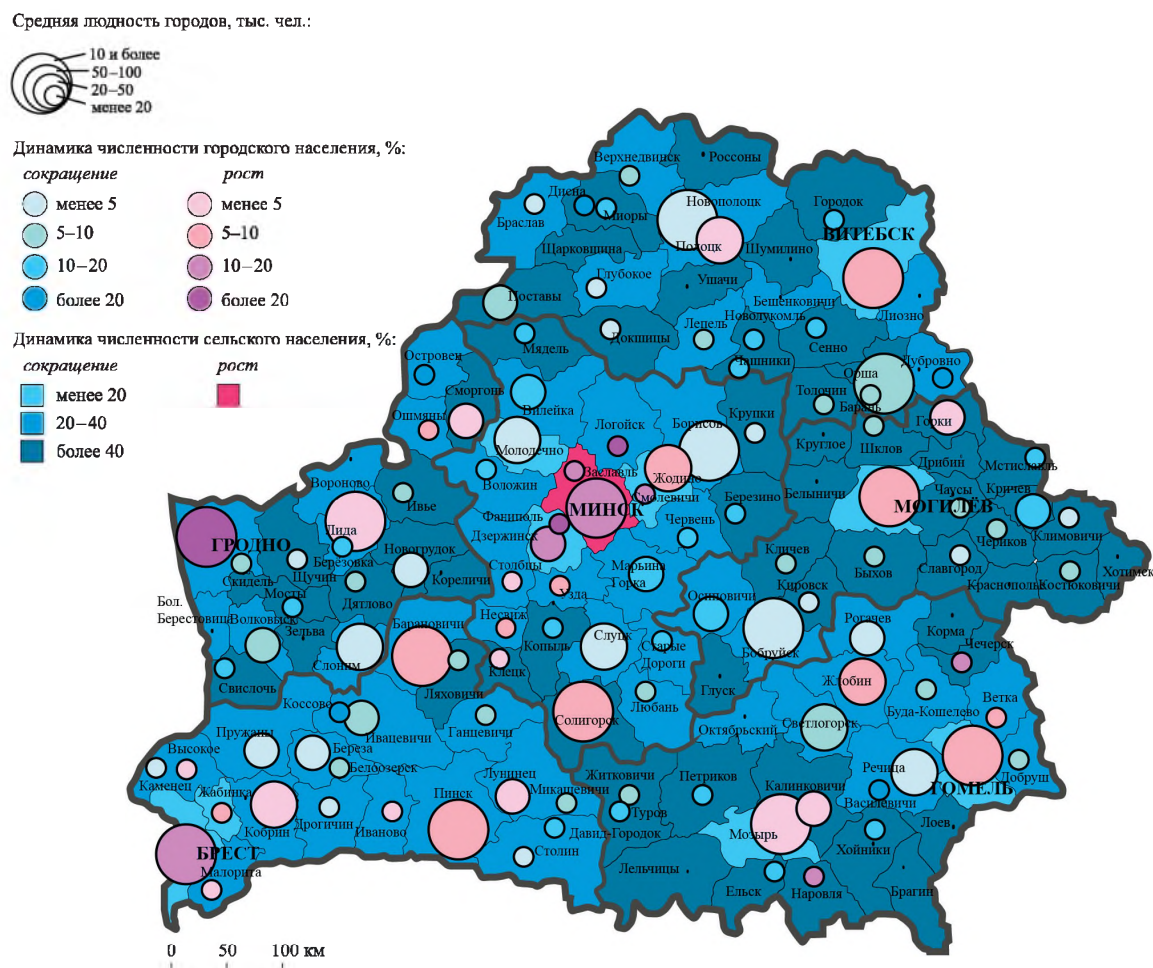


Рис. 4. Динамика численности населения Республики Беларусь в 1999–2015 гг.
Источник: [9]

Fig. 4. Population dynamics of the Republic of Belarus, 1999–2015.
Source: [9]

Таблица 5

Административные районы Беларуси с наибольшим ростом
и сокращением численности населения за 2007–2017 гг., %

Table 5

Administrative districts of Belarus with the largest population growth
and population decline in 2007–2017, %

Административный район	Рост численности населения	Административный район	Сокращение численности населения
Смолевичский	255,6	Ивьевский	25,3
Брестский	113,3	Дрибинский	25,6
Минский	113,2	Свислочский	26,6
Гродненский	112,0	Зельвенский	27,2
Гомельский	111,2	Петриковский	29,1

Таблица 6

Динамика естественного движения
населения Беларуси в конце XX – начале XXI в., ‰

Table 6

Dynamics of the natural population
movement of Belarus in the late 20th and early 21st century, ‰

Год	Рождаемость			Смертность			Естественный прирост/убыль		
	Все население	Городское	Сельское	Все население	Городское	Сельское	Все население	Городское	Сельское
1999	9,3	9,5	8,7	14,2	10,6	22,3	-4,9	-1,1	-13,6
2009	11,5	11,7	10,8	14,2	10,9	23,8	-2,7	0,8	-13,0
2017	12,4	12,3	12,7	12,6	10,0	21,6	-0,8	2,3	-8,9

Таблица 7

Районы с наибольшими значениями
естественного прироста/убыли населения, ‰

Table 7

Districts with the highest parameters
of natural increase/decrease in population, ‰

Административный район	Естественный прирост	Административный район	Естественная убыль
Брестский	5,6	Кореличский	13,0
Жлобинский	5,1	Щучинский	13,4
Гродненский	5,0	Свислочский	13,5
Минский	3,1	Ушачский	14,4
Дзержинский	2,9	Зельвенский	15,3

Численность населения *трудоспособного возраста* в Республике Беларусь составляет 5432,4 тыс. человек, или 57,1 % (2017). Распределение по территории характеризуется большой неравномерностью. Она проявляется в том, что в Минске сосредоточено 22 % населения данной возрастной группы (рис. 5). Это больше, чем численность жителей Витебской, Гродненской или Могилёвской областей. Весомые места занимают Гомельская, Брестская и Минская области с примерно равными позициями в структуре (15; 14 и 14 % соответственно). Наименьшая численность населения трудоспособного возраста характерна для Гродненской и Могилёвской областей. Соответственно, доля этих регионов в численности трудоспособного населения страны достигает минимальных значений (11 %).

Производственный потенциал регионов Беларуси определяется в основном интенсивностью промышленного производства. В ряде районов Беларуси, представленных в табл. 8, объем промышленного производства превысил 1 млрд долл. США. Лидерами выступают Минский, Полоцкий, Мозырский, Гродненский и Гомельский районы. В некоторых районах (Смолевичский, Борисовский, Бобруйский, Речицкий, Барановичский, Дзержинский) объем промышленного производства находится в пределах от 0,5 до 1,0 млрд долл. США.

Более наглядное представление о концентрации промышленного производства по районам республики дает карта-анаморфоза, представленная на рис. 6. Наибольшие объемы промышленного производства на душу населения отмечены в Мозырском (21 915 долл. США), Полоцком (13 593), Солигорском (12 116), Жлобинском (9845), Несвижском (8475 долл. США) районах.

В целом объем промышленного производства в размере свыше 5 тыс. долл. США на человека наблюдается в 30 районах республики. В то же время в 33 районах данный объем не превышает 1 тыс. долл. США на человека.

На динамику как промышленного производства, так и ВРП во многом оказывает влияние объем инвестиций. Наиболее значительные инвестиции направлены в областные города и окружающие их районы, а также в крупнейшие промышленные центры на модернизацию производств (Полоцкий район с Новополоцком, Мозырский (модернизация Мозырского нефтеперерабатывающего завода), Солигорский (развитие «Беларуськалия»), Борисовский (строительство завода «БелДжи»), Островецкий (строительство Белорусской атомной электростанции), Дзержинский (строительство завода «Амкодор»)). Наименьшие объемы инвестиций направлены в районы Могилёвской области, а также Витебской и Гродненской областей.

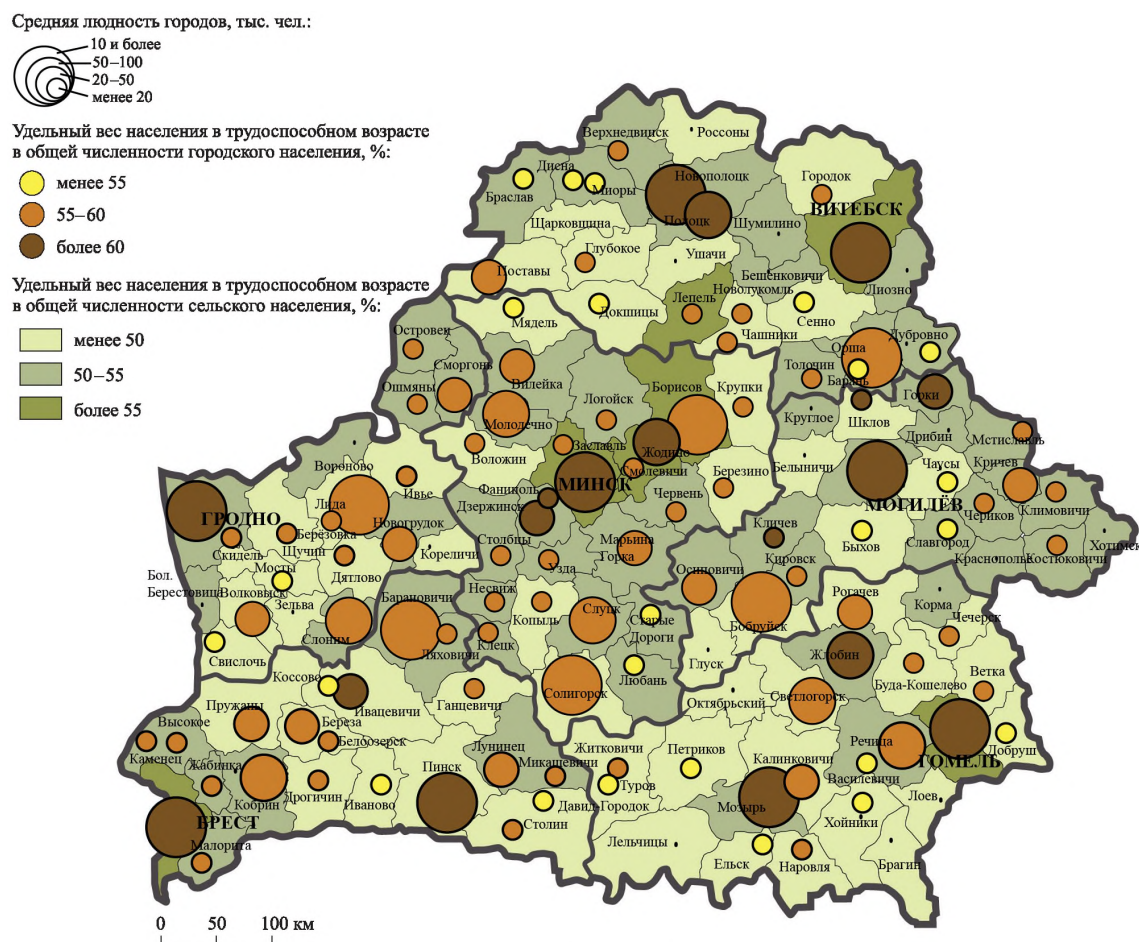


Рис. 5. Неравномерность распределения населения трудоспособного возраста Республики Беларусь в 2015 г.
Источник: [9]

Fig. 5. Uneven of the distribution of the working-age population of the Republic of Belarus, 2015.
Source: [9]

Таблица 8

Лидирующие и отстающие административные районы по объемам промышленного производства в 2016 г., млн долл. США

Table 8

Leading and lagging behind administrative districts by the industrial production in 2016, million US dollars

Административный район	Объем промышленного производства	Административный район	Объем промышленного производства
Минский	8069,1	Россонский	6,8
Полоцкий	2943,3	Кормянский	6,5
Мозырский	2918,5	Хотимский	4,7
Гродненский	2495,9	Лоевский	4,2
Гомельский	2169,6	Краснопольский	3,7

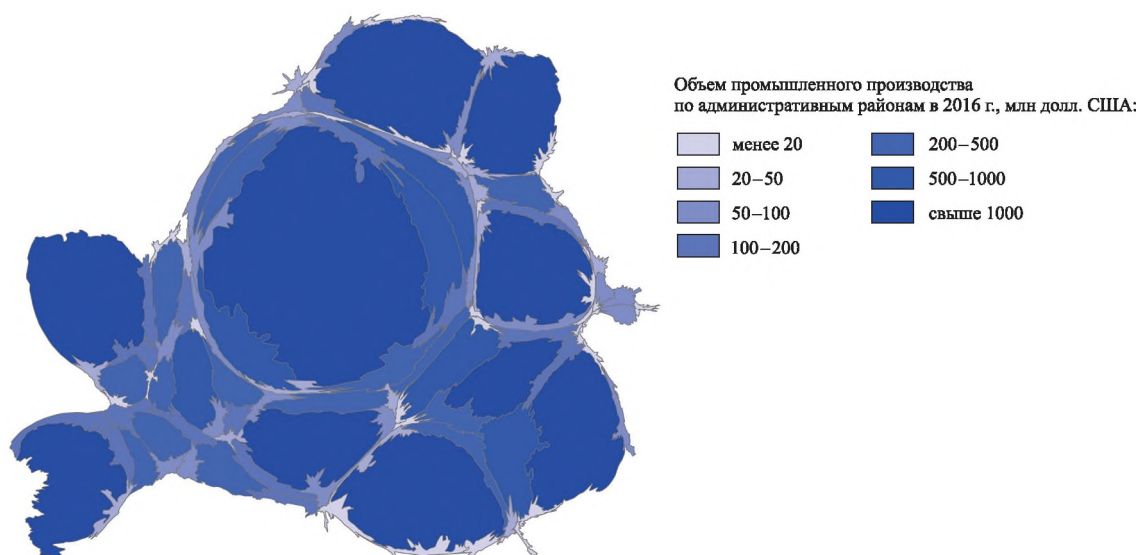


Рис. 6. Неравномерность объема промышленного производства по административным районам Беларуси (карта-анаморфоза) (авторы А. Шавель, А. Киндеев)

Fig. 6. Uneven of the industrial production by administrative districts of Belarus (anamorphosis map) (authors A. Shavel, A. Kindeev)

Важным показателем для Беларуси является объем экспорта по административным районам (табл. 9, рис. 7). Беспрецедентное лидерство Минска и Минского района объясняется расположением в столице Белорусской нефтяной компании, Белорусской калийной компании, республиканских концернов, через которые осуществляется экспорт продукции, произведенной в других районах республики. В 10 районах величина экспорта превышает 500 млн долл. США, в 18 районах она находится в пределах 100–500 млн долл. США, 57 районов Беларуси имеют объем экспорта менее 10 млн долл. США.

Таблица 9

Лидирующие и отстающие административные районы Республики Беларусь по объему экспорта в 2016 г., млн долл. США

Table 9

Leading and lagging behind administrative districts of the Republic of Belarus by the exports in 2016, million US dollars

Административный район	Объем экспорта	Административный район	Объем экспорта
Минский	9494,1	Ушачский	0,3
Солигорский	2161,6	Брагинский	0,3
Гомельский	1506,0	Зельвенский	0,1
Могилёвский	1187,5	Кормянский	0,1
Брестский	917,8	Ветковский	0,0

Распределение по административным районам объемов экспорта на душу населения в 2016 г. показывает, что наибольшие величины характерны для Солигорского (16 062 долл. США), Жлобинского (7428), Смолевичского (5036), Минского (4372), Дзержинского (3076 долл. США) районов. В 76 районах указанный показатель не превышает 1 тыс. долл. США, в том числе в 21 районе он составляет не более 100 долл. США.

Региональные и порайонные различия в основных демографических и экономических показателях служат обоснованием для разработки схемы районов Беларуси по уровню социально-экономического развития на основе центр-периферийного принципа (табл. 10).

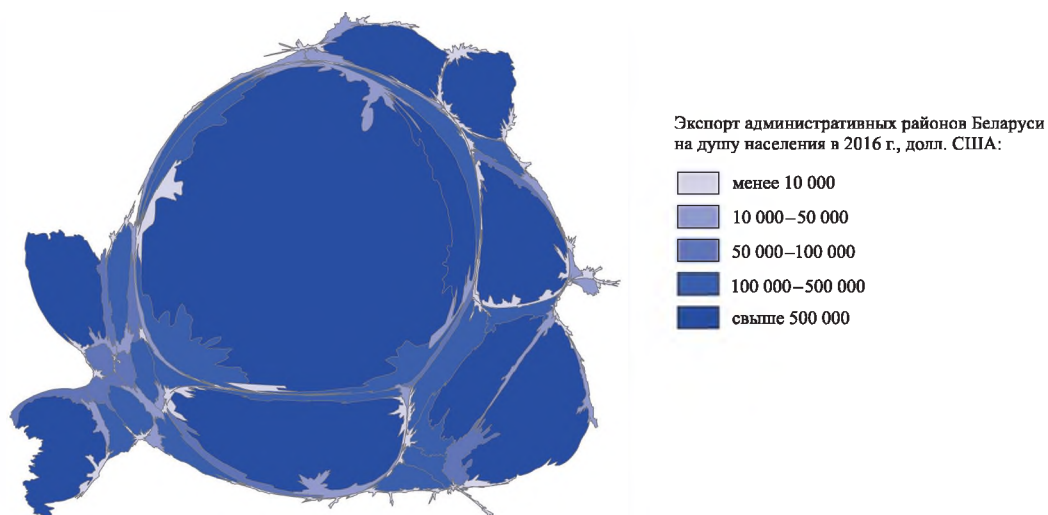


Рис. 7. Неравномерность объемов экспорта административных районов Беларуси в 2016 г. (карта-анаморфоза) (авторы А. Шавель, А. Киндеев)
Fig. 7. Uneven of the export volumes of administrative districts of Belarus in 2016 (map-anamorphosis) (authors A. Shavel, A. Kindeev)

Таблица 10

Структура административных районов Беларуси по показателям социально-экономического развития на основе центр-периферийного принципа

Table 10

The structure of the administrative districts of Belarus by indicators of socio-economic development on the basis of the center-peripheral principle

Тип	Подтип	Область					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилёвская
Районы центра (11) – 9 %	Опережающего развития	1	1	–	–	2	1
	Сдержанного развития	–	–	1	1	1	–
	Догоняющего развития	–	1	2	–	–	–
Районы полуполюс (12) – 10 %	Опережающего развития	1	–	1	1	1	–
	Сдержанного развития	1	1	–	2	3	–
	Догоняющего развития	–	–	–	–	–	1
Районы полупериферии (13) – 11 %	Опережающего развития	2	–	1	–	1	1
	Сдержанного развития	–	–	1	2	1	1
	Догоняющего развития	2	–	1	–	–	–

Тип	Подтип	Область					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилёвская
Районы периферии (35) – 30 %	Опережающего развития	4	4	2	1	3	3
	Сдержанного развития	1	1	1	3	4	–
	Догоняющего развития	–	1	–	2	4	1
Районы крайней периферии (47) – 40 %	Опережающего развития	2	6	3	3	–	7
	Сдержанного развития	2	1	4	1	–	2
	Догоняющего развития	–	5	4	1	2	4

Примечание. Желтым фоном выделены регионы с наиболее сильными социально-экономическими позициями, серым – с наиболее слабыми.

Данная схема не является комплексной оценкой социально-экономического развития страны, но дает общее представление о дифференциации и поляризации на уровне административных районов. Она обуславливает проведение более детальных исследований по разработке экономико-географического районирования Беларуси XXI в. и внесению изменений в АТД.

Международный опыт проведения административно-территориальных преобразований. За последние 25 лет после распада социалистической системы хозяйствования реформы административно-территориального устройства произошли практически во всех странах Европы, кроме ряда государств с исторически сложившимся рисунком территориального деления (Великобритания, Дания, Норвегия, Швейцария, Швеция и др.). При этом в упомянутых государствах идет непрекращающийся процесс пересмотра административных единиц низшего ранга, ведущий чаще всего к их укрупнению.

В большинстве стран Центральной и Восточной Европы (ЦВЕ), в том числе во всех странах-соседях Беларуси, проведен пересмотр АТД, который объясняется как социодемографическими и экономическими, так и юридическими и политическими причинами.

Реформы АТД в странах Европы чаще всего были реализованы:

- через уменьшение количества иерархических уровней и децентрализацию управления, что способствовало развитию конкуренции между регионами и укреплению принципа демократизации в деятельности местного самоуправления (Болгария, Латвия, Литва, Финляндия и др.);
- четкое разделение властных полномочий между регионами разного уровня с увеличением полномочий территориальных общин, что обусловило разграничение национальных и местных интересов (Болгария, Венгрия, Польша, Чешская Республика, Эстония и др.);
- укрупнение территориальных единиц низшего ранга с выделением единого административного центра, которое объясняется наличием депопуляционных тенденций и попытками сохранения трудового и экономического потенциала регионов (Латвия, Литва, Украина, Эстония и др.).

Многие страны ЦВЕ в результате реформ вернулись к историческим наименованиям территорий (поветы, края, жудецы, медье и т. д.). При проведении изменений в АТД большое внимание было уделено общественному мнению, особенно при формировании и укрупнении регионов низшего ранга.

В настоящее время в большинстве стран ЦВЕ АТД является двухуровневым (Болгария, Венгрия, Румыния, Словакия, Чешская Республика) с выделением для столичного региона особого статуса. В названных государствах оно было реформировано по условиям вступления в ЕС и максимально приближено к единой Номенклатуре статистических территориальных единиц (NUTS). Особый интерес вызывают доминирующие в Европе подходы к географическим и демографическим размерам регионов высшего ранга (NUTS-3) [10]. Таковые в большинстве сопоставимых по площади и численности населения стран существенно меньше, чем области в Беларуси. Так, средняя площадь области в Болгарии практически в 9 раз, жудеца в Румынии – в 6 раз, воеводства в Польше – почти в 2 раза, федеральной земли в ФРГ – в 1,5 раза меньше, чем области в Беларуси. Площадь регионов низшего ранга в упомянутых странах чаще всего составляет 1–2 тыс. км², численность населения – от 10 тыс. человек (табл. 11).

Таблица 11

Характеристика реформ АТД в отдельных странах Европы

Table 11

Characteristics of ATD reforms in selected European countries

Страна	Площадь, тыс. км ²	Численность населения в 2017 г., тыс. чел.	Год реализации реформы	Официальная цель реформы	Количество единиц АТД	
					До реформы	После реформы
Болгария	108,5	7102	1999	Обеспечение соответствия национальных и местных интересов в АТД	Трехуровневая система: 9 областей – 28 районов – 278 общин	Двухуровневая система: 28 областей – 264 общины
Латвия	62,3	1945	2009	Создание способных к экономическому развитию административных территорий и повышение эффективности работы самоуправлений	Двухуровневая система: 26 районов и 7 городов республиканского значения – 515 самоуправлений (волостей, городов и др.)	Одноуровневая система: 9 городов республиканского значения и 110 краев
Польша	304,3	38 476	1999	Повышение управляемости территории при увеличении роли местного самоуправления	Двухуровневая система: 49 воеводств – 2084 гмины	Трехуровневая система: 16 воеводств – 380 поватов – 2478 гмин
Финляндия	303,8	5518	2011	Оптимизация государственного аппарата в области регионального управления	Четырехуровневая система: 6 губерний – 20 регионов – 74 района – 432 коммуны	Трехуровневая система: 19 регионов – 72 района – 342 коммуны
Франция	550,0 640,4*	67 106	2016	Усиление демократического характера государственного управления и организации госслужбы	Пятиуровневая система: 27 регионов – 101 департамент – 342 округа – 4055 кантонов – 36 781 коммуна*	Пятиуровневая система: 18 регионов – 101 департамент – 342 округа – 2054 кантона – 35 416 коммун*
Эстония	42,4	1252	2017	Сокращение расходов на содержание органов местного самоуправления в условиях депопуляции	Двухуровневая система: 15 уездов – 217 муниципалитетов (города и волости)	Двухуровневая система: 15 уездов – 79 муниципалитетов (города и волости)

*В том числе заморские территории.
Источник: [10–15].

Среди государств-соседей наиболее удачное реформирование АТД с экономическим эффектом для страны и условиями для регионального развития было проведено в Польше на рубеже столетий. Реформа имела комплексный характер и была направлена на децентрализацию государственной власти путем передачи некоторых функций местному самоуправлению, что позволило разгрузить исполнительную власть от обязанностей локального характера и сэкономить бюджетные средства [16].

Пример с неудачным реформированием АТД – Латвия, в которой была упразднена двухуровневая система, а особое внимание уделено укрупнению самоуправлений с увеличением их финансовой базы для повышения эффективности оказания качественных услуг населению. Страна была разделена на 110 краев и 9 городов республиканского значения, между которыми наблюдались высокие различия

в численности населения и площади территории, что обусловило нарастание конкуренции между регионами за привлечение инвестиций. В сложившихся условиях сельские регионы с низким социально-демографическим потенциалом не могли соперничать с крупными урбанизированными территориями, что усилило депопуляцию и отток населения с периферийных регионов. Многие исследователи, в том числе сотрудники Министерства охраны окружающей среды и регионального развития Латвии, обосновывают необходимость доработки реформы 2009 г., что неуклонно повлечет дополнительные финансовые затраты [13].

При реформировании АТД большинство стран Европы придерживалось *принципа субсидиарности*, который заключается в четком распределении полномочий между государственной властью и местным самоуправлением. В целом при доминирующей в унитарных государствах Европы двухуровневой системе АТД функции и задачи между регионами разного ранга распределяются следующим образом:

- регионы высшего ранга занимаются вопросами, которые местные общины не могут решить самостоятельно, – это экономическая и энергетическая политика, строительство, оборона, общественный порядок и законность, культура, высшее образование и научные исследования и т. д. Главы регионов данного ранга либо назначаются представителями исполнительной власти, либо выбираются проживающим населением с помощью прямого голосования;
- регионы низшего ранга обладают собственным бюджетом, устанавливают размеры местных сборов и обязаны предоставлять населению базовые социальные услуги (коммунальные, транспортные, медицинские, услуги дошкольного и школьного образования и др.), а также решают возникшие локальные проблемы. Главы регионов чаще всего выбираются населением, что обеспечивает соответствие между местным управлением и самоуправлением.

Заключение

Исследование показало, что основными факторами обоснования нового АТД являются: существенное сокращение демографического и трудоворесурсного потенциала значительного количества административных районов; снижение эффективности их социально-экономического развития как самостоятельных хозяйственных комплексов; усиление региональной дифференциации в социально-экономическом развитии и поляризация пространства; мегаконцентрация населения и хозяйственной деятельности и деловой активности в ключевых центрах – прежде всего в Минске и областных городах.

В связи с этим главными критериями для нового АТД должны выступить:

- примерное равенство размеров территории и численности населения административно-территориальных единиц одного вида;
- включение в состав более крупных административно-территориальных единиц менее крупных;
- демографическая безопасность;
- экономическая эффективность;
- динамика социально-экономического развития;
- устойчивость, сбалансированность развития и др.

Для преодоления негативных тенденций в региональном развитии и повышения эффективности государственного управления требуется реализация активной пространственной политики с формированием альтернативных экономических центров. Регионы с такими центрами целесообразно создавать в границах естественно тяготеющих к ним территорий, и именно они должны быть положены в основу АТД.

Значительным шагом в совершенствовании АТД Беларуси должно стать сокращение количества ступеней иерархии административно-территориальных единиц, т. е. переход от трехзвенной системы (область – район – сельсовет) к более эффективной для условий Беларуси двухзвенной. Учитывая компактность территории Беларуси и сложившуюся сеть из 22 больших и средних городов с фактически функционирующими зонами их социально-экономического влияния на прилегающие территории, звеном АТД, в наибольшей степени исчерпавшим свои функции, выступает область. Так, четыре областных центра (Брест, Витебск, Гомель, Гродно) из шести находятся на периферии своих областей. По расчетам, расстояние от 14 нынешних районных центров до столицы (Минска) меньше, чем до областного центра, а 29 районов удалены от своих областных центров более чем на 150 км. В Брестской области 67,5 % населения проживает за пределами среднего радиуса доступности своего областного центра, в Гомельской – 50,5 %.

Региональные и порайонные различия в основных демографических и экономических показателях свидетельствуют о существенных сдвигах в развитии региональных хозяйственных комплексов, произошедших за последние десятилетия, и обосновывают необходимость изменения АТД республики. Около 20 % административных районов выполняют функции центра или полуженитра и имеют возможности выполнять функции региональных центров в новом АТД. В то же время более 30 % административных

районов являются периферийными по показателям социально-экономического развития. В связи с этим в региональном отношении требуется изучение трендов развития наиболее проблемных и депрессивных районов Витебской, Гродненской и Могилёвской областей.

С учетом опыта предыдущих вариантов экономико-географического районирования, ГСКТО Республики Беларусь и новейших тенденций социально-экономического развития в XXI в. для административных районов страны сохраняются аграрно-индустриальные и индустриально-аграрные функциональные типы. Однако сформировался столичный экономически перегретый район-лидер, развиваются многофункциональные районы-ядра (районы с региональными центрами) и моноиндустриальные районы-ядра, зависящие от конъюнктуры мировых рынков (например, Солигорский, Жлобинский, Мозырский, Полоцкий), существуют проблемные депрессивные аграрные районы (Лиозненский, Хотимский) и депрессивные районы в зоне радиоактивного загрязнения (Славгородский, Краснопольский). Эти сводные качественные характеристики административных районов могут использоваться при внесении изменений в АТД Республики Беларусь.

Библиографические ссылки

1. Борисевич ВИ, Гейзлер ПС, Фатеев ВС. *Экономика региона*. Минск: БГЭУ; 2002. 432 с.
2. Смоліч АА. *Геаграфія Беларусі. 4-е выданьне*. Менск: Беларусь; 1993. Па выданні 1923 г. с. 199–200.
3. Лис АГ. *Проблемы развития и размещения производительных сил Белоруссии*. Москва: Наука; 1972. с. 254–274.
4. Александрович ЯМ, Завьялков АГ. *Региональное планирование: вопросы развития и размещения производительных сил БССР*. Минск: Наука и техника; 1982. с. 140–143.
5. Пирожник ИИ. Экономико-географическая типология районов Белорусской ССР. *Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География*. 1986;3:63–67.
6. Ридевский ГВ. *Территориальная организация Республики Беларусь: социально-эколого-экономическая модель перехода к устойчивому развитию*. Могилёв: МГУ им. А. А. Кулешова; 2007. 525 с.
7. Козловская ЛВ. *Социально-экономическая география Беларуси. Часть 1. Условия и факторы социально-экономического развития и территориальной организации хозяйства Беларуси*. Минск: БГУ; 2002. 107 с.
8. *Регионы Республики Беларусь, 2017: статистический сборник. Том 1*. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь; 2017.
9. Антипова ЕА. Региональные особенности демографического развития Республики Беларусь. В: Миронова ТН, Рязанцева СВ, редакторы. *Состояние и перспективы демографического развития Республики Беларусь*. Минск: В.И.З.А. Групп; 2017. с. 100–122.
10. Приколова ЛИ. Реформирование территориального устройства в европейских унитарных государствах и его перспективы для Украины. *Психопедагогика в правоохранительных органах*. 2012;1(48):92–96.
11. Закон от 24 июля 1998 года о введении трехуровневого территориального деления государства в Республике Польша [Интернет; процитировано 16 июля 2018 г.]. Доступно по: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19980960603>.
12. *Историческое развитие на административно-территориальном устройстве на территории на България*. София: Министерство на регионалното развитие и благоустройства; 2006. 11 с.
13. Предложения Министерства охраны окружающей среды и регионального развития (MEPRD) по реформированию административно-территориального деления Латвии [Интернет; процитировано 16 июля 2018 г.]. Доступно по: <http://www.varam.gov.lv/lat/aktual/aktuali/?doc=20443>.
14. Мартынов ВЛ. Опыт реформирования административно-территориального деления Финляндии. *Псковский региональный журнал*. 2012;14:201–205.
15. Семёко ГВ. Территориальные реформы во Франции: от децентрализации к рецентрализации государственного управления. *Искусство управления*. 2017;9(3):476–494. DOI: 10.17072/2218-9173-2017-3-476-494.
16. Chojnicki Z, Czyż T. Nowa organizacja terytorialna polski i układ regionalny. *Czasopismo Geograficzne*. 2000;LXXI:261–277.

References

1. Borisevich VI, Gejzler PS, Fateev VS. *Ekonomika regiona* [Economics of region]. Minsk: Belarus State Economic University; 2002. 432 p. Russian.
2. Smolich AA. *Geografija Belarusi. 4-e vydan'ne* [Geography of Belarus. 4th edition]. Minsk: Belarus; 1993. p. 199–200. Belarusian.
3. Lis AG. *Problemy razvitiya i razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil Belorussii* [Problems of development and location of the productive forces of Belarus]. Moscow: Nauka; 1972. p. 254–274. Russian.
4. Aleksandrovich JaM, Zav'yalkov AG. *Regional'noe planirovanie: voprosy razvitiya i razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil BSSR* [Regional planning: issues of development and deployment of the productive forces of the BSSR]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1982. p. 140–143. Russian.
5. Pirozhnik II. [Economic-geographical typology of the Belorussian SSR districts]. *Vestnik BGU. Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 1986;3:63–67. Russian.
6. Ridevskij GV. *Territorial'naya organizatsiya Respubliki Belarus': sotsial'no-ekologo-ekonomicheskaya model' perekhoda k ustoi-chivomu razvitiyu* [Territorial organization of the Republic of Belarus: socio-ecological and economic model of transition to sustainable development]. Mogilev: Mogilev State A. Kuleshov University; 2007. 525 p. Russian.

7. Kozlovskaja LV. *Sotsial'no-ekonomicheskaya geografiya Belarusi. Chast' 1. Usloviya i faktory sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya i territorial'noi organizatsii khozyaistva Belarusi* [Socio-economic geography of Belarus. Part 1. Conditions and factors of socio-economic development and territorial organization of the economy of Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2002. 107 p. Russian.
8. *Regiony Respubliki Belarus', 2017: statisticheskii sbornik. Tom 1* [Regions of the Republic of Belarus, 2017: statistical compilation. Volume 1]. Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus; 2017. Russian.
9. Antipova EA. [Regional features of the demographic development of the Republic of Belarus]. In: Mironova TN, Rjazanceva SV, editors. *Sostoyanie i perspektivy demograficheskogo razvitiya Respubliki Belarus'*. Minsk: V.I.Z.A. Group; 2017. p. 100–122. Russian.
10. Pripolova LI. [Reform of the territorial structure in European unitary states and its prospects for Ukraine]. *Psikhopedagogika v pravookhranitel'nykh organakh*. 2012;1(48):92–96. Russian.
11. Zakon ot 24 iyulya 1998 goda o vvedenii trekhurovnevoogo territorial'nogo deleniya gosudarstva v Respublike Pol'sha [Internet; cited 2018 July 16]. Available from: <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU19980960603>. Russian.
12. *Istoricheskoe razvitiye na administrativno-teritorialno ustroystvo na teritoriyata na Bŭlgariya* [Historical development of the administrative and territorial structure of the territory of Bulgaria]. Sofia: Ministry of Regional Development and Public Works; 2006. 11 p. Bulgarian.
13. Predlozheniya Ministerstva okhrany okruzhayushchei sredy i regional'nogo razvitiya (MEPRD) po reformirovaniyu administrativno-territorial'nogo deleniya Latvii [Internet; cited 2018 July 16]. Available from: <http://www.varam.gov.lv/lat/aktual/aktuali/?doc=20443>. Russian.
14. Martynov VL. Experience of the reform of the administrative-territorial division of Finland. *Pskovskii regionologicheskii zhurnal*. 2012;14:201–205. Russian.
15. Semeko GV. [Territorial reforms in France: from decentralization to recentralization of public administration]. *Ars Administrandi*. 2017;9(3):476–494. Russian. DOI: 10.17072/2218-9173-2017-3-476-494.
16. Chojnicki Z, Czyż T. Nowa organizacja terytorialna polski i układ regionalny. *Czasopismo Geograficzne*. 2000;LXXI:261–277.

Статья поступила в редколлегию 28.09.2018.
Received by editorial board 28.09.2018.

УДК 550.47:581.526.3(476)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ БЕЛАРУСИ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Н. В. ЖУКОВСКАЯ¹⁾, Б. П. ВЛАСОВ¹⁾, Н. В. КОВАЛЬЧИК¹⁾

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

Проанализированы пространственные и видовые особенности содержания микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo, Pb) в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга. Растения, относящиеся к группе погруженных, характеризуются повышенной зольностью и накапливают большие количества Ti, Mn, Cu, Zn, Zr, Pb. Различия между экологическими группами растений водоемов и водотоков по содержанию в тканях Mn, Cu, Pb (элементы со встречаемостью 100 %) статистически значимы. Пространственный анализ показал, что на водоемы северной литогеохимической провинции приходится 71 % аномалий Mn и 80 % аномалий Cu, в том числе на Браславский район – 46 и 59 % аномалий Mn и Cu соответственно. Максимальные концентрации данных элементов характерны для погруженных макрофитов озер Снуды, Лосвидо, М. Белое, Белое (Лунинецкий район), Белое (Сурмино), Свитязь. Среди погруженных макрофитов озер аномальным накоплением Mn выделяются харовые водоросли (61 % случаев), уруть и роголистник, Cu – харовые водоросли, полужник и лобелия Дортмана, Pb – полужник, харовые водоросли и рдест. Макрофиты рек отличаются более высокими зольностью и средним содержанием Mn, Cu и Pb по сравнению с растениями водоемов. Участки с выявленными аномалиями Cu и Pb в тканях погруженных растений приурочены к центральной литогеохимической провинции Беларуси (на р. Свислочь приходится 67 и 33 % аномальных значений Cu и Pb соответственно). Аномальные значения Cu зафиксированы в тканях роголистника и рдестов, Pb – преимущественно рдестов. На основе кластерного анализа выделены виды растений в составе следующих родов: рдест, уруть, элодея, роголистник и ежеголовник, характеризующиеся повышенными содержаниями Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb и рекомендуемые в качестве индикаторов загрязнения водных объектов тяжелыми металлами.

Ключевые слова: тяжелые металлы; высшая водная растительность; экологические группы; аномальные концентрации; пространственные закономерности; мониторинг.

Образец цитирования:

Жуковская НВ, Власов БП, Ковальчик НВ. Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси: пространственные и видовые особенности. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2019;1:22–34.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-22-34>

For citation:

Zhukovskaya NV, Vlasov BP, Kavalchik NV. Heavy metals contents in higher aquatic plants of Belarusian reservoirs and rivers: spatial and species features. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2019;1:22–34. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-22-34>

Авторы:

Наталья Викторовна Жуковская – кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.
Борис Павлович Власов – доктор географических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией озераведения факультета географии и геоинформатики.

Надежда Владимировна Ковальчик – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры почвоведения и геоинформационных систем факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Natalia V. Zhukovskaya, PhD (geography); associate professor at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics.
natazhuk@gmail.com

Boris P. Vlasov, doctor of science (geography), full professor, head of the laboratory of lakes research, faculty of geography and geoinformatics.

vlasov@bsu.by

Nadezha V. Kavalchik, PhD (geography), docent; associate professor at the department of soil science and geographic information systems, faculty of geography and geoinformatics.
kovalchiknv@gmail.com

HEAVY METALS CONTENTS IN HIGHER AQUATIC PLANTS
OF BELARUSIAN RESERVOIRS AND RIVERS:
SPATIAL AND SPECIES FEATURESN. V. ZHUKOVSKAYA^a, B. P. VLASOV^a, N. V. KAVALCHYK^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: N. V. Zhukovskaya (natazhuk@gmail.com)

The spatial and species features of heavy metals (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo, Pb) contents in higher aquatic plants of reservoirs and rivers within Belarus have been analyzed on monitoring data. The group of submerged plants are characterized by high ash content; and they accumulate large amounts of Ti, Mn, Cu, Zn, Zr, Pb. There are statistically significant differences between the plants in ecological groups of reservoirs and rivers in terms of Mn, Cu, Pb contents in the tissues (elements with a 100 % frequency). According to the spatial analysis the reservoirs of the northern geochemical province account for 71 % of the Mn anomalies and 80 % of the Cu anomalies, including the Braslav region – 46 % of the Mn anomalies and 59 % of Cu. Mn, Cu, Pb maximum concentrations are characteristics of submerged macrophytes such lakes as Snudy, Losvido, Maloye Beloye, Beloye (Luninets District), Beloe (Surmino), Svityaz. Among submerged macrophytes within lakes the abnormal accumulation of Mn has been noted for *Charophyta* (61 % of cases), *Myriophyllum* and *Ceratophyllum*, Cu – *Charophyta*, *Isoetes* and *Lobelia dortmanna*, Pb – *Isoetes*, *Charophyta* and *Potamogeton*. The macrophytes within rivers are characterized by the higher ash content and the average content of Mn, Cu and Pb in comparison with the lakes plants. Areas with identified Cu and Pb anomalies in the submerged plants are confined to the central geochemical province of Belarus (the Svisloch river accounts for 67 % of anomalous values of Cu and 33 % of Pb). Anomalous values of Cu have been fixed in the tissues of the *Ceratophyllum* and *Potamogeton*, Pb – mostly in *Potamogeton*. The cluster analysis has distinguished a group of plant species as a part of the following genera: *Potamogeton*, *Myriophyllum*, *Elodea*, *Ceratophyllum* and *Sparganium*. The group is characterized by elevated contents of Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb and recommended as indicators of polluting water objects with heavy metals.

Keywords: heavy metals; higher aquatic flora; ecological groups; outliers; spatial patterns; monitoring.

Введение

Высшая водная растительность является хорошим индикатором состояния водных экосистем благодаря способности накапливать химические элементы, что обуславливает ее использование в системе мониторинга и контроля состояния водных экосистем Беларуси.

Во многих работах, посвященных индикаторной роли высшей водной растительности, особое внимание уделяется поглощению макрофитами тяжелых металлов (ТМ), обладающих высокой биохимической активностью. Разнообразие условий произрастания и видового состава водных растений Беларуси [1] обуславливают различия в содержании металлов в тканях растений.

Цель работы – анализ пространственных и видовых особенностей накопления отдельных химических элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo, Pb) водной растительностью рек и озер Беларуси.

Методика исследования

Изучение аккумуляции ТМ высшей водной растительностью проводилось с 2000 по 2015 г. Объектами исследований служили растения разных экологических групп: надводные (айр обыкновенный или болотный *Acorus calamus* L., белокрыльник болотный *Calla palustris* L., тростник обыкновенный *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., осоки вздутая *Carex rostrata* Stokes, волосистоплодная *Carex lasiocarpa* Ehrh. и острая *Carex acuta* L., ежеголовник прямостоячий *Sparganium erectum* L. и плавающий *Sparganium natans* L., манник большой *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. и плавающий *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., меч-трава обыкновенная *Cladium mariscus* (L.) Pohl, камыш озерный *Schoenoplectus lacustris* (L.), камышевик лесной *Scirpus sylvaticus* L., рогоз узколистный *Typha angustifolia* L. и широколистный *Typha latifolia* L., ситняг игольчатый *Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult. и болотный *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., стрелолист стрелолистный *Sagittaria sagittifolia* L., сусак зонтичный *Butomus umbellatus* L., хвощ речной *Equisetum fluviatile* L., цицания болотная *Zizania palustris* L. и широколистная *Zizania latifolia* (Griseb.) Stapf, частуха подорожниковая *Alisma plantago-aquatica* L.; погруженные (гидрилла муточатая *Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle, ежеголовник всплывающий *Sparganium emersum* Rehm., рдесты блестящий *Potamogeton lucens* L., пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L., волосовидный *Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht., длиннейший *Potamogeton praelongus* Wulf., курчавый *Potamogeton crispus* L., остролистный *Potamogeton acutifolius* Link,

сжатый *Potamogeton compressus* L., туполистный *Potamogeton obtusifolius* Mert. et Koch, узловатый *Potamogeton nodosus* Poir., фриза *Potamogeton friesii* Rupr., уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* L. и мутовчатая *Myriophyllum verticillatum* L., элодея канадская *Elodea canadensis* Michx., роголистник подводный *Ceratophyllum submersum* L., роголистник темно-зеленый *Ceratophyllum demersum* L., телорез алоэвидный *Stratiotes albidus* L., полушник озерный *Isoetes lacustris* L., прибрежница одноцветковая *Littorella uniflora* (L.) Aschers); полупогруженные с плавающими листьями (горец земноводный *Persicaria amphibian* (L.), кубышка желтая *Nuphar lutea* (L.) Smith., кувшинка чисто-белая *Nymphaea candida* J. et C. Presl., рдест плавающий *Potamogeton natans* L.). Рассматриваются также харовые водоросли (*Charophyta*), которые часто относят к высшей водной растительности.

Выбор растений определялся их распространенностью и численностью (высокой) в пределах исследуемых водных объектов. Пробы растений отбирались на 97 ключевых участках (КУ), расположенных на озерах (46 КУ), водохранилищах (4) и реках (47) Беларуси (рис. 1). Общий объем выборки по макрофитам составил 1053.

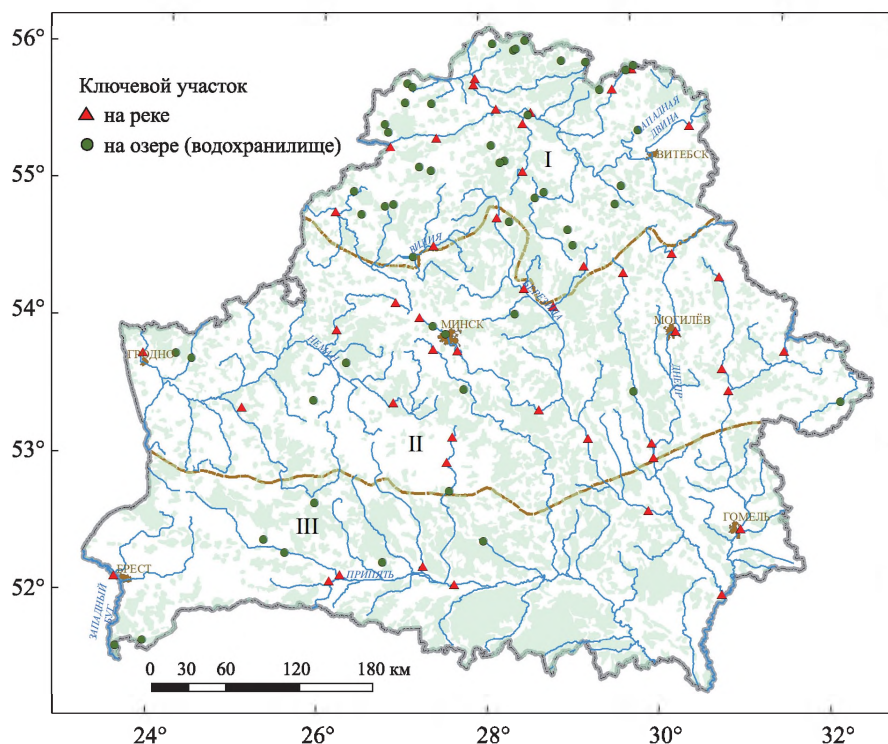


Рис. 1. Схема расположения ключевых участков сети мониторинга водной растительности на территории Республики Беларусь.

Литогеохимические провинции: I – Северная; II – Центральная; III – Южная

Fig. 1. Key sites location of aquatic plants monitoring network within the territory of Belarus.

Lithogeochemical provinces: I – North; II – Central; III – South

Анализ валового содержания элементов выполнялся эмиссионным спектральным методом по методике [2]. Нижний предел обнаружения составляет (мг/кг на золу): Ti – 1, V – 10, Cr – 5, Mn – 10, Ni – 8, Cu – 1, Zn – 100, Zr – 10, Mo – 3, Pb – 5. Содержание элементов пересчитывалось на абсолютно сухое вещество.

Статистическая обработка данных включала: оценку распределения переменных с помощью гистограмм, вероятностных графиков и критериев согласия (Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилка); вычисление описательных статистик; непараметрический дисперсионный анализ Краскела – Уоллиса.

В случае усеченных выборок при доле проб с содержанием определяемого элемента выше предела обнаружения более 50 % в качестве среднего использовалась медиана, при доле менее 50 % среднее значение рассчитывалось по формуле [3]

$$\bar{x} = \frac{(\bar{x}_{\max} - \bar{x}_{\min})n}{N} + \bar{x}_{\min}, \quad (1)$$

где $\bar{x}_{\max}$ – максимально возможное среднее (при исключении из расчетов проб с концентрациями ниже предела обнаружения); $\bar{x}_{\min}$ – минимально возможное среднее (при обнулении проб с концентрациями ниже предела обнаружения); n – число «непустых» проб; N – число всех проб.

Результаты исследования и их обсуждение

Параметры содержания изученных элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Mo, Pb) по экологическим группам растений представлены в табл. 1 и 2. Отдельно рассматривалась высшая водная растительность водоемов и водотоков. Растительность последних формируется под воздействием такого мощного экологического фактора, определяющего их специфику, как течение.

Таблица 1

Содержание металлов в макрофитах
различных экологических групп водоемов ($n = 769$), мг/кг

Table 1

Metals contents in macrophytes
of various ecological groups within reservoirs ($n = 769$), mg/kg

Элемент	Встречаемость элемента, %	Погруженные ($n = 314$)	С плавающими листьями ($n = 132$)	Надводные ($n = 323$)
Ti	51–67	14,7 (н. о. – 1397)	1,38 (н. о. – 305)	1,16 (н. о. – 1397)
V	30–39	6,44 (н. о. – 233)	2,11 (н. о. – 19,0)	2,82 (н. о. – 233)
Cr	23–42	4,54 (н. о. – 94,2)	0,60 (н. о. – 7,32)	0,99 (н. о. – 62,8)
Mn	100	301 (0,60–9158)	93,6 (0,23–3957)	23,6 (0,03–3259)
Ni	23–40	1,26 (н. о. – 23,6)	0,098 (н. о. – 0,87)	0,38 (н. о. – 23,3)
Cu	100	2,34 (0,07–235,6)	0,32 (0,07–12,2)	1,40 (0,08–76,1)
Zn	10–39	32,4 (н. о. – 1948)	2,49 (н. о. – 39,6)	12,2 (н. о. – 134)
Zr	41–44	33,1 (н. о. – 1299)	9,07 (н. о. – 91,9)	13,6 (н. о. – 931)
Mo	36–76	0,18 (н. о. – 56,2)	0,155 (н. о. – 3,87)	0,22 (н. о. – 13,4)
Pb	100	3,19 (0,08–471,2)	0,43 (0,04–21,4)	0,46 (0,05–93,9)

Примечание. В скобках указаны пределы вариации; н. о. – ниже предела чувствительности метода.

В ряде исследований отмечается, что погруженная растительность накапливает большие количества микроэлементов по сравнению с полупогруженными и растениями с плавающими листьями [4; 5]. Водные растения извлекают тяжелые металлы из воды и донных отложений. Низшие растения, которые не имеют корней и проводящей сосудистой системы, поглощают ионы металлов всем телом и поэтому являются более уязвимыми для токсикантов [6]. Аналогичный механизм имеет место и для полностью погруженных высших растений, что делает их более чувствительными индикаторами загрязнения. Полученные нами результаты также показали, что группа погруженных растений водоемов накапливает большие количества Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb. Различия между экологическими группами по содержанию Mn, Cu, Pb (элементы с 100 % встречаемостью) в тканях водных растений статистически значимы (*Kruskal – Wallis test*, $H = 144–219$; $df = 2$; $p < 0,001$). Следует отметить, что зольность в группе погруженных растений составляет 19,5 % и значительно превышает величину данного показателя для растений с плавающими листьями (9,6 %) и водно-воздушных (7,3 %).

Последовательность среднесуточных содержаний элементов по экологическим группам озерных растений выглядит следующим образом:

погруженные	Mn > Zn > Zr > Ti > V > Cr > Pb > Cu > Ni > Mo
с плавающими листьями	Mn > Zr > Zn > V > Ti > Cr > Pb > Cu > Mo > Ni
надводные	Mn > Zr > Zn > V > Cu > Ti > Cr > Pb > Ni > Mo

В целом ряды накопления для рассматриваемых экологических групп схожи. Исключение составляет Cu, которая группой воздушно-водных растений накапливается больше, чем Ti, Cr и Pb.

Анализируя содержание химических элементов в отдельных формациях макрофитов рек, следует отметить, что погруженная растительность отличается повышенным средним содержанием Ti, Mn, Cu, Zn, Zr, Mo, Pb. Различия по содержанию Mn, Cu, Pb между экологическими группами статистически значимы (*Kruskal – Wallis test*, $H = 32,7–35,6$; $df = 2$; $p < 0,001$). Зольность для группы погруженных растений составляет 24,6 %, воздушно-водных – 14,6, растений с плавающими листьями – 17,8 %, что превышает соответствующие показатели для водных растений водоемов.

Таблица 2

Содержание металлов в макрофитах
различных экологических групп рек ($n = 281$), мг/кг

Table 2

Metals contents in macrophytes
of various ecological groups within rivers ($n = 281$), mg/kg

Элемент	Встречаемость элемента, %	Погруженные ($n = 82$)	С плавающими листьями ($n = 39$)	Надводные ($n = 160$)
Ti	69–89	18,7 (н. о. – 436)	4,55 (н. о. – 270)	2,74 (н. о. – 737)
V	30–55	1,33 (н. о. – 48,3)	1,23 (н. о. – 12,1)	3,83 (н. о. – 34,4)
Cr	41–67	2,60 (н. о. – 127,5)	3,05 (н. о. – 27,0)	2,76 (н. о. – 34,4)
Mn	100	571 (1,0–3796)	382 (20–3036)	69,2 (0,05–10 000)
Ni	33–59	0,26 (н. о. – 2,03)	0,38 (н. о. – 3,85)	0,38 (н. о. – 5,74)
Cu	100	4,91 (0,10 – 81,6)	0,71 (0,09–17,5)	2,31 (0,07–96,4)
Zn	18–36	13,4 (н. о. – 169,5)	6,74 (н. о. – 54,5)	12,6 (н. о. – 117)
Zr	61–66	5,15 (н. о. – 144,8)	4,31 (н. о. – 108,9)	2,18 (н. о. – 246)
Mo	59–89	0,35 (н. о. – 2,0)	0,13 (н. о. – 0,81)	0,16 (н. о. – 2,84)
Pb	100	2,37 (0,05–36,3)	0,43 (0,10–11,6)	0,41 (0,05–23,2)

Примечание. В скобках указаны пределы вариации; н. о. – ниже предела чувствительности метода.

Последовательность среднесуточных содержаний элементов по формациям речных растений выглядит следующим образом:

погруженные $Mn > Ti > Zn > Zr > Cu > Cr > Pb > V > Mo > Ni$
с плавающими листьями $Mn > Zn > Ti > Zr > Cr > V > Cu > Pb > Ni > Mo$
надводные $Mn > Zn > V > Cr > Ti > Cu > Zr > Pb > Ni > Mo$

Для надводных уменьшается роль Ti и увеличивается роль V.

Сравнение элементного состава погруженной растительности водоемов и водотоков показало, что последняя отличается более высокими зольностью и средним содержанием Ti, Mn и Cu (рис. 2). Однако максимальные значения указанных металлов зафиксированы в растениях водоемов (т. е. больший диапазон).

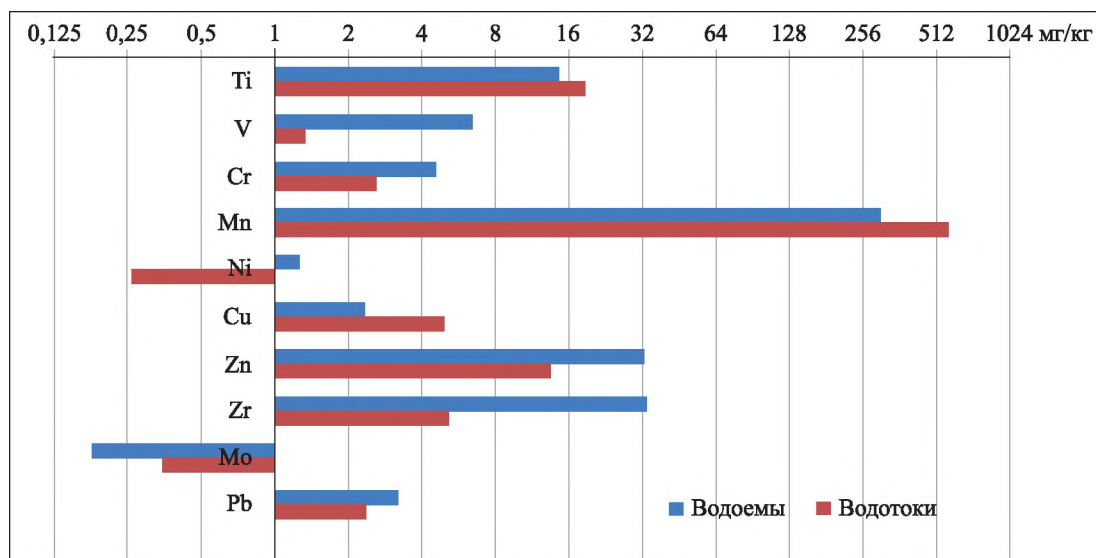


Рис. 2. Среднее содержание химических элементов в погруженных растениях водоемов и водотоков

Fig. 2. Average contents of chemical elements in submerged plants of reservoirs and rivers

Для надводных и растений с плавающими листьями рек также отмечаются бóльшие зольность и среднее содержание Ti, Cr, Mn, Cu по сравнению с аналогичными экологическими группами растений водоемов (рис. 3).

Выявление участков (проб) с аномальным содержанием химических элементов является одной из важнейших задач, возникающих при обработке геохимических данных. При этом предполагается, что аномальное содержание того или иного химического элемента (чаще – группы элементов) вызвано проявлением некоторого локального процесса, в котором один (или несколько взаимосвязанных) из большого числа факторов, обычно контролирующих распределение элементов и определяющих вероятностную природу геохимического поля, оказался довлеющим [7].

Традиционно выявление участков с аномальным содержанием элементов проводится известными статистическими методами [8; 9]. В настоящем исследовании для идентификации аномальных значений был использован относящийся к робастным метод *box-plot* («ящик с усами»). По результатам исследований [10] данный способ является наиболее эффективным при определении аномальных величин в случае, если их число не превышает 10 %. График *box-plot* показывает медиану, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значения выборки и выбросы (рис. 4). Выбросами считаются значения, превышающие 1,5 межквартильного размаха.

Пространственный анализ аномальных значений исследуемых элементов в погруженных макрофитах показал, что на Северную литогеохимическую провинцию приходится 71 % аномалий Mn и 80 % аномалий Cu, в том числе на Браславский район – 46 % аномалий Mn и 59 % Cu (рис. 5).

Территория Браславского района входит в состав Северной литогеохимической провинции Беларуси, рельеф которой характеризуется широким распространением плоских заболоченных озерно-ледниковых низин и равнин, краевого ледникового рельефа, обилием озер и бессточных котловин [11]. Для пород характерны относительно слабая преобразованность в результате выветривания и эрозии и интенсивное современное озерное осадконакопление. Провинция, по сравнению со среднебелорусским фоном, выделяется повышенными содержаниями в отложениях Ti, Mn, Cr, V, Ni, а также Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO и пониженным содержанием SiO_2 [12]. Браславский педогеохимический подрайон Браславо-Глубокско-Городокского района [13] отличается повышенными концентрациями в почвах Mn и Ni, пониженными – V, Cu, Zr, на уровне среднего по Беларуси содержанием Ti.

В донных отложениях озер Браславского района (озера Снуды, Дривяты) выявлены аномальные содержания Mn [14].

Установлены озера, для погруженных макрофитов которых в наибольшей степени характерны проявления аномальных концентраций анализируемых микроэлементов (см. рис. 4). Так, оз. Снуды выделяется аномальными содержаниями Mn, Cu и Pb в погруженных макрофитах. Максимальные зафиксированные концентрации Mn превышают средние значения в 30 раз, Cu – в 27 раз, Pb – в 14 раз.

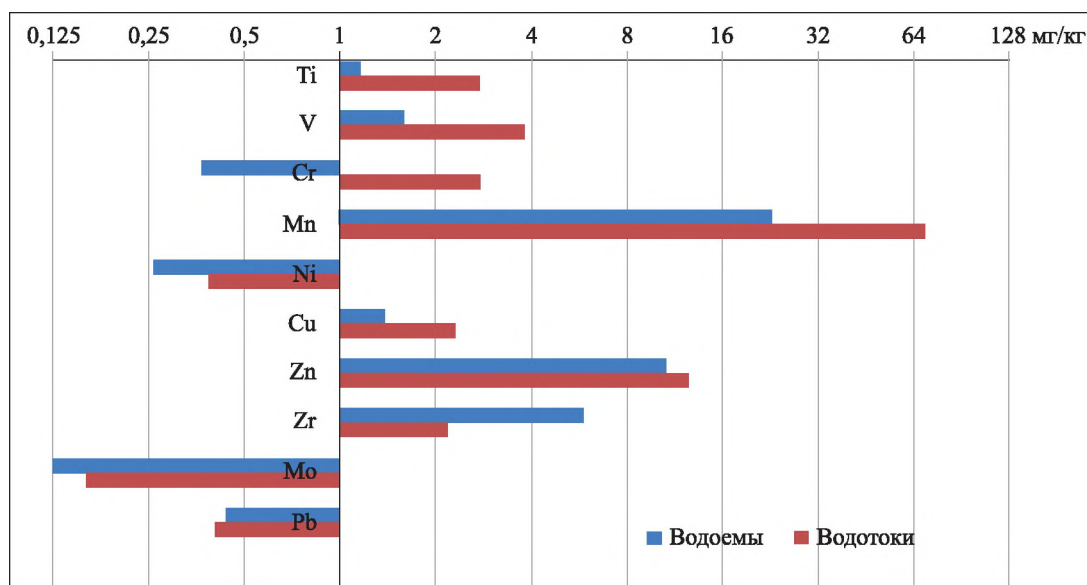


Рис. 3. Среднее содержание химических элементов в надводных растениях водоемов и водотоков

Fig. 3. Average contents of chemical elements in emergent plants of reservoirs and rivers

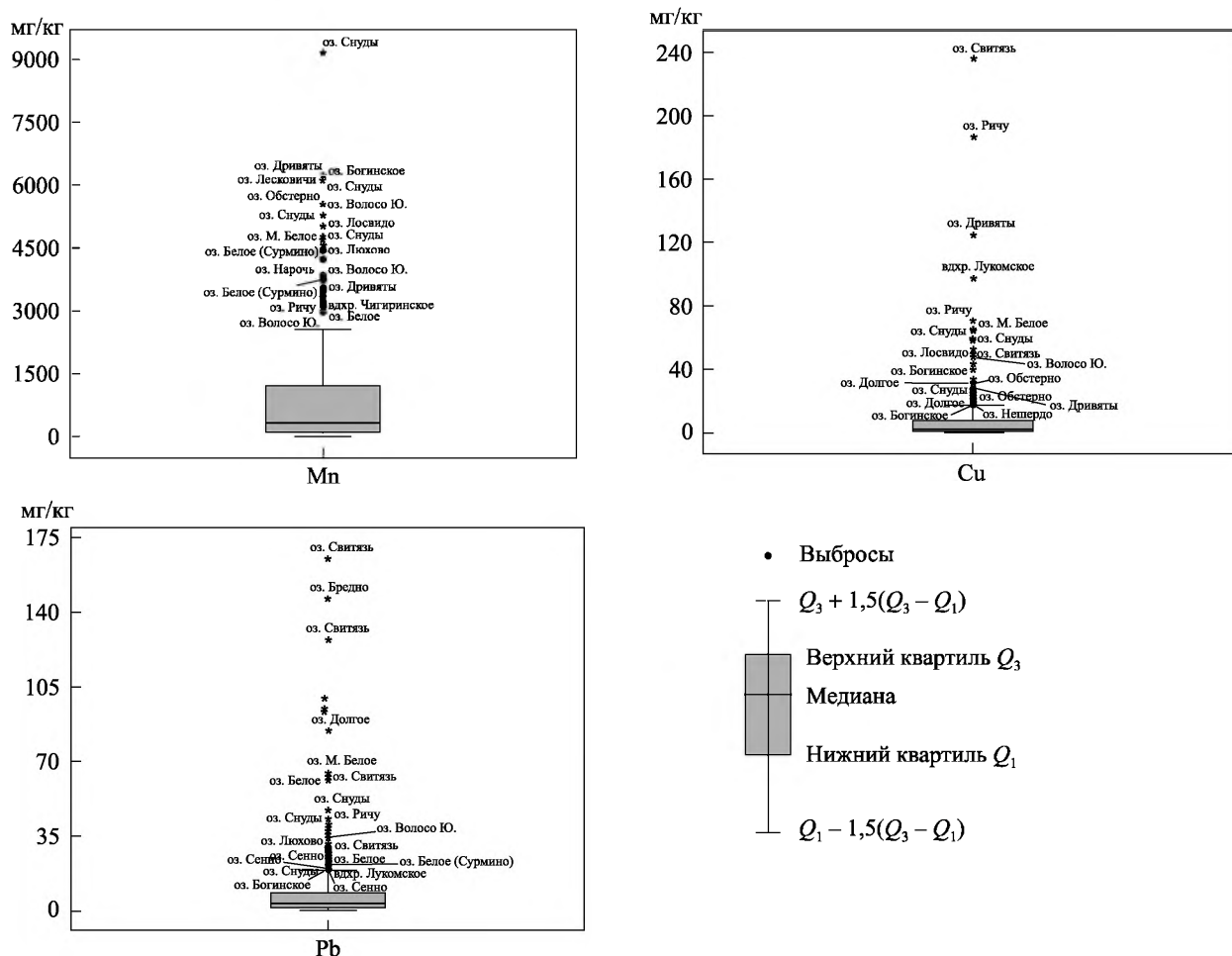


Рис. 4. Диаграммы размаха Mn, Cu, Pb в погруженных макрофитах озер Беларуси
Fig. 4. Box-plot of Mn, Cu, Pb distributions in submerged plants of Belarusian lakes

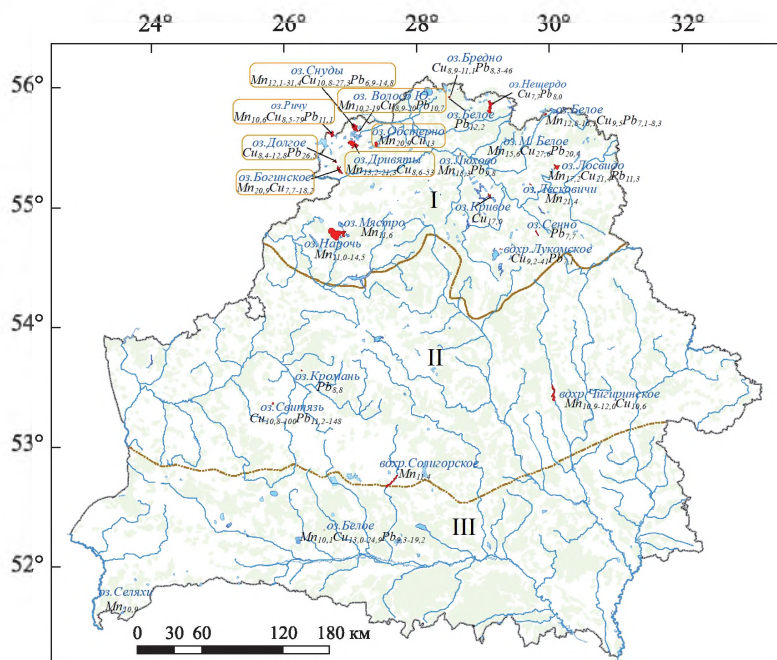


Рис. 5. Аномальные содержания Mn, Cu и Pb в погруженных макрофитах озер.
Литогеохимические провинции покровных отложений: I – Северная; II – Центральная; III – Южная
Fig. 5. Anomalous contents of Mn, Cu and Pb in submerged plants of lakes.
Lithogeochemical provinces: I – North; II – Central; III – South

Также аномальными содержаниями всех трех анализируемых элементов в погруженных макрофитах выделяются оз. Лосви́до: коэффициент концентрации¹ Mn равен 17,2, Cu – 21,4, Pb – 11,3; оз. М. Белое: Mn – 15,6, Cu – 27,6, Pb – 20,4; оз. Белое (Лунинецкий район): Mn – 10,1, Cu – 24,9, Pb – 19,2; оз. Белое (Сурмино): Mn – 16,3, Cu – 9,5, Pb – 8,3.

На оз. Свитязь приходится 16 % образцов с аномальным содержанием Pb, максимальная концентрация которого в погруженных макрофитах составляет 471 мг/кг. К оз. Белое (Лунинецкий район) приурочено 12,5 % выявленных аномальных значений Pb.

Анализ видовой структуры погруженных макрофитов показал, что аномалии Mn отмечаются главным образом у харовых водорослей (61 %), в меньшей степени – у урути и роголистника (рис. 6). Аномальными концентрациями Cu выделяются харовые водоросли, полушник и лобелия Дортмана, Pb – полушник, харовые водоросли и рдест. Следует отметить, что полушник озерный отличается максимальным

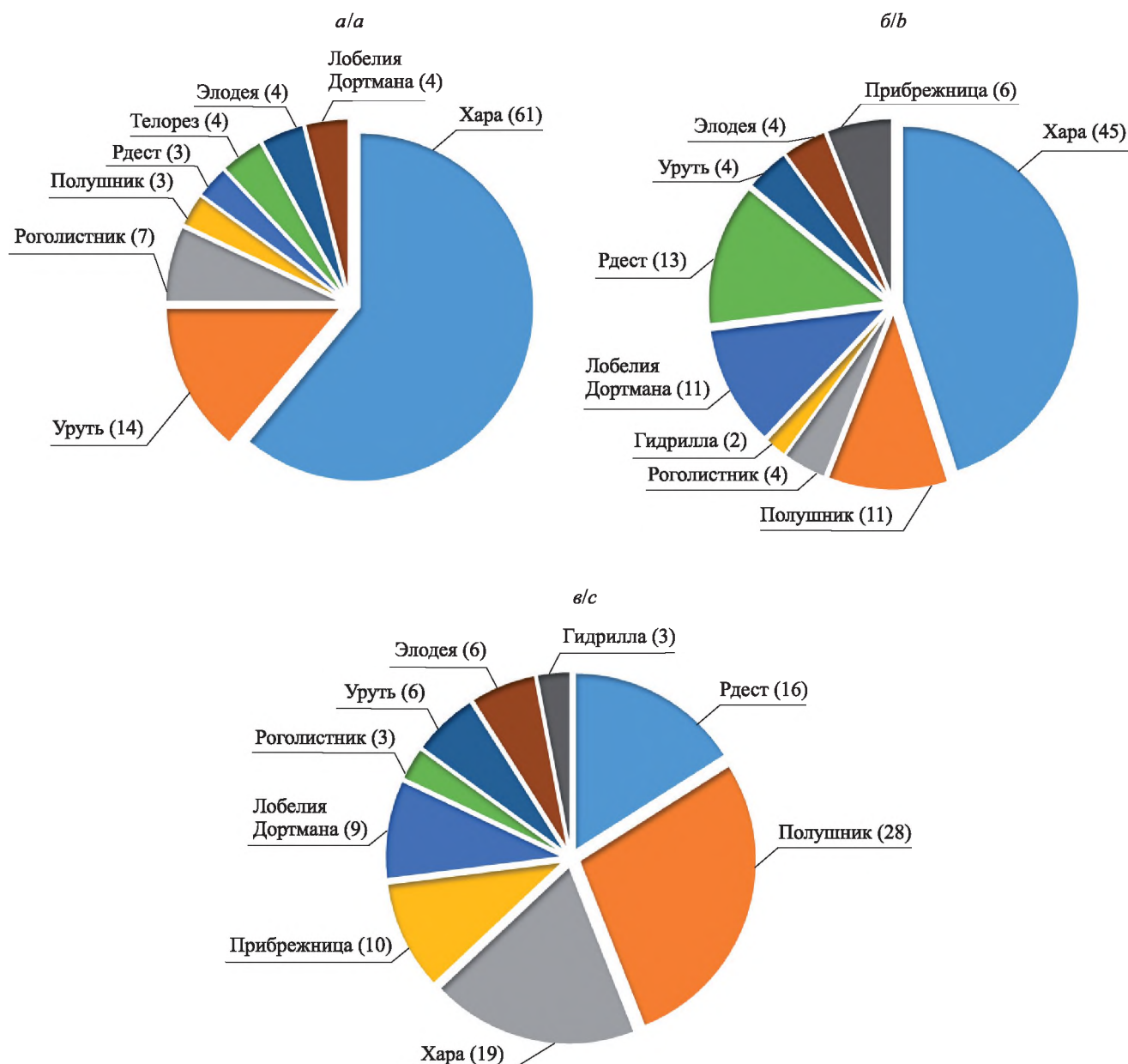


Рис. 6. Видовой состав (%) погруженных макрофитов озер с выявленными аномальными концентрациями Mn (а), Cu (б), Pb (в)

Fig. 6. Species composition of submerged macrophytes with anomalous concentrations of Mn (a), Cu (b), Pb (c) within lakes

¹Коэффициент концентрации рассчитывался как отношение содержания элемента в объекте к среднему содержанию элемента в погруженных макрофитах озер Беларуси в целом.

средним значением (28 мг/кг) и размахом (4,64–35,3 мг/кг) содержания Pb по сравнению с другими видами погруженных высших водных растений. Кроме Pb, для полушника получены наибольшие параметры накопления Ti, Cu и Zn (табл. 3). Согласно [15] наличие в водоемах полушника озерного (*Isoetes lacustris*) указывает на чистоту и олиготрофность водоемов.

Пространственные особенности распределения аномальных содержаний в погруженных макрофитах рек представлены на рис. 7. Аномальных значений содержания Mn в группе погруженных растений не установлено. Большая часть КУ с выявленными аномалиями Cu и Pb приурочена к Центральной литогеохимической провинции Беларуси. Половина КУ расположена в пределах водосбора р. Березины. На КУ, находящихся на р. Свислочи (Вязье, Королищевичи, Анусино), приходится 67 % аномальных значений Cu и 33 % Pb (рис. 8).

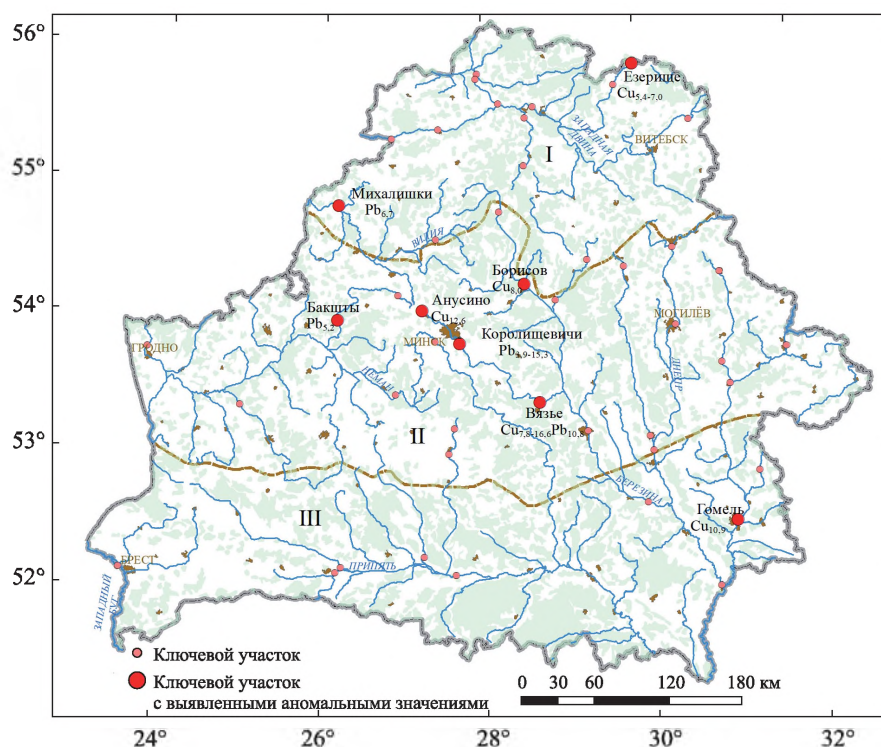


Рис. 7. Аномальные содержания Cu и Pb в погруженных макрофитах рек.
Литогеохимические провинции покровных отложений:
I – Северная; II – Центральная; III – Южная

Fig. 7. Anomalous contents of Cu and Pb in submerged plants of rivers.
Lithogeochemical provinces: I – North; II – Central; III – South

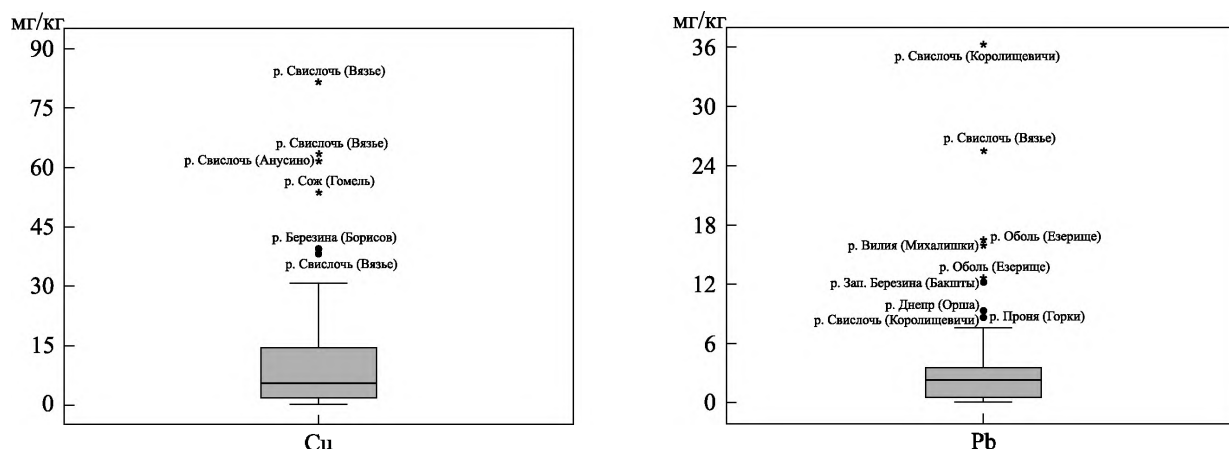


Рис. 8. Диаграммы размаха Cu, Pb в погруженных макрофитах рек Беларуси
Fig. 8. Box-plot of Cu and Pb distributions in submerged plants of Belarusian rivers

Таблица 3

Параметры содержания тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси, мг/кг сухого вещества

Table 3

Parameters of heavy metals contents in higher aquatic plants of Belarusian reservoirs and rivers, mg/kg DW

Растение, <i>n</i>	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Zr	Pb
Хара, 48	$\frac{26,3}{\text{н. о.} - 622}$	$\frac{6,0}{\text{н. о.} - 43,5}$	$\frac{3,3}{\text{н. о.} - 20,4}$	$\frac{1373}{94,4-9158}$	$\frac{2,4}{\text{н. о.} - 14,0}$	$\frac{8,9}{0,38-186}$	$\frac{22,7}{\text{н. о.} - 281}$	$\frac{36,9}{\text{н. о.} - 219}$	$\frac{6,3}{0,02-84,3}$
Рдест, 176	$\frac{3,5}{\text{н. о.} - 973}$	$\frac{3,1}{\text{н. о.} - 24,5}$	$\frac{4,3}{\text{н. о.} - 128}$	$\frac{184}{0,60-3796}$	$\frac{0,95}{\text{н. о.} - 14,0}$	$\frac{1,8}{0,07-63}$	$\frac{0,95}{\text{н. о.} - 169}$	$\frac{12,6}{\text{н. о.} - 120}$	$\frac{1,5}{0,08-36}$
Роголистник, 30	$\frac{2,6}{\text{н. о.} - 294}$	$\frac{1,6}{\text{н. о.} - 48,3}$	$\frac{1,6}{\text{н. о.} - 54,4}$	$\frac{789}{60,2-4237}$	$\frac{2,0}{\text{н. о.} - 13,4}$	$\frac{4,2}{0,31-96,8}$	$\frac{10,4}{\text{н. о.} - 58,8}$	$\frac{3,3}{\text{н. о.} - 145}$	$\frac{3,6}{0,64-22,6}$
Уруть, 24	$\frac{4,4}{\text{н. о.} - 563}$	$\frac{5,5}{\text{н. о.} - 21,5}$	$\frac{4,7}{\text{н. о.} - 21,5}$	$\frac{260}{26,3-6251}$	$\frac{0,16}{\text{н. о.} - 7,2}$	$\frac{3,0}{0,48-50,3}$	$\frac{16,3}{\text{н. о.} - 75,0}$	$\frac{3,8}{\text{н. о.} - 625}$	$\frac{4,4}{0,48-35,9}$
Элодея, 40	$\frac{7,3}{\text{н. о.} - 436}$	$\frac{4,2}{\text{н. о.} - 22,7}$	$\frac{2,4}{\text{н. о.} - 42,3}$	$\frac{411}{11,7-3169}$	$\frac{0,18}{\text{н. о.} - 9,03}$	$\frac{3,0}{0,26-30,1}$	$\frac{6,7}{\text{н. о.} - 39,6}$	$\frac{13,4}{\text{н. о.} - 87,1}$	$\frac{5,2}{0,08-35,7}$
Телорез, 26	$\frac{1,9}{\text{н. о.} - 82,4}$	$\frac{2,3}{\text{н. о.} - 8,3}$	$\frac{0,90}{\text{н. о.} - 3,2}$	$\frac{1007}{4,40-3175}$	$\frac{0,12}{\text{н. о.} - 0,64}$	$\frac{0,41}{0,04-2,3}$	$\frac{4,0}{\text{н. о.} - 31,8}$	$\frac{16,9}{\text{н. о.} - 82,4}$	$\frac{0,54}{0,15-9,6}$
Полушник озерный, 13	$\frac{59,3}{\text{н. о.} - 942}$	$\frac{2,7}{\text{н. о.} - 142}$	$\frac{2,9}{\text{н. о.} - 94,2}$	$\frac{313}{59,7-4545}$	$\frac{0,40}{\text{н. о.} - 23,6}$	$\frac{13,9}{7,7-236}$	$\frac{39,8}{\text{н. о.} - 19,47}$	$\frac{6,0}{\text{н. о.} - 1299}$	$\frac{35,2}{4,6-471}$
Кубышка, 102	$\frac{1,0}{\text{н. о.} - 305}$	$\frac{2,2}{\text{н. о.} - 12,1}$	$\frac{1,2}{\text{н. о.} - 27,0}$	$\frac{121}{3,1-3036}$	$\frac{0,18}{\text{н. о.} - 3,9}$	$\frac{0,32}{0,07-17,5}$	$\frac{3,0}{\text{н. о.} - 54,5}$	$\frac{11,6}{\text{н. о.} - 109}$	$\frac{0,19}{0,06-18,3}$
Кувшинка, 22	$\frac{6,1}{\text{н. о.} - 39,7}$	$\frac{1,2}{\text{н. о.} - 10,3}$	$\frac{0,23}{\text{н. о.} - 1,7}$	$\frac{71,4}{0,23-3184}$	$\frac{0,11}{\text{н. о.} - 0,87}$	$\frac{0,29}{0,10-4,3}$	$\frac{2,1}{\text{н. о.} - 16,5}$	$\frac{7,9}{\text{н. о.} - 30,9}$	$\frac{0,13}{0,09-1,9}$
Тростник, 130	$\frac{0,05}{\text{н. о.} - 36,4}$	$\frac{2,1}{\text{н. о.} - 18,0}$	$\frac{0,35}{\text{н. о.} - 3,2}$	$\frac{11,8}{0,06-10\,000}$	$\frac{0,09}{\text{н. о.} - 0,72}$	$\frac{2,0}{0,11-15,2}$	$\frac{6,0}{\text{н. о.} - 134}$	$\frac{6,9}{\text{н. о.} - 54,9}$	$\frac{0,49}{0,05-13,5}$
Камыш, 60	$\frac{0,43}{\text{н. о.} - 32,5}$	$\frac{1,3}{\text{н. о.} - 8,3}$	$\frac{0,27}{\text{н. о.} - 3,2}$	$\frac{20,9}{0,07-758}$	$\frac{0,11}{\text{н. о.} - 1,5}$	$\frac{1,2}{0,05-96,4}$	$\frac{8,5}{\text{н. о.} - 73,4}$	$\frac{1,2}{\text{н. о.} - 30,4}$	$\frac{0,37}{0,01-2,8}$
Осока, 37	$\frac{3,1}{\text{н. о.} - 22,0}$	$\frac{0,64}{\text{н. о.} - 4,9}$	$\frac{0,82}{\text{н. о.} - 7,9}$	$\frac{13,9}{0,01-2099}$	$\frac{0,12}{\text{н. о.} - 1,6}$	$\frac{1,3}{0,16-15,7}$	$\frac{9,1}{\text{н. о.} - 56,1}$	$\frac{3,5}{\text{н. о.} - 28,8}$	$\frac{0,52}{0,05-6,5}$
Ежеголовник, 31	$\frac{6,0}{\text{н. о.} - 737}$	$\frac{4,5}{\text{н. о.} - 34,4}$	$\frac{4,6}{\text{н. о.} - 34,4}$	$\frac{133}{4,94-4064}$	$\frac{0,49}{\text{н. о.} - 4,9}$	$\frac{1,8}{0,12-24,6}$	$\frac{8,1}{\text{н. о.} - 49,1}$	$\frac{21,2}{\text{н. о.} - 246}$	$\frac{0,64}{0,09-14,7}$
Маннык, 32	$\frac{0,63}{\text{н. о.} - 187}$	$\frac{3,5}{\text{н. о.} - 31,1}$	$\frac{1,8}{\text{н. о.} - 9,3}$	$\frac{6,4}{0,01-996}$	$\frac{0,19}{\text{н. о.} - 1,2}$	$\frac{1,4}{0,25-8,0}$	$\frac{6,7}{\text{н. о.} - 31,1}$	$\frac{8,3}{\text{н. о.} - 93,4}$	$\frac{0,46}{0,07-4,7}$

Примечание. В числителе указано среднее значение, в знаменателе – наименьшее и наибольшее значения; н. о. – ниже предела чувствительности метода.

Среди видов растений аномальные значения Cu зафиксированы у роголистника и рдестов, Pb – преимущественно у рдестов (рис. 9).

Концентрация исследуемых элементов в значительной степени зависит от видовой принадлежности растения (см. табл. 3). Повышенной способностью накапливать Mn обладают роголистник и телорез, Cu – роголистник, уруть и элодея, Pb – элодея, уруть и роголистник. В целом максимальными средними содержаниями большинства изученных микроэлементов (Ti, V, Mn, Ni, Cu, Zr) характеризуются харовые водоросли. Среди всех изученных видов водных растений минимальными средними концентрациями Mn отличаются манник, тростник и осока, Cu – телорез, кувшинка и кубышка, Pb – кувшинка, кубышка, камыш.

Значительное варьирование концентраций металла в тканях растений одного вида может свидетельствовать о безбарьерном типе накопления. Наибольший размах варьирования V отмечается для роголистника, харовых водорослей, ежеголовника; Cr – рдеста, роголистника; Mn – тростника, харовых водорослей, урути; Ni – рдеста, харовых водорослей, роголистника; Cu – харовых водорослей, камыша, роголистника; Zn – харовых водорослей, рдеста; Pb – харовых водорослей.

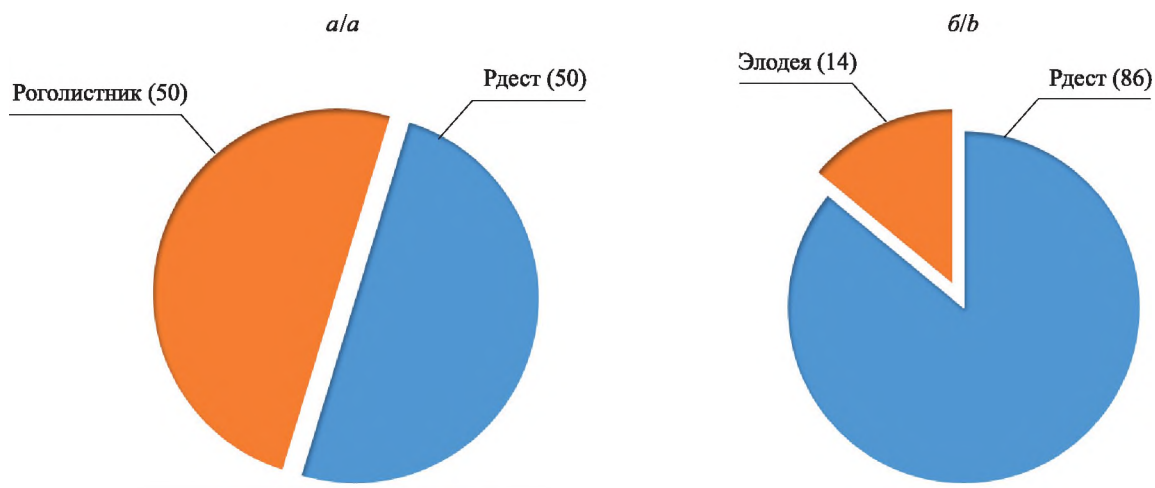


Рис. 9. Видовой состав (%) погруженных макрофитов рек с выявленными аномальными концентрациями Cu (а) и Pb (б)

Fig. 9. Species composition of submerged macrophytes with anomalous concentrations of Cu (a) and Pb (b) within rivers

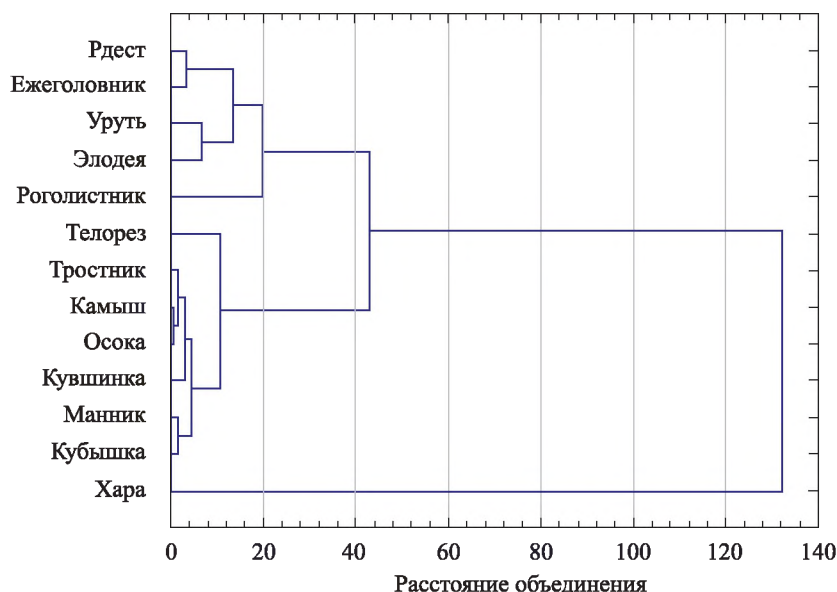


Рис. 10. Дендрограмма классификации макрофитов (метод Уорда, дистанция Евклида, стандартизированные данные)

Fig. 10. Macrophytes classification dendrogram (Ward's method, Euclidean distance, standardized data)

В ряде исследований для проведения мониторинга водных объектов предлагается использовать виды рдеста [5; 16], уруть колосистую [16] и мутовчатую [4], роголистник [4; 17].

Для группировки исследуемых растений по совокупности средних величин содержания Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr и Pb был использован иерархический кластерный анализ, по результатам которого выделено три кластера (рис. 10). К первому относится группа растений, объединяющая полностью погруженные гидрофиты (рдест, уруть, элодея, роголистник) и ежеголовник. Последний представлен двумя видами – ежеголовником всплывающим и ежеголовником прямым, относящимися к полностью погруженным и воздушно-водным гидрофитам соответственно. Растения данной группы характеризуются повышенными содержаниями исследуемых элементов (рис. 11). Второй кластер включает харовые водоросли, характеризующиеся максимальными средними содержаниями элементов (за исключением Cr). В третью группу входят воздушно-водные гидрофиты и гидрофиты (тростник, камыш, осока, манник), гидрофиты с плавающими листьями (кувшинка, кубышка) и телорез алоэвидный, относящийся к полностью погруженным гидрофитам. Растения группы отличаются пониженными средними значениями концентраций металлов. Несколько обособленное положение в рамках данной группы занимает телорез из-за повышенного среднего содержания Mn и Zr.

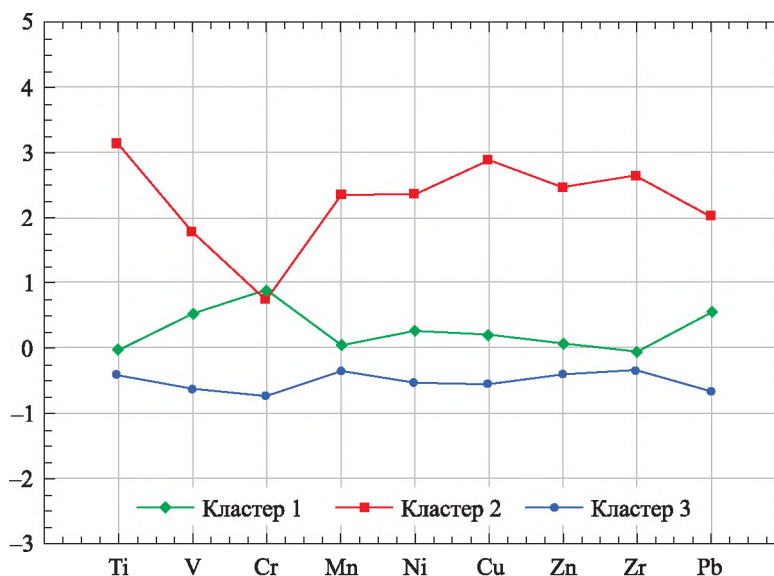


Рис. 11. График средних для каждого кластера макрофитов

Fig. 11. Graph of averages for each macrophyte cluster

Выводы

Анализ накопления тяжелых металлов водными растениями различных экологических групп показал, что погруженные растения водоемов выделяются повышенным содержанием Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb. Различия между формациями по накоплению Mn, Cu, Pb в тканях водных растений статистически значимы.

Сравнение элементного состава погруженной растительности водоемов и водотоков показало, что первая отличается более низкими зольностью и средним содержанием Ti, Mn и Cu при значительно большем диапазоне варьирования показателей.

Пространственный анализ аномальных значений Mn, Cu и Pb в погруженных макрофитах озер выявил, что около 50 % аномалий Mn и Cu приходится на озера Браславского района (озера Снуды, Обстерно, Дривяты, Волосо Ю., Богинское, Ричу). Озера Свитязь и Белое (Лунинецкий район) выделяются числом проб с аномальным содержанием Pb в погруженных макрофитах.

На основе кластерного анализа выделена группа растений в составе видов следующих родов: рдест, уруть, элодея, роголистник и ежеголовник, характеризующихся повышенными содержаниями Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Zr, Pb и рекомендуемых в качестве индикаторов загрязнения тяжелыми металлами.

Библиографические ссылки

1. Гигевич ГС, Власов БП, Вынаев ГВ. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Минск: Издательский центр БГУ; 2001.
2. Зырин НГ, Обухов АИ. Спектральный анализ почв, растений и других биологических материалов. Минск: МГУ; 1977.

3. Шиманович ВМ, Акудович СА. К методике расчета средних значений микроэлементов для выборок, усеченных нижним пределом обнаружения. *Литасфера*. 2000;13:144–147.
4. Шашуловская ЕА. О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища. *Поволжский экологический журнал*. 2009;4:357–360.
5. Гришанцева ЕС, Сафронова НС, Кирпичникова НВ, Федорова НП. Распределение микроэлементов в высшей водной растительности Иваньковского водохранилища. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2010;3:223–231.
6. Микрякова ТФ. Накопление тяжелых металлов макрофитами в условиях различного уровня загрязнения водной среды. *Водные ресурсы*. 2002;29(2):253–255.
7. Ярошевский АА. Применение математики в геохимии: некоторые типы задач и методы решения. *Соросовский образовательный журнал*. 1996;7:67–73.
8. Алексеенко ВА. *Экологическая геохимия*. Москва: Логос; 2000.
9. Matschullat J, Ottenstein R, Reimann C. Geochemical background – can we calculate it? *Environmental Geology*. 2000;39(9):990–1000. DOI: 10.1007/s002549900084.
10. Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment*. 2005;346(1–3):1–16. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.11.023.
11. Матвеев АВ, Бордон ВЕ. *Геохимия четвертичных отложений Беларуси*. Минск: Беларуская навука; 2013.
12. Лукашев КИ, редактор. *Геохимические провинции покровных отложений БССР*. Минск: Наука и техника; 1969. 476 с.
13. Петухова НН. *Геохимия почв Белорусской ССР*. Минск: Наука и техника; 1987.
14. Власов БП, Жуковская НВ, Ковальчик НВ. Содержание микроэлементов в донных отложениях водоемов и водотоков Беларуси по данным мониторинга. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2017;2:152–162.
15. Садчиков АП, Кудряшов МА. *Экология прибрежно-водной растительности*. Москва: НИИ-Природа; 2004. Совместное издание с РЭФИА.
16. Фомина АА, Тихомирова ЕИ, Кораблева АИ. Анализ содержания тяжелых металлов в высших водных растениях Волгоградского водохранилища в районе агломерации Саратов-Энгельс. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016;18(2–3):822–826.
17. Лычагин МЮ, Касимов НС, Курьякова АН, Крооненберг СБ. Геохимические особенности аквальных ландшафтов дельты Волги. *Известия РАН. Серия географическая*. 2011;1:100–113.

References

1. Gigevich GS, Vlasov BP, Vynaev GV. *Vysshie vodnye rasteniya Belarusi: ekologo-biologicheskaya kharakteristika, ispol'zovanie i okhrana* [Higher aquatic plants of Belarus: ecological and biological characteristics, use and protection]. Minsk: Publishing center of Belarusian State University; 2001. Russian.
2. Zyrin NG, Obukhov AI. *Spektral'nyi analiz pochv, rastenii i drugikh biologicheskikh materialov* [Spectral analysis of soils, plants and other biological materials]. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1977. Russian.
3. Shimanovich VM, Akudovich SA. [To the method of calculating of microelements average values in samples which are truncated by lower detection limit]. *Litasfera*. 2000;13:144–147. Russian.
4. Shashulovskaya EA. On heavy metal accumulation in higher aquatic vegetation of the Volgograd reservoir. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*. 2009;4:357–360. Russian.
5. Grishantseva ES, Safronova NS, Kirpichnikova NV, Fedorova NP. Distribution of microelements in higher aquatic plants in the Ivan'kovskoe water reservoir. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*. 2010;3:223–231. Russian.
6. Mikryakova TF. Accumulation of heavy metals by macrophytes at different levels of pollution of aquatic medium. *Vodnye resursy*. 2002;29(2):253–255. Russian.
7. Yaroshevsky AA. Mathematics for geochemistry: some types of problems and solution techniques. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal*. 1996;7:67–73. Russian.
8. Alekseenko VA. *Ekologicheskaya geokhimiya* [Ecological geochemistry]. Moscow: Logos; 2000. Russian.
9. Matschullat J, Ottenstein R, Reimann C. Geochemical background – can we calculate it? *Environmental Geology*. 2000;39(9):990–1000. DOI: 10.1007/s002549900084.
10. Reimann C, Filzmoser P, Garrett RG. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment*. 2005;346(1–3):1–16. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.11.023.
11. Matveev AV, Bordon VE. *Geokhimiya chetvertichnykh otlozhenii Belarusi* [Geochemistry of quaternary sediments of Belarus]. Minsk: Belaruskaja navuka; 2013. Russian.
12. Lukashev KI, editor. *Geokhimicheskie provintsii pokrovnykh otlozhenii BSSR* [Geochemical provinces of superficial deposits of the BSSR]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1969. 476 p. Russian.
13. Petuhova NN. *Geokhimiya pochv Belorusskoi SSR* [Geochemistry of soils of the Belorussian SSR]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1987. Russian.
14. Vlasov BP, Zhukovskaya NV, Kavalchik NV. Trace elements contents in Belarusian reservoirs and rivers bottom sediments according to monitoring. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2017;2:152–162. Russian.
15. Sadchikov AP, Kudryashov MA. *Ekologiya pribrezhno-vodnoi rastitel'nosti* [Ecology of coastal aquatic plants]. Moscow: NIA-Priroda; 2004. Co-published by the REFIA. Russian.
16. Fomina AA, Tihomirova EI, Korableva AI. The analysis of heavy metals content in the higher aquatic plants of Volgograd water storage basin around Saratov-Engels agglomeration. *Izvestiya of the Samara Science Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2016;18(2–3):822–826. Russian.
17. Lychagin MYu, Kasimov NS, Kuryakova AN, Kroonenberg SB. *Geokhimicheskie osobennosti akval'nykh landshaftov del'ty Volgi* [Geochemical specific features of aquatic landscapes of the mouth delta of the Volga river]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2011;1:100–113. Russian.

Статья поступила в редколлегию 30.09.2018.
Received by editorial board 30.09.2018.

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРОЗ И ГРАДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИП. С. ЛОПУХ¹⁾, Е. С. БЕРЕЖКОВА¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Исследуется проблема обеспечения безопасности воздушных судов при выполнении взлета-посадки. Гроза и град – наиболее опасные метеорологические явления. Для предупреждения авиационных происшествий, связанных с данными явлениями, следует четко представлять закономерности их возникновения и пространственного распределения. В связи с быстрыми темпами роста объемов пассажиро- и грузооборота в авиации необходимо иметь возможность в реальном режиме получать и предоставлять фактическую метеорологическую информацию, а также обладать качественным и заблаговременным прогнозом погоды. Для изучения пространственно-временных закономерностей распределения грозы и града выполнены обработка метеорологических инструментальных данных Белгидромета за 1989–2016 гг., анализ синоптических карт в сравнении с расчетными прогнозами (включая *WRF*) и построение карт с помощью *ArcGIS*.

Ключевые слова: авиационная метеорология; гроза; град; безопасность полетов; радиолокация; метеорологический прогноз; расчетные методы.

ANALYSIS AND FORECAST SPATIOTEMPORAL
DISTRIBUTION OF THUNDERSTORMS
AND HAIL THE TERRITORY OF BELARUSP. S. LOPUKH^a, K. S. BERAZHKOVA^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: K. S. Berazhkova (katarina0704@tut.by)

The article is devoted to the study of the problem of ensuring the safety of aircraft during take-off and landing. Thunderstorm and hail is one of the most dangerous meteorological phenomena in aviation. To prevent accidents associated with these phenomena, it is necessary to clearly understand the patterns of their occurrence and spatial distribution. In connection with the rapid growth of passenger and cargo traffic, it is necessary to be able to receive and provide actual meteorological information in real mode, as well as to be able to receive high-quality and timely weather forecast. To study the spatial-temporal patterns of the distribution of thunderstorms and hail, Belgidromet's meteorological instrumental data for 1989–2016 was processed, synoptic maps were analyzed in comparison with calculated forecasts, including *WRF*, and maps were made using *ArcGIS*.

Keywords: aviation meteorology; thunderstorm; hail; flight safety; radiolocation; meteorological forecast.

Образец цитирования:

Лопух ПС, Бережкова ЕС. Анализ и прогноз пространственно-временного распределения гроз и града на территории Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:35–45. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-35-45>

For citation:

Lopukh PS, Berazhkova KS. Analysis and forecast spatiotemporal distribution of thunderstorms and hail the territory of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:35–45. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-35-45>

Авторы:

Петр Степанович Лопух – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики.

Екатерина Сергеевна Бережкова – аспирантка кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – П. С. Лопух.

Authors:

Piotr S. Lopukh, doctor of science (geography), full professor, head of the department of earth science and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics. lopuch49@mail.ru

Katsiaryna S. Berazhkova, postgraduate student at the department of earth science and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics. katarina0704@tut.by

Введение

Цель исследования – изучение закономерностей пространственно-временного распределения грозовых явлений на территории Беларуси на основе международного и национального опыта прогнозирования погодных условий и обеспечения безопасности при взлете и посадке воздушных судов. Одной из задач является верификация прогнозной информации и оценка ее качества. В Республике Беларусь вопросами происхождения и пространственного распределения гроз занимались В. Ф. Логинов, В. И. Мельник, А. А. Волчек, И. Н. Шпока и др. [1–3]. Однако выполненные ранее исследования не касались безопасности полетов гражданской авиации. Поэтому наша работа в данной предметной области акцентируется на изучении достоверности прогноза грозы и града в целях обеспечения надежности работы гражданской авиации.

Методика исследования

В статье использовались методы Вайтинга, Решетова, Фауста для исследования метеорологической обстановки на этапе взлета и посадки воздушных судов [4]. Это позволило, на наш взгляд, всесторонне изучить закономерности распределения гроз и града и возможности прогнозирования их возникновения.

Фактические материалы по грозам и граду как опасным явлениям были получены по результатам наблюдений за период с 1989 по 2016 г., для анализа оправдываемости метеорологического прогноза использовались данные за апрель и май 2018 г. на 49 метеорологических станциях, зафиксированные в электронной базе (рис. 1). В экспериментальной части исследования сопоставлялись прогнозные данные по зафиксированным опасным явлениям. На этом этапе была протестирована эффективность численных методов прогнозирования метеорологической обстановки с реальными данными. После анализа полученных материалов выявлены характерные признаки, особенности, свойства опасных явлений и возможности численного метода прогнозирования.

Материалы обработаны с помощью статистических и математических методов *WRF* (Weather Research and Forecasting), позволивших найти достоверные характеристики пространственно-временного распределения изучаемых опасных явлений и представить их в виде графиков, диаграмм, таблиц [5; 6].

Обработка данных Белгидромета за предшествующее опасным погодным явлениям время (в апреле и мае 2018 г.) проводилась в соответствии с метеорологическими сроками в электронном виде. В зависимости от указанного явления фактическая метеорологическая информация (направление и скорость ветра, температура, точка росы, виды облачности, метеорологические явления, атмосферное давление и т. д.) собирается за 6–24 ч до его начала.

Сбор сопровождающей метеорологической информации осуществлялся по той же программе во время прохождения опасного для авиации явления. Одновременно метеоданные фиксировались с помощью радиолокаторов.

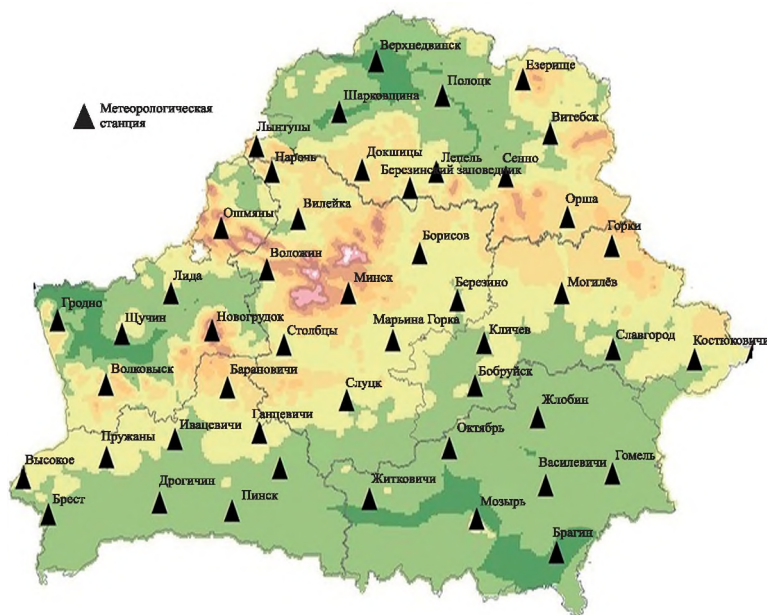


Рис. 1. Сеть метеорологических станций на территории Беларуси
Fig. 1. The system of meteorological stations in Belarus

Верификация радиолокационных метеорологических данных производилась путем сравнения их с фактическими данными метеостанций. При этом недостоверные материалы изымались из базы и в расчетах не участвовали, а достоверные принимались за основные и применялись при пространственном анализе исследуемых опасных явлений.

В работе использовались данные системы глобальных прогнозов (GFS) и модель прогноза погоды, созданная национальными центрами экологического прогнозирования (NCEP) [7]. Через предлагаемый набор данных можно получить десятки переменных параметров атмосферы (от температур, ветра и осадков до концентрации атмосферного озона). GFS покрывает весь земной шар при базовом горизонтальном разрешении 18 миль (28 км) между точками сетки, которое используется оперативными синоптиками для прогноза погоды до 16 дней. Горизонтальное разрешение снижается до 44 миль (70 км) между узлами сетки для прогнозов от 1 до 2 недель. GFS представляет собой связанную модель, состоящую из 4 отдельных моделей (модель атмосферы, модель океана, модель почвы и модель морского льда), совместная работа которых обеспечивает точную картину погодной обстановки. Для улучшения прогноза в модель GFS вносятся изменения. Данные в виде сетки доступны для загрузки через национальную оперативную модель архивации и распространения NOAA (NOMADS) [8].

Материалы GFS позволяют обработать метеорологическую информацию с помощью программы *WRF* и использовать ее для усовершенствования процесса оперативного прогнозирования, необходимого для гражданской авиации. Увеличение временного и пространственного разрешений моделей помогает проследить эволюцию синоптических систем и идентифицировать развитие локальных атмосферных процессов. С помощью *WRF* можно провести проверку прогнозов конвективных явлений в теплый сезон, что особенно важно для гражданской авиации. Каждый расчет, составленный на 48 ч, осуществлен в двух пространственных разрешениях: 15 и 3 км. Визуализация фактических метеорологических данных выполнена с помощью программного продукта *ArcGIS* методом равных интервалов.

Результаты и их обсуждение

Гроза – это атмосферное явление, при котором наблюдаются многократные электрические разряды (молнии) между облаками или между облаками и землей, сопровождаемые звуковым явлением (громом). Обычно при грозе выпадают обильные осадки в виде дождя, града и в очень редких случаях – в виде снега. Иногда отмечаются грозы и без осадков, их называют сухими грозами. Грозы бывают двух основных типов: внутримассовые и фронтальные.

Внутримассовые грозы образуются во влажном и неустойчивом воздухе внутри воздушных масс. Наиболее распространенной внутримассовой грозой является тепловая, или местная, гроза, возникающая в результате нагрева воздуха от подстилающей поверхности. Тепловые грозы наблюдаются летом после полудня и рассеиваются вечером. Внутримассовые грозы обычно образуются изолированно или располагаются друг от друга на расстоянии 20–30 км, поэтому самолет может свободно обходить их.

Фронтальные грозы развиваются на холодных и теплых фронтах, а также на фронтах окклюзии.

Грозы на холодных фронтах наиболее сильные, они возникают вследствие мощного подъема теплого воздуха по клину холодного воздуха. В результате в передней части холодного фронта в теплое время года образуются мощные кучево-дождевые (грозовые) облака с ливнями, нередко с градом и со шквалами, достигающими ураганной силы. Грозы на холодном фронте усиливаются во вторую половину дня и ослабевают к второй половине ночи и утром [9–11].

Грозы на теплом фронте – сравнительно редкое явление, они развиваются в теплом неустойчивом воздухе, восходящем по клину холодного воздуха. Кучево-дождевые облака бывают скрыты слоистообразными облаками. Характерным для гроз на теплом фронте является то, что наиболее активными они бывают в вечерние и ночные часы.

Опасность для самолета и экипажа представляют мощные восходящие и нисходящие потоки воздуха внутри кучево-дождевых облаков и в непосредственной близости к ним, а также возможный разряд молнии в самолет [2; 12].

Как видно из рис. 2, на территории Беларуси наблюдается тенденция увеличения числа дней с грозами с северо-запада на юго-восток и на юго-запад. Максимальных значений данный показатель достигает в Гомельской области и на стыке Гродненской и Брестской областей и составляет более 29,0 дня. Абсолютный максимум – 33,3 дня – зафиксирован на метеорологической станции Житковичей. Минимальные значения количества дней с грозами регистрируются в южной части Брестской и в Витебской области, где этот показатель снижается до 17,0 дня. Абсолютный минимум, равный 18,3 дня, зафиксирован на метеорологической станции Пинска.

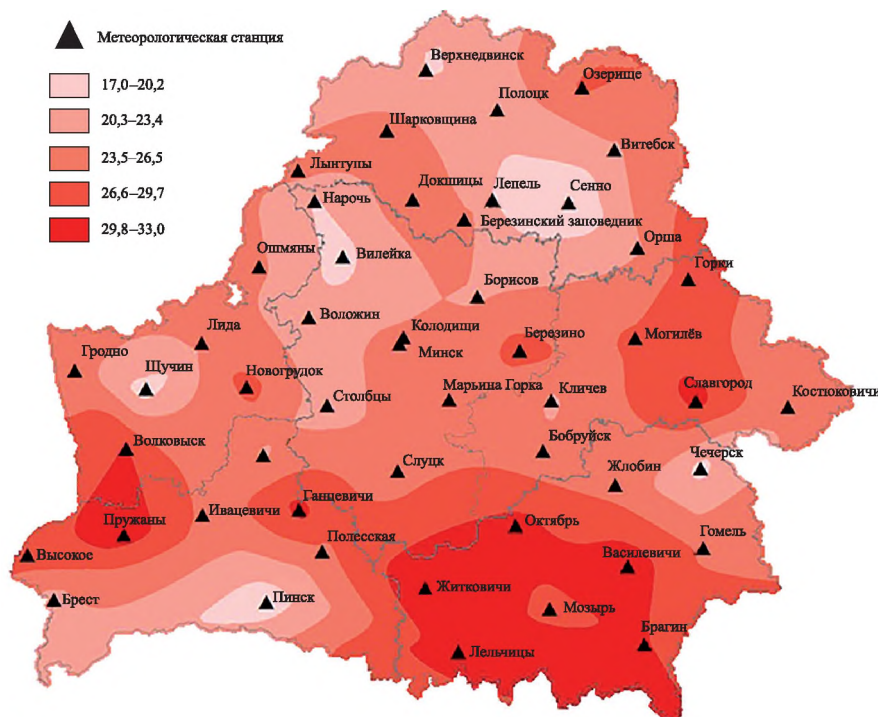


Рис. 2. Пространственное распределение среднегодового количества дней с грозой за 1989–2016 гг.

Fig. 2. Spatial distribution of the average annual number of days with a thunderstorm for the period from 1989 to 2016

Анализируя хронологический ход многолетнего среднеемесячного количества дней с грозой в республике за 1989–2016 гг. (рис. 3), можно отметить, что максимальное количество грозовых дней фиксируется в июле (7,3 дня), а минимальное – в январе (0). Среднеемесячный показатель составляет 2,1 дня. Грозовым период в течение года начинается в апреле и завершается в октябре, т. е. характерен только для весенне-летнего навигационного периода. Однако в последнее время из-за более «размазанного» изменения температур в течение года фиксируются отдельные случаи возникновения грозовой деятельности в феврале, марте, ноябре и даже декабре. Из вышеизложенного следует, что в результате глобального потепления климат Беларуси зимой смягчается, а в теплое время года учащаются случаи грозовых явлений.

Из хронологического хода среднегодового количества грозовых дней на территории республики за 1989–2016 гг. видно (рис. 4), что максимальное число дней с грозой фиксируется на отметке 37,5 в 2010 г., а минимальное – на отметке 18,1 в 2015 г. Среднегодовой показатель составляет 25,3 дня. Линия тренда (пунктир на рис. 4) показывает тенденцию роста среднегодового числа грозовых дней, связанных с потеплением климата.

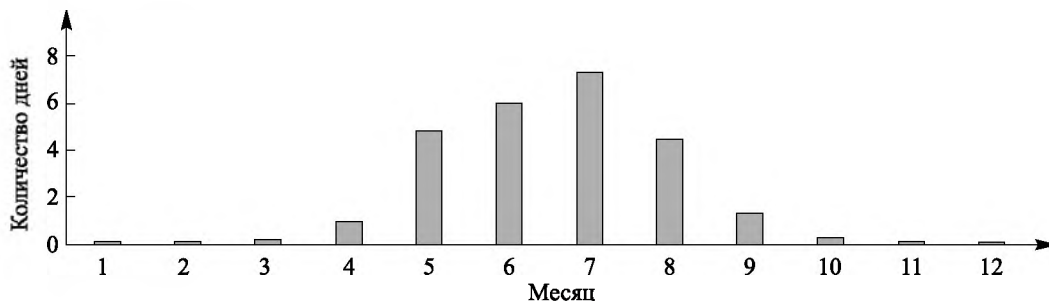


Рис. 3. Хронологический ход многолетнего среднеемесячного количества дней с грозой за 1989–2016 гг.

Fig. 3. Chronological course of the perennial average monthly number of days with a thunderstorm for the period from 1989 to 2016

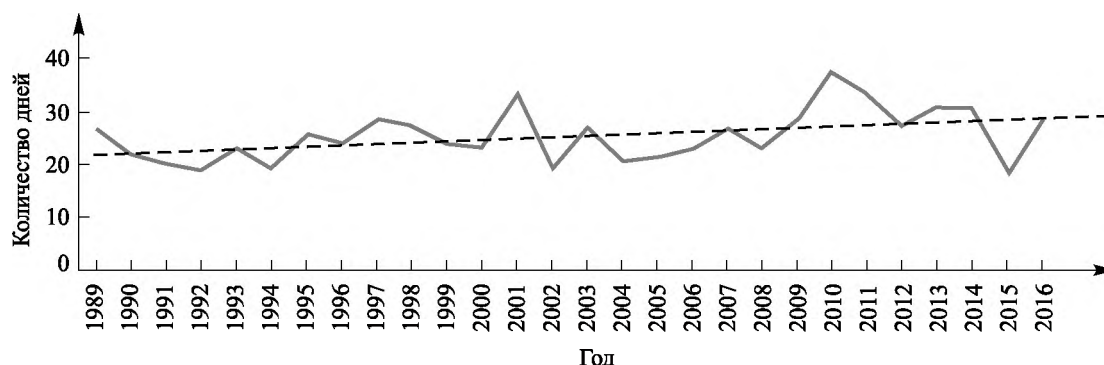


Рис. 4. Хронологический ход среднегодового количества грозных дней за 1989–2016 гг.

Fig. 4. Chronological course of the average annual number of thunderstorm days for the period from 1989 to 2016

Опасным явлением, наблюдаемым при грозе, является град – атмосферные осадки, выпадающие из кучево-дождевых облаков в виде частичек льда, преимущественно в летний период во время грозы, в большинстве случаев сопутствуя ливням. Попадание в зону града вызывает серьезное техническое повреждение воздушного судна. Длина пробега самолета изменяется при посадке на мокрую взлетно-посадочную полосу, что может привести к выкатыванию за ее пределы [4; 13].

На территории республики град чаще выпадает на наветренных склонах возвышенностей (Новогрудской, Минской и Витебской). Такое распределение также характерно для общего количества гроз, шквалов, осадков. Из этого можно сделать вывод о взаимосвязи вышеуказанных явлений. Для получения географии распределения среднегодового количества дней с градом по республике была составлена карта, представленная на рис. 5.

Относительно отрицательных тенденций предыдущих десятилетий выявлен скачок среднегодового количества дней с градом, которое в настоящее время составляет 0,8 дня, что выше предыдущих показателей. К примеру, с 1988 по 2008 г. этот показатель был 0,6 дня (по данным И. Н. Шпока). Общая тенденция распределения сохранилась. Увеличение среднегодового количества дней с градом происходит от низин к возвышенностям. В течение года максимальное количество града выпадает в теплый сезон (апрель – октябрь), для которого характерны конвективные явления. Однако необходимо указать, что в последнее время (начиная с 2005 г.) отмечаются дни с градом в феврале, марте, ноябре и даже декабре. Этот факт свидетельствует о смягчении климата в холодные месяцы и, как следствие, о его потеплении.

Проанализировав рис. 6, можно отметить месяцы с максимальным и минимальным количеством дней с градом – июнь (0,25 дня) и январь (0) соответственно.

Анализ данных рис. 7 показал, что максимальное число дней с градом наблюдалось в 2014 г. (1,6 дня), а минимальное – в 1994 г. (0,2 дня). Среднегодовой показатель составляет 0,8 дня. Линия тренда (пунктир на рис. 7) показывает тенденцию роста количества дней с градом в году. Данный факт говорит об увеличении конвективных явлений, способствующих образованию града, и, как следствие, о потеплении климата.

Для более детального рассмотрения грозных явлений была составлена выборка грозных дней, подобраны фактические метеорологические и радиолокационные, а также прогностические данные Белгидромета, полученные с помощью программного продукта *WRF*. Всего было зафиксировано 8 грозных дней в апреле и мае 2018 г. (табл. 1 и 2). Также подобрана и проанализирована фактическая метеорологическая обстановка за сутки до появления грозных явлений (по данным Белгидромета). Все рассмотренные грозные дни характеризуются воздействием циклонической деятельности (прохождение холодного, теплого фронтов и фронта окклюзии).

Для образования грозного фронта необходимы три основные составляющие: 1) влага (весенний период на территории республики характеризуется наличием большого количества влаги в воздухе в связи с таянием снежного покрова, осадками, которые, в свою очередь, испаряются, насыщая воздух); 2) перепад давления (в течение исследуемых грозных дней наблюдалась циклоническая деятельность, которая характеризуется перепадами атмосферного давления); 3) мощная энергия (в отличие от зимнего периода весенний характеризуется наличием мощной энергии Солнца) [14]. Таким образом, исследуемые грозы относятся к фронтальным грозам, типичным и наиболее распространенным на территории республики.

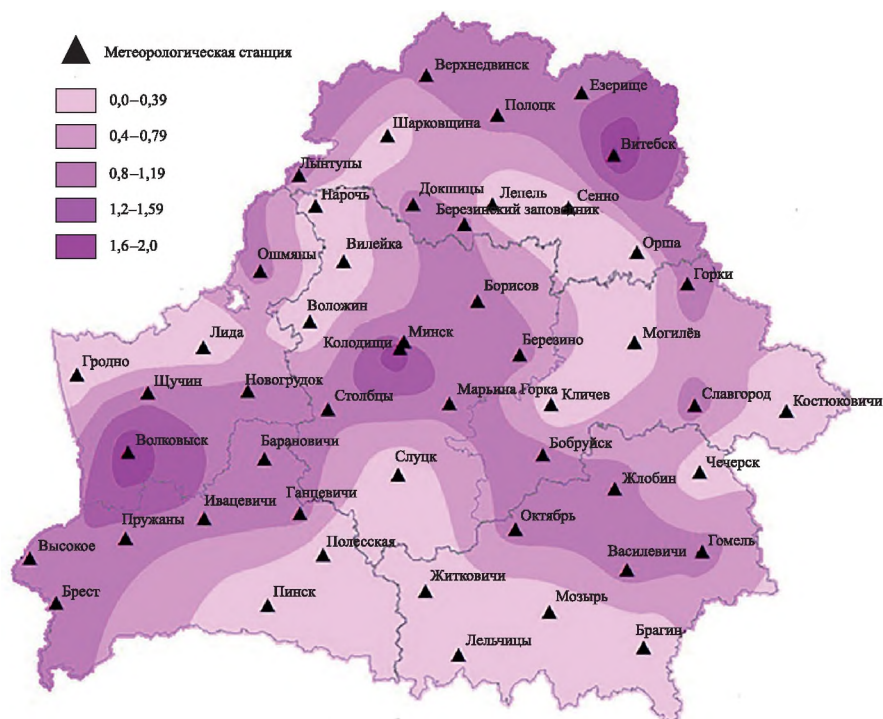


Рис. 5. Пространственное распределение среднегодового количества дней с градом за 1989–2016 гг.

Fig. 5. Spatial distribution of the average annual number of days with hail for the period from 1989 to 2016

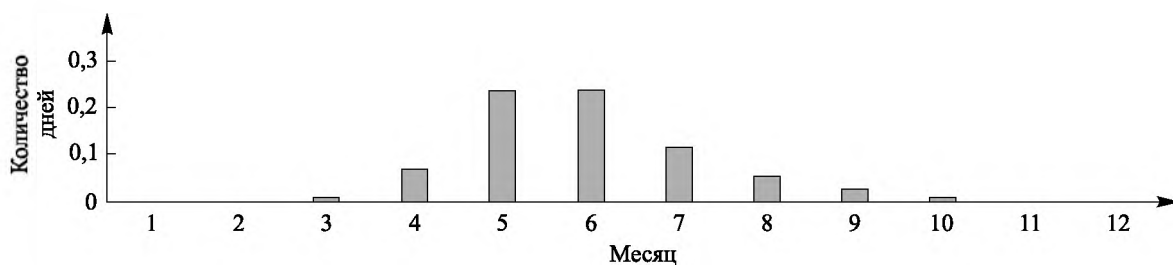


Рис. 6. Хронологический ход многолетнего среднесесячного количества дней с градом за 1989–2016 гг.

Fig. 6. Chronological course of the perennial average monthly number of days with hail for the period from 1989 to 2016

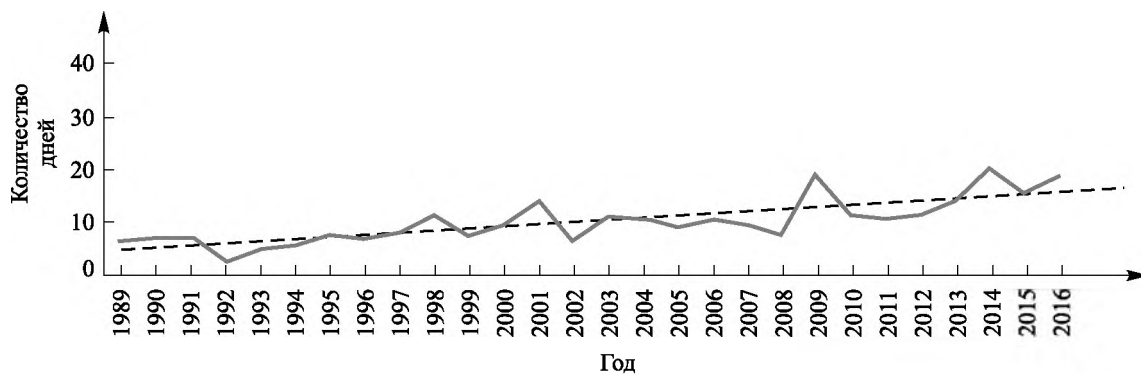


Рис. 7. Хронологический ход среднегодового количества дней с градом за 1989–2016 гг.

Fig. 7. Chronological course of the average annual number of days with hail for the period from 1989 to 2016

Таблица 1

Синоптическая обстановка грозовых и предшествующих дней в 2018 г.

Table 1

Synoptic situation of thunderstorm and the days before them in 2018

Дата	Синоптическое состояние	Температура на уровне 850 гПа, °С	Опасное явление
16.04	Теплый сектор циклона	8	–
17.04	Фронт окклюзии	10	Гроза, град
20.04	Наступление теплого фронта	3	–
21.04	Прохождение теплого фронта, перемещение в теплый сектор циклона	8	Гроза
23.04	Холодный фронт	0	–
24.04	Прохождение теплого фронта, перемещение во фронт окклюзии	4	Гроза
26.04	Наступление холодного фронта	4	–
27.04	Холодный фронт	2	Гроза, град
28.04	Прохождение холодного фронта	2	–
29.04	Приближение теплого фронта	6	Гроза, град
30.04	Прохождение теплого фронта, перемещение в теплый сектор циклона	11	Гроза, град
01.05	Фронт окклюзии	12	Гроза, град
17.05	Выход из холодного фронта, фронт окклюзии	10	–
18.05	Наступление холодного фронта	8	Гроза, град

Примечание. Во все дни наблюдалась тенденция падения атмосферного давления.

При анализе радиолокационных метеорологических данных (табл. 2) выявлены единичные случаи погрешности в определении грозовой локации по отношению к фактическим данным. Погрешность составила от 1 до 10 км относительно метеостанции. Данная погрешность отмечается на расстоянии от 150 км и далее от места расположения лоатора. Такая ситуация может быть обусловлена географическими условиями местности, что, в свою очередь, искажает скорость возврата радиоволны в приемное устройство лоатора. Однако стоит отметить, что указанная погрешность может быть допустимой и учитываться путем расширения границ метеорологического прогноза, т. е. при фактической грозе на метеорологической станции локацию грозы, зафиксированной с помощью доплеровского метеорологического радиолокатора (ДМРЛ), допустимо считать оправданной при удаленности от метеорологической станции до 10 км. Можно выделить положительные моменты использования данных ДМРЛ. Во-первых, эти данные актуальны и заблаговременны (от 1,5 до 3,0 ч в зависимости от скорости ветра). Во-вторых, они могут быть получены вне зависимости от наличия метеорологической станции.

На примере рассматриваемых грозовых дней можно прийти к выводу, что 35 % грозовых очагов не были зафиксированы ввиду отсутствия метеостанций на определенных территориях и 95 % случаев града – ввиду их точечных локаций (табл. 3). Также необходимо отметить, что из 53 случаев грозы и (или) града, зафиксированных на метеорологических станциях за рассматриваемый период, 50 случаев зарегистрировано с помощью ДМРЛ, что соответствует 94 %. Это довольно высокий уровень оправдываемости. Если же говорить о выпадении града, то важным моментом является то, что даже расширение метеорологической сети не позволяет обнаруживать его локацию в 100 % случаев.

Сравнительная характеристика фактических (I) и радиолокационных (II) метеорологических данных, а также данных, полученных с помощью расчетных методов *WRF* (III) в 2018 г.

Table 2

Comparative characteristics of actual meteorological (I) data, radar meteorological data (II) and data obtained using calculation methods in the *WRF* (III) in 2018

Радиус охвата территории радиолокатором, км	Метеорологическая станция	I								II								III							
		Апрель						Май		Апрель						Май		Апрель						Май	
		17	21	24	27	29	30	1	18	17	21	24	27	29	30	1	18	17	21	24	27	29	30	1	18
До 50	Минск								++			+	P ₁	P ₁						+	P ₁	P ₁			
	Марьина Горка					+		+						P ₁		+						P ₁		+	
	Борисов								+	P ₁		+						P ₁		+					
До 100	Березино									P ₁				P ₁				P ₁				P ₁			
	Кличев					+		+	+	P ₁				+		+		P ₁				+		+	
	Слуцк	+						++	+	+				P ₁		+		+				P ₁		+	
	Столбцы					+		+		P ₁			P ₁	+P ₂		+		P ₁			P ₁	+P ₂		+	
	Вилейка												P ₁			P ₁					P ₁			P ₁	
До 200	Лынтупы				+			+	+				+								+			+	
	Нарочь						+	+	+				P ₁		+	+					P ₁		+	+	
	Докшицы						+	+	+				P ₁		+	+P ₂					P ₁		+	+	
	Шарковщина							+	+							+								+	
	Полоцк							++	+				P ₁			++					P ₁			+	
	Сенно		Н				Н	Н			P ₁				+	+			P ₁				+	+	
	Орша		+				+		+		+			P ₁	+P ₂				+			P ₁	+P ₂		
	Горки					+	+		+					+	+	P ₁ P ₂						+	+	P ₁ P ₂	
	Могилёв	+	+			+	+		+	+	+			+	P ₁	++		+	+			+	P	++	
	Славгород						+				+			P ₁ P ₂	P ₁				+			P ₁ P ₂	P ₁		
	Бобруйск							+	+							P ₁ P ₂								P ₁ P ₂	

Радиус охвата территории радио-локатором, км	Метеорологическая станция	I								II								III							
		Апрель						Май		Апрель						Май		Апрель						Май	
		17	21	24	27	29	30	1	18	17	21	24	27	29	30	1	18	17	21	24	27	29	30	1	18
До 200	Жлобин					+			+	P ₁ P ₂				+				P ₁ P ₂				+			
	Октябрь							+	+	P ₁	P ₁					+P ₂		P ₁	P ₁					+P ₂	
	Василевичи							+	+							++								++	
	Житковичи				+			+	+				P ₁	P ₁		+					P ₁	P ₁		+	
	Полесская					+		+						+		P ₁						+		P ₁	
	Ганцевичи					+			+				P ₁	P ₁							P ₁	P ₁			
	Барановичи													P ₁ P ₂								P ₁ P ₂			
	Новогрудок				++		+	+	+	P ₁			+	P ₁	P ₁	+P ₂		P ₁			++	P ₁	P ₁	+P ₂	
	Лида				+			+	+				P ₁		+P ₂	+P ₂					P ₁		+P ₁	+P ₁	
	Воложин												P ₁			P ₁				P ₁				P ₂	
	Ошмяны				++		+	+	+				+	P ₁	+P ₂	+				++	P ₁		+P ₂	+	
	Поставы	Н			Н				Н	+			P ₁				+	+			P ₁				+
	Новолукомль	Н	Н	Н	Н			Н		+	P ₂	P ₁	P ₁			++		+	P ₂	P ₁	P ₁			++	
	Осиповичи	Н				Н				P ₁				P ₁				P ₁				P ₁			
	Солигорск	Н							Н	P ₁ P ₂					P ₁ P ₂			P ₁ P ₂							P ₁ P ₂
	Любань	Н							Н	P ₁ P ₂				++				P ₁ P ₂							++
	Лепель			Н	Н		Н	Н				+	P ₁		+P ₂	++				+	P ₁		+P ₂	++	
	Молодечно				Н	Н		Н	Н				+P ₂	P ₁		++	P ₁				+P ₂	P ₁		++	P ₁
	Светлогорск					Н		Н	Н					++		+P ₂	P ₁					++		+P ₂	P ₁
Более 200	Витебск						+	+			P ₁				+P ₂	+P ₂	++		P ₁					+P ₂	++

Примечание. Знак + соответствует грозе; знак ++ означает грозу с градом; P₁, P₂ – гроза или град соответственно в радиусе 1–10 км от метеорологической станции; Н – нет данных.

Таблица 3

Число зафиксированных случаев грозы и града (2018)

Table 3

Number of recorded cases of thunderstorms and hail (2018)

Дата		Метеостанция		ДМРЛ	
		Гроза	Град	Гроза	Град
Апрель	17	2	0	15	2
	21	2	0	7	0
	24	0	0	4	0
	27	5	2	17	1
	29	8	0	20	4
	30	8	0	12	5
Май	1	18	0	26	19
	18	22	0	30	12
Итого		65 (54)	2 (5)	121 (100)	43 (100)

Примечание. В скобках указана доля в процентах.

Заключение

В последние годы из-за более низких амплитуд температур в течение года фиксируются отдельные случаи возникновения грозовой деятельности в феврале, марте, ноябре и даже декабре, хотя грозовой период начинается в апреле и завершается в октябре, т. е. характерен только для весенне-летнего навигационного периода.

Что касается прогноза конвективных явлений, то высокой точностью прогноза обладают радиолокационные методы. Однако заблаговременность их невысокая (от 1 до 3 ч). Большой заблаговременностью (48 ч) характеризуются численные методы, реализованные с помощью программного продукта *WRF*. Точность их снижается при увеличении периода прогноза. Заблаговременность авиационных прогнозов по аэродрому и маршруту полета – 24 ч на аэродромах Минск-2 и Гомель. На аэродромах Брест, Витебск, Гродно, Могилёв и Орша прогноз составляется с заблаговременностью 9 ч. Из вышесказанного можно сделать вывод, что при совместном использовании радиолокационных данных и данных *WRF* увеличивается точность прогноза. Также будет эффективным использование этих данных при площадном прогнозе.

Картографические материалы целесообразно применять при составлении прогнозов на более ранней стадии прогнозирования опасных явлений в целях обеспечения безопасности полетов.

Библиографические ссылки

1. Волчек АА, Шпока ИН. Изменчивость количества гроз на территории Беларуси. В: *Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий. Материалы V Международной научно-практической конференции; 23–25 октября 2003 г.; Гомель, Беларусь*. Гомель: Гомельский государственный университет; 2003. с. 35–37.
2. Логинов ВФ, Волчек АА, Шпока ИН. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси. В: *Природопользование. Сборник научных трудов. Выпуск 12*. Минск: Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси; 2006. с. 33–40.
3. Мельник ВИ, Герменчук МГ, Комаровская ЕВ. Изменения основных климатических параметров и повторяемость опасных гидрометеорологических явлений в Республике Беларусь. В: *Материалы постоянно действующего семинара при Парламентском собрании Союза Беларуси и России по вопросам строительства Союзного государства*. Минск: Центр системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси; 2010. с. 135–146.
4. Воробьев ВИ. *Синоптическая метеорология*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1981. 172 с.
5. Аргучинцева АА. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений. Иркутск: Иркутский государственный университет; 2007. 106 с.
6. Дегтярев АС, Драбенко ВА, Драбенко ВА. *Статистические методы обработки метеорологической информации*. Санкт-Петербург: Андреевский издательский дом; 2015. 225 с.
7. National Weather Service for Environmental Prediction [Internet]. Houston, 1970 [cited 2017 January 18]. Available from: <http://www.ncep.noaa.gov>.
8. NOAA Earth System Research Laboratory [Internet]. Houston, 1970. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory [cited 2017 January 18]. Available from: <https://www.esrl.noaa.gov>.

9. Астапенко ПД, Баранов АМ, Шварев ИМ. *Авиационная метеорология*. Москва: Транспорт; 1985. 433 с.
10. Баранов АМ, Солонин СВ. *Авиационная метеорология*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1981. 384 с.
11. Матвеев ЛТ. *Основы общей метеорологии. Физика атмосферы*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1984. 752 с.
12. Бэр А. Опасные явления погоды и их прогноз. *КиЯ*. 2011;1(229):82–85.
13. Арабаджи ВИ. *Гроза и грозовые процессы*. Минск: Издательство БГУ им. Ленина; 1960. 242 с.
14. Богаткин ОГ, Еникеева ВД. *Анализ и прогноз погоды для авиации*. Ленинград: Гидрометеиздат; 1992. 272 с.

References

1. Volchek AA, Shpoka IN. [Variability of the number of thunderstorms on the territory of Belarus]. In: *Ekologicheskie problemy Poles'ya i sopredel'nykh territorii. Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii; 23–25 oktyabr' 2003 g.; Gomel', Belarus'* [Environmental problems of Polesie and adjacent territories. Proceedings of the V International Scientific Conference; 2003 October 23–25; Gomel, Belarus]. Gomel: Gomel State University; 2003. p. 35–37. Russian.
2. Loginov VF, Volchek AA, Shpoka IN. [Dangerous meteorological phenomena in the territory of Belarus]. In: *Prirodopol'zovanie. Sbornik nauchnykh trudov. Vypusk 12* [Nature Management. Collection of scientific papers. Volume 12]. Minsk: Institut problem ispol'zovaniya prirodnikh resursov i ekologii Natsional'noi akademii nauk Belarusi; 2006. p. 33–40. Russian.
3. Melnik VI, Germenchuk MG, Komarovskaya EV. [Changes in the main climatic parameters and the recurrence of dangerous hydrometeorological phenomena in the Republic of Belarus]. In: *Materialy postoyanno deistvuyushchego seminara pri Parlament-skom sobranii Soyuzna Belarusi i Rossii po voprosam stroitel'stva Soyuznogo gosudarstva* [Materials of the permanent seminar at the Parliamentary Assembly of the Union of Belarus and Russia on the construction of the Union State]. Minsk: Tsentr sistemnogo analiza i strategicheskikh issledovaniy Natsional'noi akademii nauk Belarusi; 2010. p. 135–146. Russian.
4. Vorob'ev VI. *Sinopticheskaya meteorologiya* [Synoptic meteorology]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1981. 172 p. Russian.
5. Arguchinsteva AA. *Metody statisticheskoi obrabotki i analiza gidrometeorologicheskikh nablyudenii* [Methods of statistical processing and analysis of hydrometeorological observations]. Irkutsk: Irkutsk State University; 2007. 106 p. Russian.
6. Dektiarev AS, Drabenko VA, Drabenko VA. *Statisticheskie metody obrabotki meteorologicheskoi informatsii* [Statistical methods for processing meteorological information]. Saint Petersburg: Andreevskii izdatel'skii dom; 2015. 225 p. Russian.
7. National Weather Service for Environmental Prediction [Internet]. Houston, 1970 [cited 2017 January 18]. Available from: <http://www.ncep.noaa.gov>.
8. NOAA Earth System Research Laboratory [Internet]. Houston, 1970. U.S. Department of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration Earth System Research Laboratory [cited 2017 January 18]. Available from: <https://www.esrl.noaa.gov>.
9. Astapenko PD, Baranov AM, Shvarev IM. *Aviatsionnaya meteorologiya* [Aviation meteorology]. Moscow: Transport; 1985. 433 p. Russian.
10. Baranov AM, Solonin SV. *Aviatsionnaya meteorologiya* [Aviation meteorology]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1981. 384 p. Russian.
11. Matveev LT. *Osnovy obshchei meteorologii. Fizika atmosfery* [Basics of general meteorology. Atmosphere physics]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1984. 752 p. Russian.
12. Ber A. [Dangerous weather phenomena and their forecast]. *KiYa*. 2011;1(229):82–85. Russian.
13. Arabadzhi VI. *Groza i grozovye protsessy* [Thunderstorm and thunder processes]. Minsk: Izdatel'stvo BGU im. Lenina; 1960. 242 p. Russian.
14. Bogatkin OG, Enikeeva VD. *Analiz i prognoz pogody dlya aviatsii* [Analysis and weather forecast for aviation]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1992. 272 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 11.10.2018.
Received by editorial board 11.10.2018.

УДК 551.5:633.491(476)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О. В. ДАВЫДЕНКО¹⁾, П. С. ЛОПУХ¹⁾

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

Выполнен анализ динамики термических условий за 1961–1988 и 1989–2015 гг., а также смежные десятилетия исследуемого периода. Оценивались изменения средних температур отдельных месяцев года, высоких средних и максимальных суточных температур, а также продолжительности активной вегетации картофеля и сумм активных температур. Установленный рост средних годовых температур составил 0,4 °С за десятилетие. При этом в первой половине периода вегетации картофеля (май – июнь) термические тенденции неоднозначны, тогда как во второй (июль – август) преобладает рост средних температур воздуха. Повышение летних температур сопровождается увеличением распространенности негативного термического воздействия на урожайность картофеля, которое подтверждается отрицательными коэффициентами корреляции отклонений урожайности картофеля от линий трендов и таких показателей, как температура воздуха в июле и число жарких дней (со средней температурой выше 20 °С и максимальной выше 30 °С). Статистическая достоверность корреляции между отклонениями урожайности картофеля от линий трендов и июльскими температурами подтверждается лишь в 1989–2015 гг. и охватывает 60 административных районов. В большинстве оставшихся районов коэффициенты корреляции отрицательны. Установлено, что предложенное и обоснованное критическое значение числа дней с максимальной температурой выше 30 °С (10 и более) определяет более трети отрицательных отклонений урожайности картофеля на большей части территории страны, а вероятность его негативного влияния в современный период составляет 70 %. При этом снижение урожайности в среднем равно 12,7 ц/га (8 %). Обнаружено, что наиболее неблагоприятный жаркий период приходится на время клубнеобразования и роста клубней картофеля, в связи с чем предложены возможные меры его адаптации к повышению температур: использование жаростойких сортов, смещение сроков посадки на более ранние даты, орошение (в случае сочетания высоких температур с недостаточным увлажнением).

Ключевые слова: температура воздуха; опасные явления погоды; жара; картофель; колебания урожайности.

Образец цитирования:

Давыденко ОВ, Лопух ПС. Влияние термических условий на урожайность картофеля в административных районах Республики Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2019;1:46–62. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-46-62>

For citation:

Davydenko OV, Lopukh PS. The influence of thermal conditions on potato yield in the administrative regions of the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2019;1:46–62. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-46-62>

Авторы:

Ольга Васильевна Давыденко – старший преподаватель кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики.

Петр Степанович Лопух – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Olga V. Davydenko, senior lecturer at the department of earth science and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics.

davol82@mail.ru

Piotr S. Lopukh, doctor of science (geography), full professor, head of the department of earth science and hydrometeorology, faculty of geography and geoinformatics.

lopuch49@mail.ru

THE INFLUENCE OF THERMAL CONDITIONS
ON POTATO YIELD IN THE ADMINISTRATIVE REGIONS
OF THE REPUBLIC OF BELARUSO. V. DAVYDENKO^a, P. S. LOPUKH^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: O. V. Davydenko (daval82@mail.ru)

The analysis of the dynamics of thermal conditions during 1961–1988 and 1989–2015, as well as the adjacent decade of the study period. Changes were estimated for the average temperatures of individual months of the year, high average and maximum daily temperatures, as well as for the duration of the active vegetation period and the sums of active temperatures. The established increase in average annual temperatures was 0.4 °C per decade. At the same time, in the first half of potato vegetation (May – June) the thermal trends are ambiguous, while in the second half (July – August) the increase of average air temperatures prevails. The increase in temperatures in the summer months is accompanied by an increase in the prevalence of negative thermal effects on potato yields, which is confirmed by negative correlation coefficients of potato yield deviations from trend lines and indicators such as the air temperature in July and the number of hot days (with an average temperature above 20 °C and a maximum temperature above 30 °C). Statistical reliability of correlation between potato yield deviations from trend lines and July temperatures is confirmed only in 1989–2015 and covers 60 administrative districts. In these and most of the remaining areas, the correlation coefficients are negative. It is established that the proposed and justified critical value of the number of days with a maximum temperature above 30 °C (10 and more) determines more than a third of the negative deviations of potato yield in most of the country, and the probability of its negative impact in the modern period is 70 %. The decrease in average yield is 12.7 c/ha (8 %). It was found that the most unfavorable hot period occurs during the tuber formation and growth of potato tubers, in connection with which possible measures of adaptation of potatoes to temperature increase are proposed: the use of heat-resistant potato varieties, the shift of potato planting dates to earlier dates, irrigation (in the case of a combination of high temperatures with insufficient moisture).

Keywords: air temperature; dangerous weather phenomena; heat; potato; productivity fluctuations.

Введение

Посевные площади картофеля на территории Республики Беларусь сократились с 1,028 млн га в 1960 г. до 277 тыс. га в 2017 г. [1], несмотря на то что данная культура названа ФАО одной из перспективных, которая может обеспечить продовольственную безопасность [2]. В указанной динамике посевных площадей картофеля в Беларуси не последнюю роль играют изменения климата.

Колебания в климатической системе порождают необходимость принятия хозяйственных решений по снижению потерь от неблагоприятных метеорологических воздействий. Предвидеть потери можно, зная критерии опасности погодных явлений, а также оптимальные значения метеорологических показателей. Условия выращивания картофеля, описываемые в различных научных и учебных изданиях, в целом совпадают или очень близки. В частности, рост картофеля начинается, когда температура почвы достигает 7–8 °C. Во время фаз бутонизации и начала цветения отмечается усиленный рост ботвы и клубнеобразование. При достаточном увлажнении почвы эффективным диапазоном температур воздуха для роста ботвы картофеля является 18–25 °C. Оптимальные температуры почвы для роста клубней составляют 17–19 °C. При температуре 28–30 °C клубнеобразование прекращается, а растения картофеля сильно угнетаются. Сумма активных температур, необходимых для роста и развития данной культуры за период вегетации, который длится от 50 до 120 и более дней, колеблется от 1000 до 1900 °C (в зависимости от сорта). Чем позже отмирает ботва, тем длиннее период роста клубней и выше урожай. Последнее обусловлено скоростью прохождения растением различных фаз развития, зависящей прежде всего от температуры окружающей среды. Так, при высокой, но неопасной температуре растение быстро развивается, проходя соответствующие фазы. Вместе с тем органическая масса, накопленная за более короткий межфазный период, несколько меньше, чем при большей продолжительности временного промежутка между фазами развития, наступающими в условиях более низких температур [3–6].

Голландские ученые отмечают, что если в течение сезона с температурами от 5 до 23 °C накапливается менее 1250 °C эффективных температур, то такой сезон следует считать слишком коротким, при котором коммерчески приемлемый урожай получить не удастся. Если же сумма температур превышает 2200 °C, то рекомендуется использовать два различных вегетационных периода (например, осенняя и весенняя культуры в средиземноморском климате или две культуры подряд в тропических высоко-

горях выше 2000 м над уровнем моря) [7]. Подобные рекомендации приводятся для Крымского полуострова, где высокие температуры летних месяцев являются одной из причин быстрого вырождения картофеля: теряются его семенные качества, снижается урожайность, ухудшаются товарные и пищевые достоинства клубней. Выращивание высококачественного семенного картофеля здесь возможно только методом летних посадок, при которых период образования и роста клубней сдвигается на более прохладный период – конец августа и весь сентябрь, а поражение картофеля вирусами резко уменьшается [8].

Согласно обобщающим исследованиям, проведенным в Международном центре по картофелю (Лима, Перу), прогнозируемое различными сценариями изменений климата повышение температуры воздуха приведет к снижению урожайности картофеля на 18–32 %, а в случае принятия мер по адаптации – на 9–18 %. Отмечается, что в высоких широтах отклонения в урожайности картофеля будут относительно невелики (в том числе положительные), а климатические изменения приведут к сдвигу времени посадки и смещению мест производства картофеля (например, в Аргентине, Канаде, Китае, Японии, Великобритании, России и Испании). Для низких широт (тропические и субтропические) наиболее вероятно введение жаростойких сортов картофеля. Максимальное снижение урожайности прогнозируется в Бангладеш, Бразилии, Колумбии и Украине (более 20 % в 2040–2069 гг.). В некоторых регионах, например в части Алжира, Марокко, Китае и Южной Африке, урожайность можно будет повысить за счет выращивания озимого картофеля (вместо осенней или весенней культуры). Ожидается, что с глобальным потеплением расширится ареал обитания колорадского жука, а более длительный вегетационный период приведет к обострению проблем фитофтороза (увеличится число генераций), что, в свою очередь, вызовет необходимость большего расхода фунгицидов [9].

Негативные тенденции в связи с распространением вредителей описываются и учеными Черногории. В результате глобального потепления в последние годы в этом регионе регистрируется массовое появление картофельной клубневой моли. Высокие температуры регулярно вызывают здесь снижение урожайности картофеля и его качества. Средняя годовая температура воздуха в 1991–2014 гг., по сравнению с 1961–1990 гг., в регионах страны увеличилась на 0,9–1,3 °C. Наибольшие величины прироста характерны для более континентальных регионов. На всей территории Черногории увеличилось число дней, когда максимальная суточная температура достигает и превышает 30 °C: на 32 % – в южной части (с 66 до 87 дней) и 94 % – в центре страны (с 16 до 31 дня) [10].

Проведенный в Польше эксперимент по изучению влияния высоких температур (25–32 °C) на растения картофеля в разные периоды роста показал, что чем раньше происходит их воздействие, тем негативнее последствия для роста и урожайности культуры. Высокие температуры также являются причиной физиологических дефектов клубней, доля которых может превышать 10 %. При таком довольно умеренном тепловом стрессе в случае благоприятных почвенно-влажностных условий возможно увеличение высоты надземной части более чем на 50 % (без специального воздействия высоких температур). Однако это может обусловить вторичное клубнеобразование и, следовательно, появление в культуре хронологически и физиологически более молодых клубней, которые в момент сбора урожая легко повреждаются. Поэтому воздействие температур может сказаться не на величине урожая, а на его качестве [11].

В нашей стране среди научных работ, посвященных современным климатическим изменениям и их последствиям для различных отраслей хозяйства (видов деятельности), следует выделить исследования под руководством академика В. Ф. Логинова, выполненные сотрудниками Института природопользования Национальной академии наук Беларуси (Г. А. Камышенко, Ю. А. Бровка, В. В. Коляда). Изучая динамику урожайности картофеля в Германии и Польше, В. Ф. Логинов пришел к выводу, что вклад погоды в изменения урожайности в этих странах меньше, чем в Беларуси, в которой метеорологическая составляющая дисперсии урожайности находилась на уровне 47 % в период 1960–2005 гг. [12]. Несколько большие цифры для погодного влияния были получены на примере картофеля в наших исследованиях [13]. Как видно, климатические условия определяют около половины дисперсии урожайности картофеля.

Принятие плановых и оперативных решений при выращивании картофеля (как и других сельскохозяйственных культур) должно базироваться на данных о текущих условиях и повторяемости опасных погодных условий в пределах конкретной территории. Учитывая глобальные тенденции термических изменений, а также повышение температур воздуха, установленное для территории Беларуси [12; 14; 15], актуальной является оценка термических условий нашей страны для выращивания картофеля. Цель проведенного исследования – выявление характера и степени влияния температур вегетационного периода на урожайность картофеля в пределах административных районов Республики Беларусь во временные отрезки 1970–1987 и 1989–2015 гг. и указанные годы в целом.

Методика исследования

По метеорологическим данным за 1961–2015 гг. выполнен анализ динамики термических условий путем сравнения значений определенных показателей за 1961–1988 и 1989–2015 гг., а также смежные десятилетия исследуемого периода. Обоснование выбора нижней границы периода исследований и его разделения на два временных отрезка приводится в работах [13; 16]. Сравнение проводилось по следующим показателям: средние и максимальные суточные температуры воздуха, число дней с высокими температурами, даты перехода температур воздуха через фиксированные пределы. Недостающие величины по двум последним показателям вычислены на основе исходных значений средних и максимальных температур воздуха. Продолжительность периода активной вегетации и суммы активных температур вычислялись по датам перехода температур воздуха через 10 °С и среднесуточным температурам воздуха.

Затем оценивалось влияние термических условий на урожайность картофеля в 1970–2015 гг. в сельскохозяйственных организациях. Доля посевных площадей последних в общей площади посевов картофеля в 2015 г. составляла около 15 %, а в 2017 г. сократилась до 10 % [1]. Несмотря на малый удельный вес принадлежащих сельскохозяйственным организациям посевов картофеля, исследования проводились именно для них. Это связано с тем, что агротехника (а вместе с ней и урожайность) в подобных организациях более инерционна, чем в хозяйствах населения. К тому же обязательная ежегодная статистическая отчетность делает такие данные более надежными.

С целью исследовать динамику урожайности картофеля исходный ряд данных был разбит на временные отрезки: 1970–1987 и 1989–2015 гг., для каждого из которых с помощью табличного процессора *Microsoft Excel* построены графики динамики урожайности в административных районах и соответствующие линии тренда (в статье приводятся лишь для территории Беларуси в целом). Для обоих временных отрезков наиболее удачной оказалась линия тренда в виде полинома третьей степени. Выбор степени полинома определялся коэффициентом детерминации (R^2): степень повышалась, если коэффициент детерминации увеличивался при этом на 0,1 и более. В связи с тем что Дрибинский район был восстановлен лишь в 1989 г., урожайность в его пределах рассматривалась только за второй временной отрезок.

Тренд отражает агротехническую составляющую урожайности, обусловленную экономическими причинами. Отклонения значений урожайности от линий трендов обусловлены главным образом метеорологическими факторами. Статистически оценив связь отклонений с метеорологическими показателями, можно установить причины колебаний урожайности. Эта методика нашла применение на постсоветском пространстве (М. В. Николаев, И. В. Свисюк, В. И. Мельник, В. В. Коляда и др.). С таким подходом соглашается и В. Ф. Логинов, отмечая на основе трендов урожайности наличие положительной роли агротехники с начала нынешнего столетия [12].

В предыдущих совместных публикациях авторов данной статьи дисперсия урожайности картофеля и ее метеорологическая составляющая рассматривались по всем административным районам Республики Беларусь [13], а влияние конкретных метеорологических показателей на отклонения урожайности картофеля от линий трендов описывалось лишь для районов, включающих один из пунктов метеонаблюдений, обеспеченных исходными данными [16]. Представляемые ныне результаты получены с учетом зависимости колебаний урожайности картофеля от температурных характеристик во всех административных районах страны. Полный охват территории осуществлен за счет расширения зоны влияния пунктов метеорологических наблюдений: для оценки воздействия погодных условий на урожайность картофеля использовались данные ближайшего к территории района пункта (рис. 1). При наличии нескольких метеопунктов вблизи района выбирался ближайший по гипсометрическому уровню.

После построения линий трендов и получения их уравнений были рассчитаны отклонения урожайности картофеля от этих трендов. Затем с помощью названного выше табличного процессора определены коэффициенты корреляции указанных отклонений урожайности и ряда термических показателей (средние температуры за отдельные месяцы, число дней со средней температурой выше 20 °С и максимальной выше 30 °С, суммы активных температур, продолжительность периода активной вегетации). Статистическая достоверность коэффициентов корреляции оценивалась на основе критерия Стьюдента. Далее выделялись метеорологические показатели, наиболее значимые по оказываемому воздействию, и показатели, отличавшиеся в первом и втором временных отрезках направленностью влияния. Кроме того, на основании средних дат наступления фаз развития картофеля (за 1989–2015 гг.) выполнен анализ распределения опасных температур в рамках периода вегетации данной культуры для трех агроклиматических областей в границах, предложенных А. Х. Шкляром. Новые области не использовались в связи с динамичностью их границ, которые автор районирования постоянно уточняет.

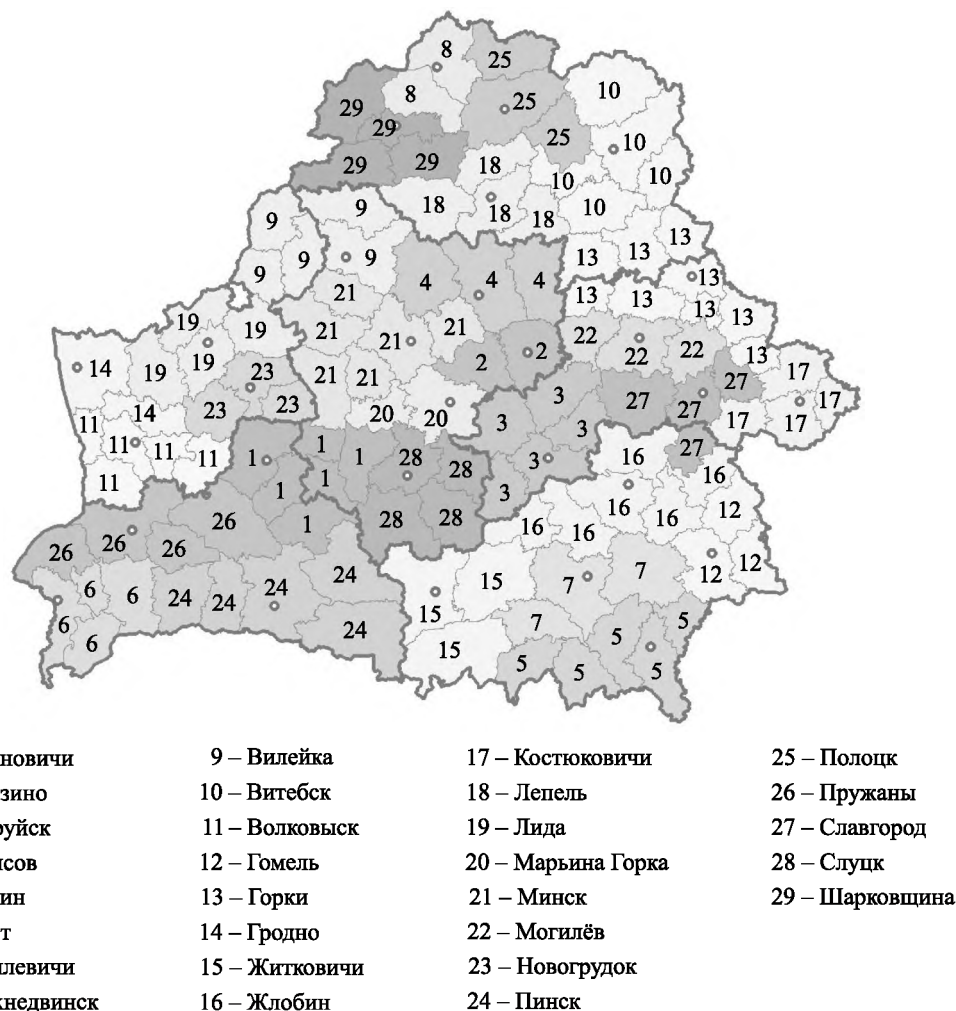


Рис. 1. Территориальная репрезентативность пунктов наблюдений

Fig. 1. Territorial representativeness of observation points

На основе коэффициентов корреляции был предложен критерий опасности температурных воздействий на урожайность картофеля. Для всех административных районов была вычислена степень влияния установленного опасного явления (условия), а также его доля среди всех лет с отрицательными отклонениями урожайности. Вычислены средние по административным районам значения отклонений урожайности от линий трендов при наличии данного явления. В завершение приведены рекомендации по адаптации картофеля к новым термическим условиям.

При исследовании использовались фондовые материалы Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (по 29 пунктам наблюдений), где были получены метеорологические данные за 1961–2015 гг., а также данные по фенологии картофеля за 1989–2015 гг.

По урожайности картофеля исходными послужили сведения из ряда статистических сборников: «Регионы Республики Беларусь»; «Сельское хозяйство Республики Беларусь»; «Основные показатели сельского хозяйства по Республике Беларусь, областям, районам». В Национальном статистическом комитете были предоставлены аналогичные двум последним сборникам издания советского периода, а также документ «Окончательные итоги фактического сбора урожая сельскохозяйственных культур» за 1980-е гг., которые позволили дополнить базу данных по урожайности картофеля. В результате была получена возможность в районном разрезе проанализировать динамику этой урожайности за 1970–2015 гг. Исходная информация отсутствует лишь за 1988 г., а для административных районов Гомельской области – и за 1992 г.

В настоящей статье акцентируется внимание на снижении урожайности картофеля под воздействием высоких температур воздуха, тогда как низкие значения температур воздуха и почвы не рассматриваются. Анализ изменения заморозкоопасности и влияния заморозков на колебания урожайности картофеля заслуживает отдельного разбора и в рамках данной статьи, очевидно, избыточен.

Графические построения для иллюстраций статьи выполнены с помощью табличного процессора *Microsoft Excel*. Картосхемы подготовлены с использованием *ArcMap* (приложения *ArcGIS*).

Результаты исследования

Выполненные расчеты показали, что в 1989–2015 гг. в сравнении с 1961–1988 гг. средние годовые температуры воздуха возросли на всех исследуемых станциях на 1,1–1,7 °С – в среднем на 1,3 °С. Такие изменения являются статистически значимыми. Рост температур по линейному тренду составил 0,4 °С за десятилетие. Потепление в различные месяцы происходило неодинаково. Наши исследования подтвердили наибольшее повышение температур воздуха в холодный период (особенно в январе – марте (1,8–4,0 °С), а также в апреле (1,2–1,9 °С)). Значения среднего по республике прироста температур воздуха в июле совпадают с апрельскими (1,6 °С) и колеблются на пунктах наблюдений от 1,2 до 2,2 °С. Температурные изменения в августе соответствуют средним годовым. Ранее, при рассмотрении периода до 2011 г., в мае и ноябре на отдельных станциях отмечалось похолодание [15]. В 1989–2015 гг. по отношению к 1961–1988 гг. для октября, ноября и мая уже выявлены незначительные положительные изменения температур воздуха. Статистически незначим их рост на большинстве пунктов наблюдений в июне и сентябре.

Сравнительный анализ изменений температур воздуха по парам смежных десятилетий выявил неоднозначность описанных тенденций (табл. 1). Основные особенности динамики температур воздуха между сравниваемыми десятилетиями сводятся к следующему. Рост средних годовых температур от десятилетия к десятилетию сохраняется и даже немного увеличивается, оставаясь на уровне в среднем около 0,4 °С за десятилетие. Выраженное повышение температур февраля отмечалось в последнее десятилетие XX в. (ему предшествовало небольшое понижение), январские температуры росли на протяжении второй половины XX в., а первое десятилетие XXI в. оказалось для этих месяцев примерно на 1 °С холоднее предыдущего.

Таблица 1

Разница средних температур воздуха для смежных десятилетий, °С

Table 1

Difference of average air temperatures for adjacent decades, °С

Месяц	Десятилетия				
	1970-е и 1960-е гг.	1980-е и 1970-е гг.	1990-е и 1980-е гг.	2000-е и 1990-е гг.	2010-е (до 2015 г.) и 2000-е гг.
Январь	1,7	1,6	1,7	–0,9	–0,3
Февраль	1,9	–0,4	2,0	–1,1	–0,2
Март	1,7	0,4	0,6	0,2	0,4
Апрель	–0,3	0,6	0,9	0,2	0,2
Май	–0,5	1,4	–1,1	0,6	1,2
Июнь	–0,3	–0,2	0,8	–0,3	1,0
Июль	–0,4	0,2	0,8	1,7	–0,1
Август	0,1	0,1	0,7	1,0	0,2
Сентябрь	–0,7	0,3	0,1	0,9	0,5
Октябрь	–1,3	1,3	–0,4	0,3	–0,2
Ноябрь	–0,1	–0,7	–0,5	2,1	1,1
Декабрь	2,1	–0,2	–0,5	0,4	2,1
Год	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5

В XXI в. замедлился рост температур марта и апреля. Рассмотренные выше незначительные изменения майских температур объясняются чередованием их падения и роста. Однако именно во время тенденции к похолоданию мая в последнее десятилетие XX в. этот месяц стал самым теплым в 1993 г. на юго-западе Беларуси. Прекращение повышения температур в июне и их незначительное снижение в начале XXI в. привели к тому, что с 2000 по 2012 г. включительно июнь не был самым теплым месяцем года. На рубеже веков активизация роста температур отчетливо заметна в июле и августе, однако после 2010 г. рост замедлился. В сентябре тенденция повышения температур воздуха заметна с 1980-х гг. Для октября, ноября и декабря окончание XX в. ознаменовалось похолоданием, когда декабрь стал самым холодным месяцем года, а начало XXI в. – потеплением, которое сильнее проявилось в ноябре, а после 2010 г. – в декабре.

Температурные тенденции в основном меняются от десятилетия к десятилетию, сохраняясь в отдельные месяцы. В 1970-х гг., в сравнении с 1960-ми, отмечался рост зимних температур. В 1980-х гг. относительно 1970-х замечен прирост температур воздуха в весенние месяцы. Для 1990-х гг. характерна тенденция повышения температур в начале календарного года и летом. В первом десятилетии XXI в. заметнее повышались температуры июля, августа и осенних месяцев. Текущее десятилетие характеризуется преимущественно ростом температуры воздуха. Наиболее заметен он в декабре и предшествующем ему ноябре, а также в мае и июне. Незначительное снижение температуры наблюдается лишь в январе, феврале, июле и октябре. Таким образом, в первой половине периода вегетации картофеля (май – июнь) термические тенденции неоднозначны, тогда как во второй (июль – август) преобладает повышение средних температур воздуха.

Даты прогревания почв до температур, благоприятных для посадки картофеля, близки к датам перехода температур воздуха через 10°C . Следовательно, динамика продолжительности активной вегетации (со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C), дат ее наступления и окончания, а также сумм активных температур (выше 10°C) отражает изменения условий возделывания картофеля. Период активной вегетации увеличился в среднем на 10 сут как по причине смещения дат устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через 10°C весной на более ранние сроки (3–10 сут), так и в связи с более поздним завершением этого периода осенью (1–7 сут). Время со средними суточными температурами выше 10°C в 1989–2015 гг. длится от 143 сут в Лынтупах до 168 сут в Бресте. В исследуемом периоде динамика сумм активных температур согласуется с динамикой средних месячных температур и, в свою очередь, обусловлена изменением как последних, так и продолжительности активной вегетации. В период активизации климатических изменений суммы активных температур в среднем по пунктам метеорологических наблюдений увеличились на 235°C (рис. 2, а). Рост сумм активных температур отличается территориальной неоднородностью: наиболее обширная область прироста расположена на западе республики, а также вблизи Витебска и Гомеля, в полосе от Брагина до Верхнедвинска прирост минимален (рис. 2, б). Указанная полоса примерно соответствует зоне наибольшего увеличения продолжительности весны, где процесс перехода от весенних процессов к летним затягивается.

Характеризуя динамику сумм активных температур, следует отметить, что для данного показателя после минимума 1978 г. в 1979 г. начался его направленный рост (рис. 3). Это отмечено на всех исследуемых станциях. Примечательно, что на 1979 г. пришелся максимум 21-го цикла солнечной активности, а на 1989 г., когда начинается преобладание положительных отклонений от нормы средних годовых температур, – максимум 22-го цикла.

Общее увеличение термических ресурсов естественно сопровождается ростом количества случаев высокой средней и максимальной температур воздуха. В агрометеорологических ежегодниках в таблицу «Опасные явления погоды» включены средние температуры воздуха выше 20°C и максимальные выше 30°C .

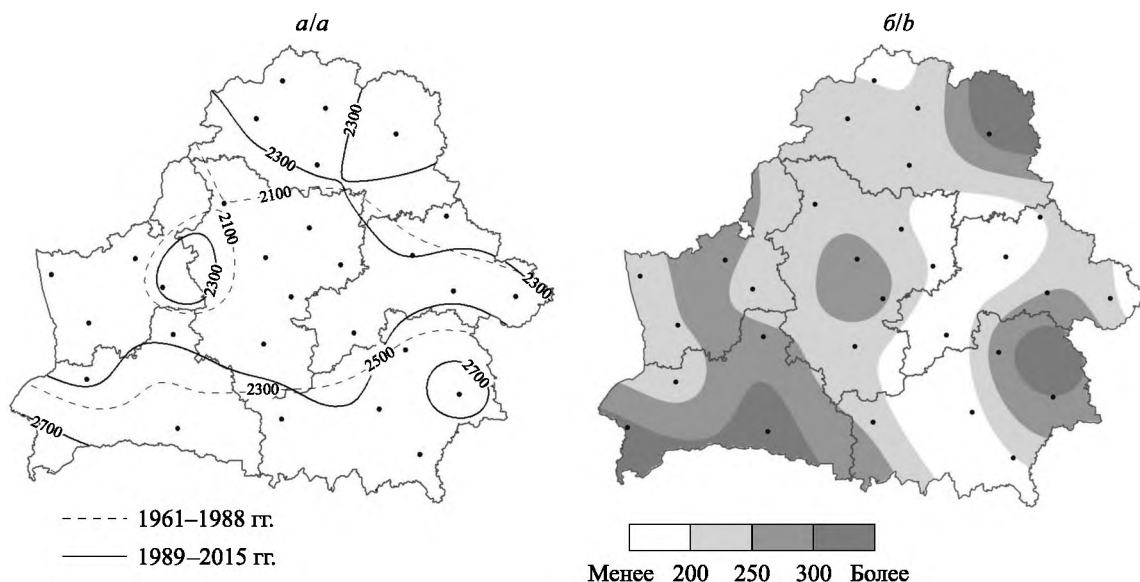


Рис. 2. Суммы активных температур выше 10°C (а) и их прирост (б) в 1989–2015 гг. по сравнению с 1961–1988 гг.

Fig. 2. The amounts of active temperatures above 10°C (a) and their increase (b) in 1989–2015 compared with 1961–1988

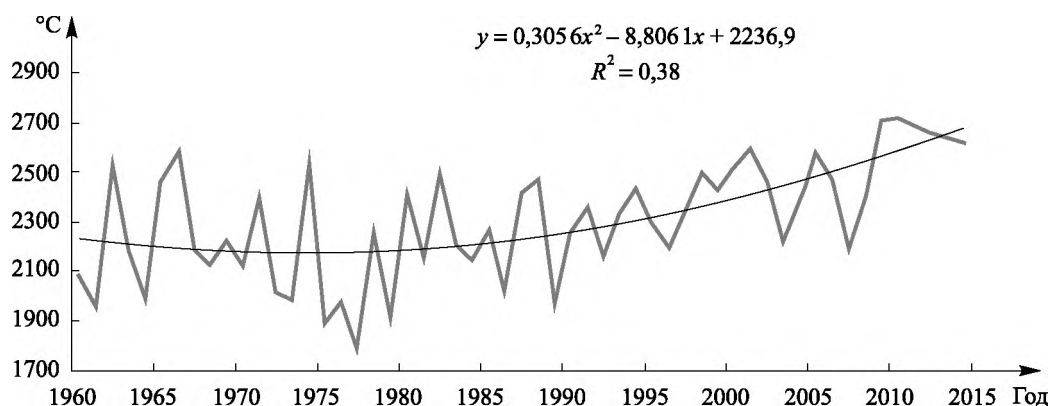


Рис. 3. Динамика сумм активных температур в Республике Беларусь

Fig. 3. Dynamics of sums of active temperatures in the Republic of Belarus

Рассмотрим динамику повторяемости лет с высокими максимальными температурами и среднего числа жарких дней в году. Повторяемость лет с максимальной температурой воздуха выше 30 °C в 1961–1988 гг. была ниже 20 % только на Новогрудской возвышенности, а на юге даже превышала 80 %. В 1989–2015 гг. минимум повторяемости высоких температур увеличился и был отмечен в Езерище (52 %). На большей части страны высокие температуры наблюдались более чем в 80 % лет, а в некоторых пунктах на юго-западе страны (Брест, Высокое, Пружаны) – ежегодно. Территория с наибольшим ростом повторяемости тяготеет к центральным и северным районам республики (рис. 4).

Вместе с ростом повторяемости высоких температур воздуха увеличилось и среднее число дней в году с такими температурами (рис. 5). В 1961–1988 гг. количество дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °C в годы наличия на большей части страны не превышало 5. Область наибольших значений располагалась на юго-востоке республики. В 1989–2015 гг. среднее количество жарких дней на территории Гомельской области и значительной части территории Брестской области составило 10 и более, а на остальной части республики было в пределах от 5 до 10.

Приведенные характеристики динамики термических показателей для территории Беларуси свидетельствуют об изменении условий выращивания картофеля. Эти изменения проявились как в межгодовых колебаниях урожайности, так и в ее распределении по территории страны. Средняя величина урожайности картофеля в каждом из периодов (1970–1987 и 1989–2015 гг.) составила 147–148 ц/га. Что касается экономических тенденций, то они наиболее отчетливо обозначены во втором временном интервале – это подтверждается более высоким коэффициентом детерминации (рис. 6).

Общие тенденции в изменении урожайности картофеля согласуются с изменениями удельного веса административных районов с урожайностью выше и ниже средней за период исследований. Однако распределение районов по отдельным диапазонам величины урожайности далеко неравномерно, что свидетельствует о значительной территориальной дифференциации, которая меняется из года в год (рис. 7).

Графики динамики урожайности картофеля и линии трендов приводятся здесь для Беларуси в целом (см. рис. 6). Подобные графики и соответствующие им линии трендов были построены по каждому административному району страны. Для отклонений урожайности картофеля от линий трендов и значений термических показателей были вычислены коэффициенты корреляции. Анализ последних показал, что для первых шести месяцев года статистическая достоверность коэффициентов корреляции подтверждена не более чем в 10 административных районах (для обоих временных отрезков). Статистическая достоверность коэффициентов корреляции июльских температур в первом временном отрезке не подтверждается ни для одного района. Во втором временном периоде преобладают отрицательные коэффициенты корреляции, достоверность которых установлена для 60 районов, и только для 2 районов коэффициенты были положительными (статистически незначимыми).

Статистическая достоверность влияния продолжительности периода активной вегетации установлена лишь в 1970–1987 гг. для 8 районов: в 5 районах Витебской области зависимость была положительной, а в 3 районах Гомельской области – отрицательной. Очевидно, уже тогда юго-восток страны страдал от избытка термических ресурсов, тогда как на севере отмечался их дефицит. В первом временном отрезке только для 2 районов установлена достоверная связь отклонений урожайности картофеля от линии тренда и сумм активных температур, которая была положительной, а во втором достоверная корреляционная связь наблюдалась в 3 районах, но уже имела обратный знак, т. е. была отрицательной.

Коэффициенты корреляции отклонений урожайности картофеля от линий тренда и числа дней со средними высокими температурами воздуха (выше 20 °C) в первом временном отрезке статистически

значимы лишь в нескольких районах и имеют положительное значение. Во втором временном отрезке эти зависимости отрицательны и статистически достоверны для 51 района, где коэффициенты корреляции отклонений урожайности и числа дней со средними температурами воздуха выше 20 °С в июле составляют от $-0,61$ до $-0,38$. В этот же период для 50 административных районов статистически достоверно отрицательное влияние на урожайность картофеля числа дней с высокими максимальными температурами (коэффициенты корреляции составляют от $-0,76$ до $-0,38$). Очевидно усиление отрицательного влияния высоких температур на урожайность, а зачастую и смена положительного влияния на отрицательное (рис. 8).

Согласованность в динамике воздействия высоких температур и температур июля на урожайность картофеля обусловлена тем, что именно на указанный месяц приходится значительная часть жарких дней. Сопоставив распределение числа жарких дней и сроки наступления фаз развития картофеля во всех агроклиматических областях, следует заметить, что большая часть дней с максимальными температурами выше 30 °С приходится на время роста клубней, на межфазные периоды цветение – конец цветения и конец цветения – увядание ботвы. Лишь в период от появления соцветий (бутонизации) до цветения повторяемость жары невелика. Как отмечалось выше, это время, когда формируются клубни картофеля и воздействие высоких температур может негативно отразиться на величине и качестве урожая.

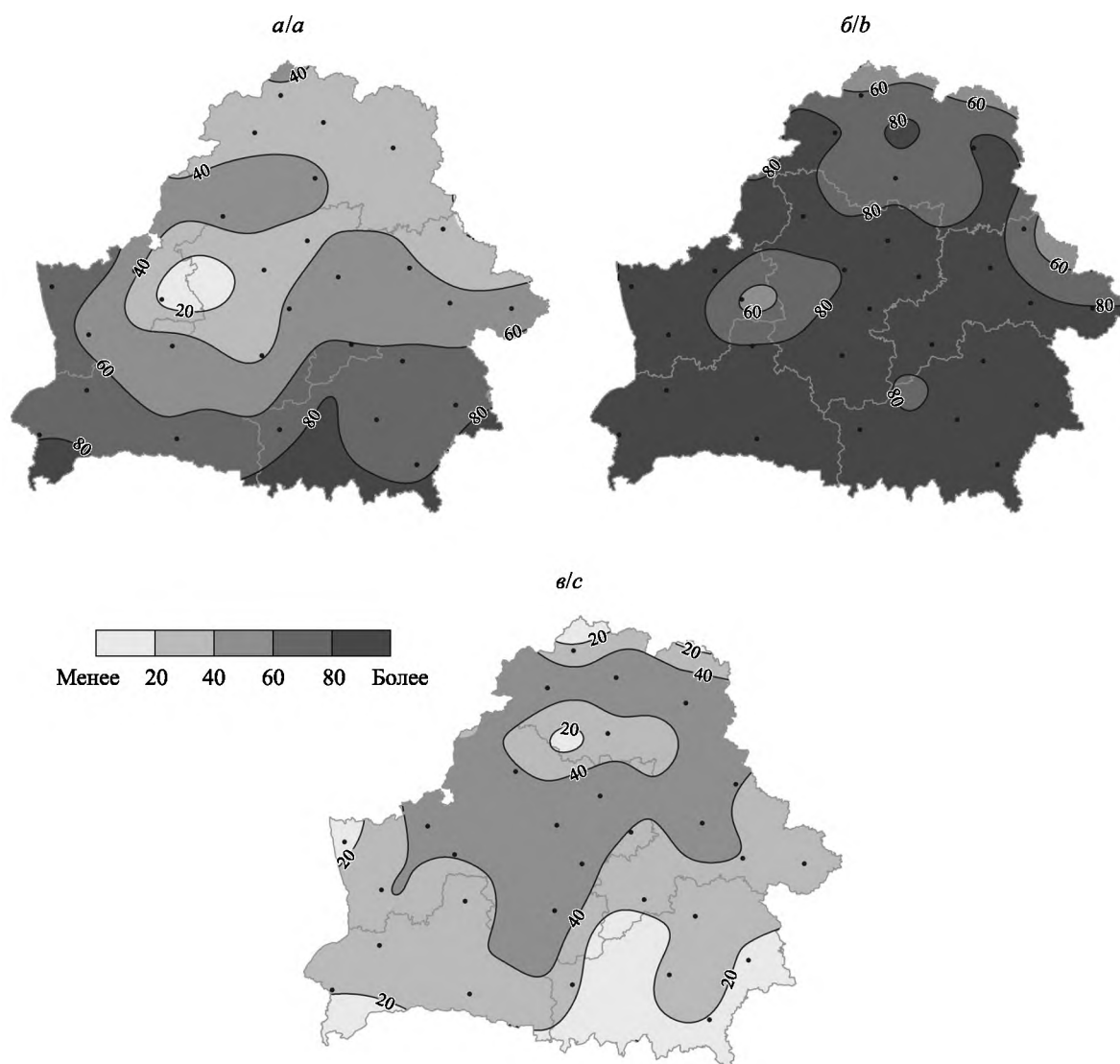


Рис. 4. Повторяемость (%) лет с максимальной температурой воздуха выше 30 °С в 1961–1988 гг. (а) и 1989–2015 гг. (б), ее изменение между указанными периодами (в)

Fig. 4. Repeatability (%) years with maximum air temperature above 30 °C in 1961–1988 (a) and 1989–2015 (b), its change between the specified periods (c)

Заметны существенное увеличение повторяемости жарких дней в 1989–2015 гг. по сравнению с 1961–1988 гг., а также рост термической напряженности с севера на юг, представленные на рис. 9 (средние даты наступления фаз развития приведены без разделения сортов по группам спелости). Рассчитанные для раннеспелых и позднеспелых сортов даты посадки и увядания ботвы отличаются примерно на неделю: посадка – 30 апреля и 6 мая, увядание ботвы – 14 и 19 августа соответственно. В Северной агроклиматической области, по имеющимся у нас данным, преобладают посадки ранних и среднеранних сортов картофеля (61 % лет), а в Центральной и Южной областях – поздние и среднепоздние сорта (63–66 %).

Знак коэффициента корреляции в каждом временном отрезке показывает преобладание значений температурных показателей из восходящей (положительные) или нисходящей (отрицательные) ветви кривой, отражающей влияние погодных характеристик на вегетацию растений. Повышение температур в целом отрицательно сказалось на урожайности картофеля.

Коэффициенты корреляции отклонений урожайности картофеля от линий трендов и числа дней с неблагоприятными явлениями изначально предполагались отрицательными. Как показано выше, только во втором временном отрезке это предположение подтвердилось. Возможно, в первом временном отрезке неблагоприятные явления недостаточно часто повторялись, однако они были, а достоверность

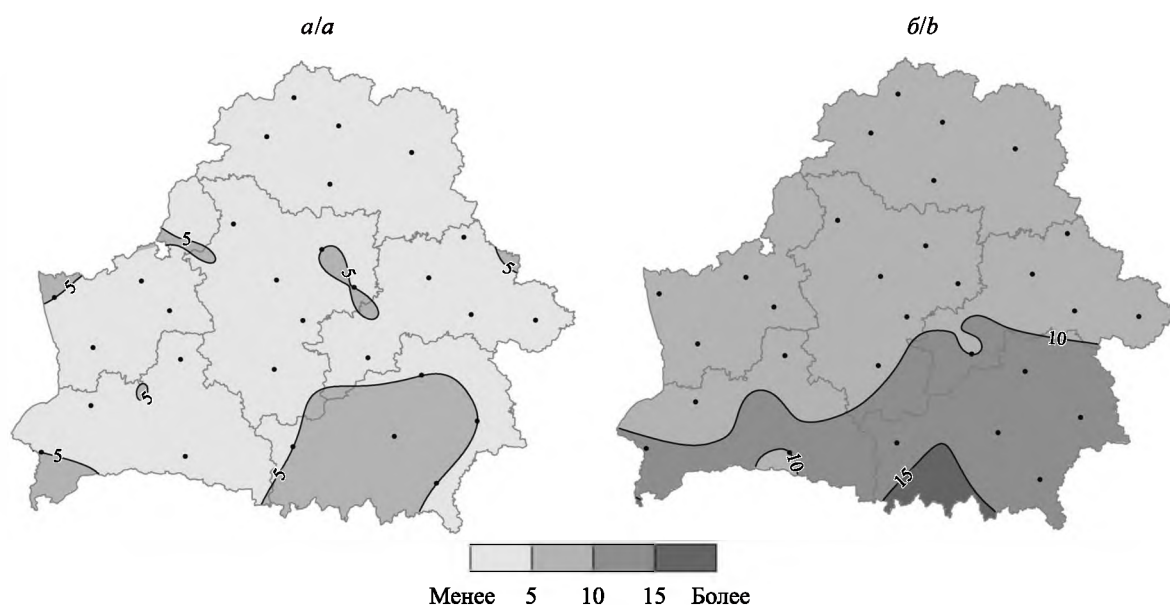


Рис. 5. Количество дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °C в годы наличия за 1961–1988 гг. (а) и 1989–2015 гг. (б)

Fig. 5. The number of days with the maximum air temperature above 30 °C in years of availability 1961–1988 (a) and 1989–2015 (b)

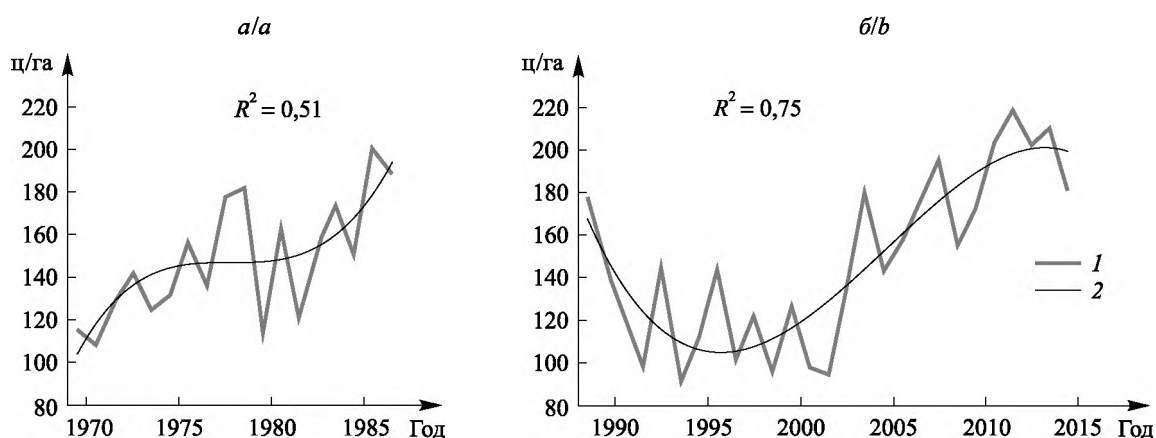


Рис. 6. Динамика урожайности картофеля в Республике Беларусь в 1970–1987 гг. (а), 1989–2015 гг. (б): 1 – статистические данные; 2 – тренд

Fig. 6. Dynamics of potato yield in the Republic of Belarus in 1970–1987 (a), 1989–2015 (b): 1 – statistical data; 2 – trend

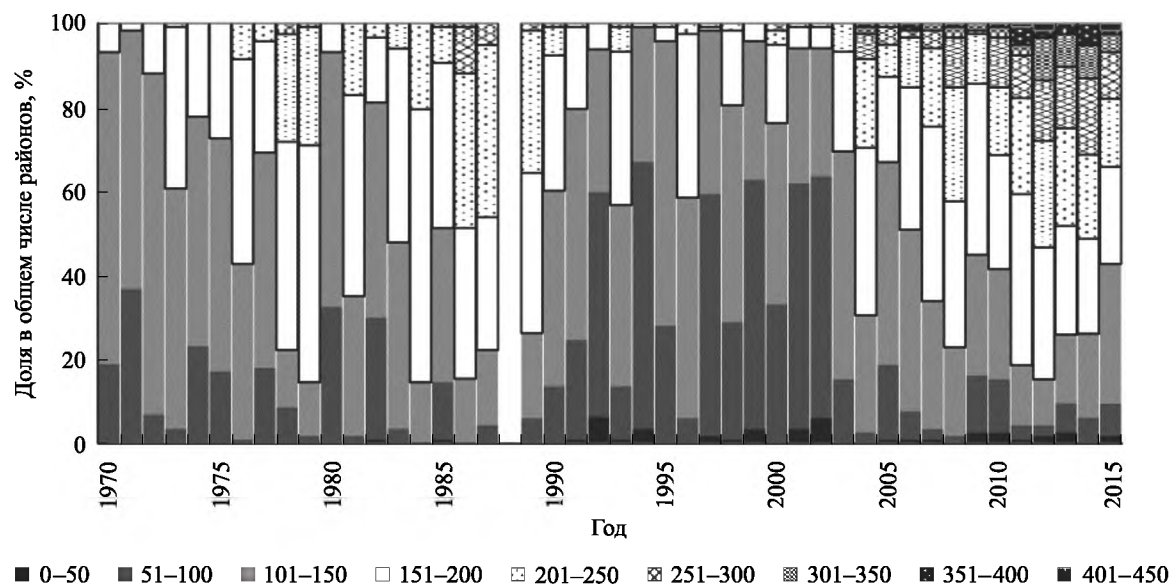
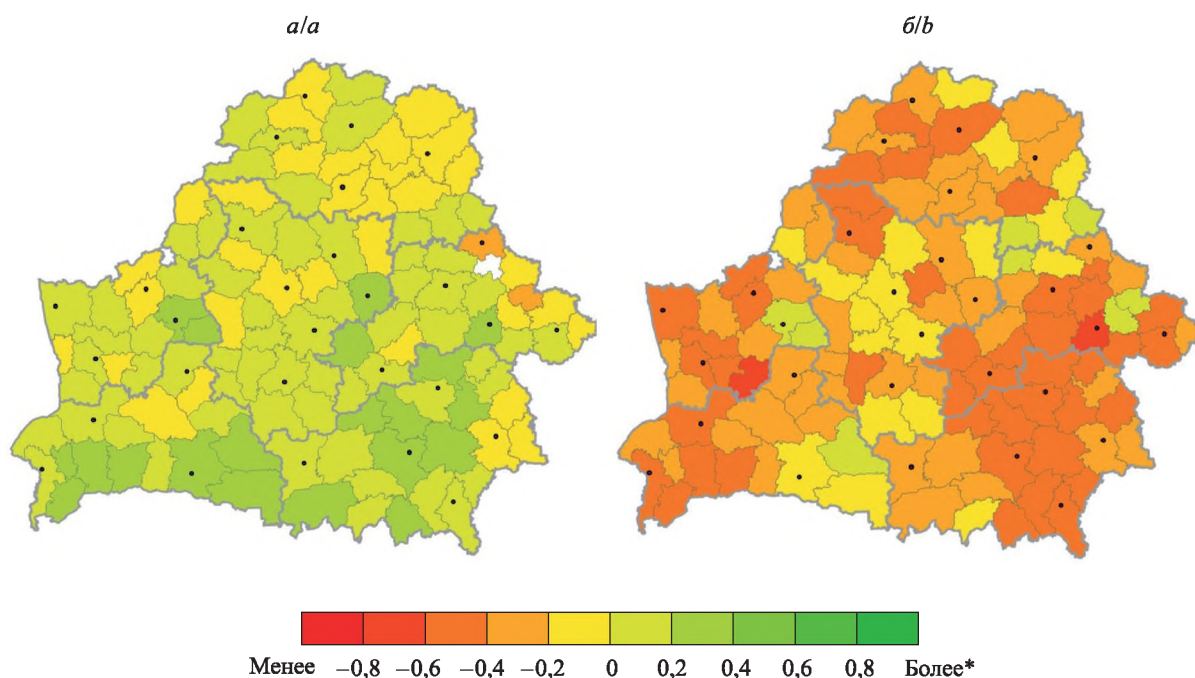


Рис. 7. Удельный вес (доля) административных районов с различным уровнем урожайности картофеля (ц/га) по годам периода 1970–2015 гг.

Fig. 7. Specific weight (share) of administrative districts with different levels of potato yield (c/ha) over the years 1970–2015



*Шкала значений коэффициентов корреляции построена для серии картосхем, не вошедших в статью, поэтому включает отсутствующие на представленных здесь картосхемах градации цветов

Рис. 8. Коэффициенты корреляции отклонений урожайности картофеля от линии тренда и числа дней с максимальной температурой воздуха выше 30 °C в 1970–1987 гг. (а); 1989–2015 гг. (б)

Fig. 8. Correlation coefficients of potato yield variance from the trend line and the number of days with a maximum air temperature above 30 °C in 1970–1987 (a); 1989–2015 (b)

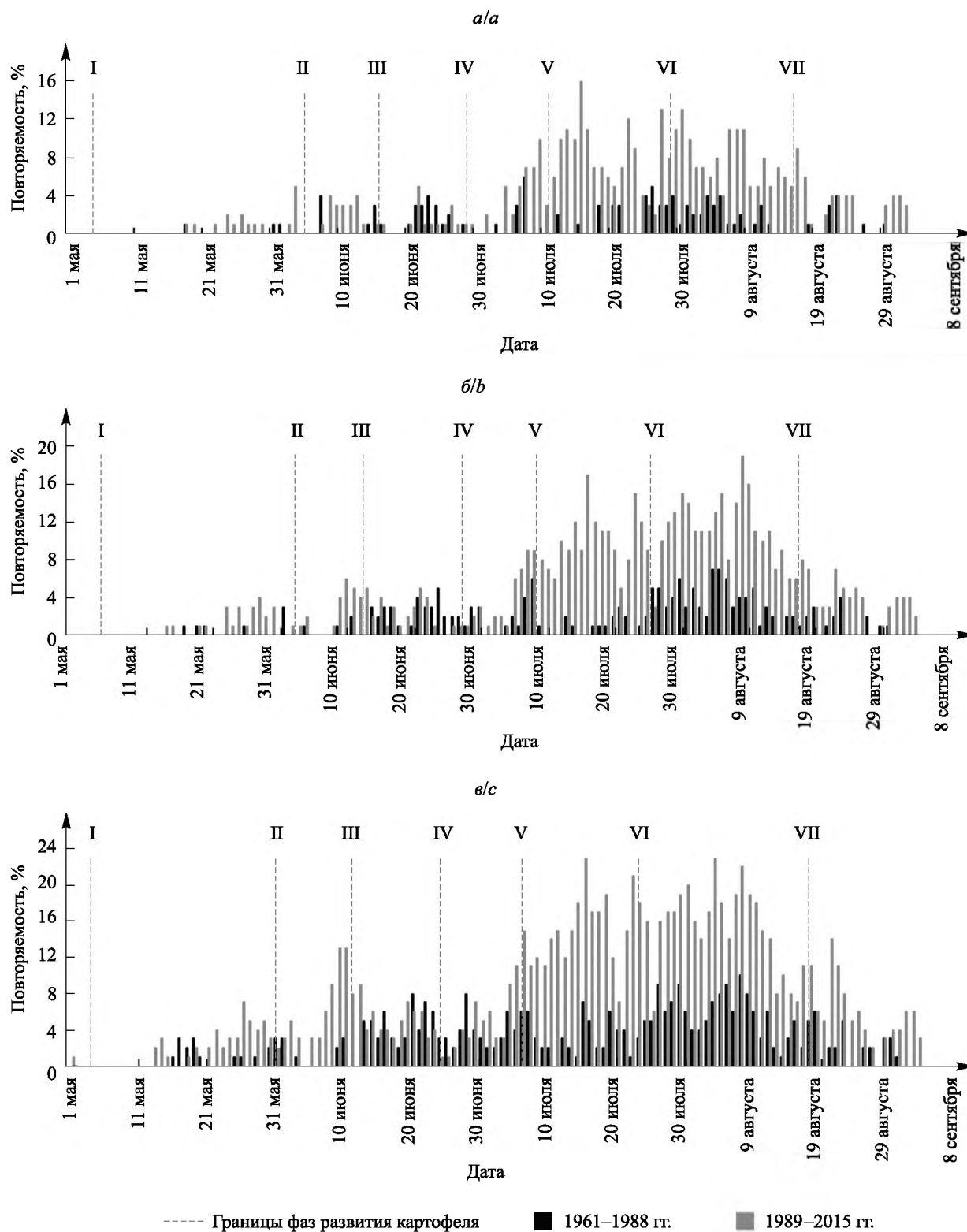


Рис. 9. Распределение жарких дней по датам (1961–1988; 1989–2015) и межфазным периодам развития картофеля (1989–2015):
I – посадка; II – всходы; III – появление боковых побегов; IV – появление соцветий;
V – цветение; VI – конец цветения; VII – увядание ботвы.
Агроклиматическая область: *a* – Северная; *б* – Центральная; *в* – Южная

Fig. 9. Distribution of hot days by dates (1961–1988; 1989–2015) and interfacial periods of potato development (1989–2015):
I – planting; II – shoots; III – the appearance of lateral shoots;
IV – the appearance of inflorescences; V – flowering;
VI – the end of flowering; VII – wilting tops.
Agroclimatic area: *a* – North; *b* – Central; *c* – South

связи при этом статистически не обосновывалась. Поэтому сделано предположение, что существует некая критическая продолжительность воздействия неблагоприятного явления, которая приводит к снижению урожайности. Путем предварительного анализа отклонений урожайности картофеля от линии тренда в годы с высокими максимальными температурами для отдельных административных районов, включающих пункты метеорологических наблюдений, было выявлено, что наиболее часто отрицательные отклонения урожайности отмечались при количестве жарких дней за теплый сезон не менее 10.

Ранее (1961–1988) повторяемость лет с критическим числом жарких дней только на юге и западе страны была больше 10 %, на остальной территории во многих случаях число жарких дней не достигало 10. В 1989–2015 гг. повторяемость в южной части республики превысила 30 % и во всех пунктах была ненулевой (рис. 10).

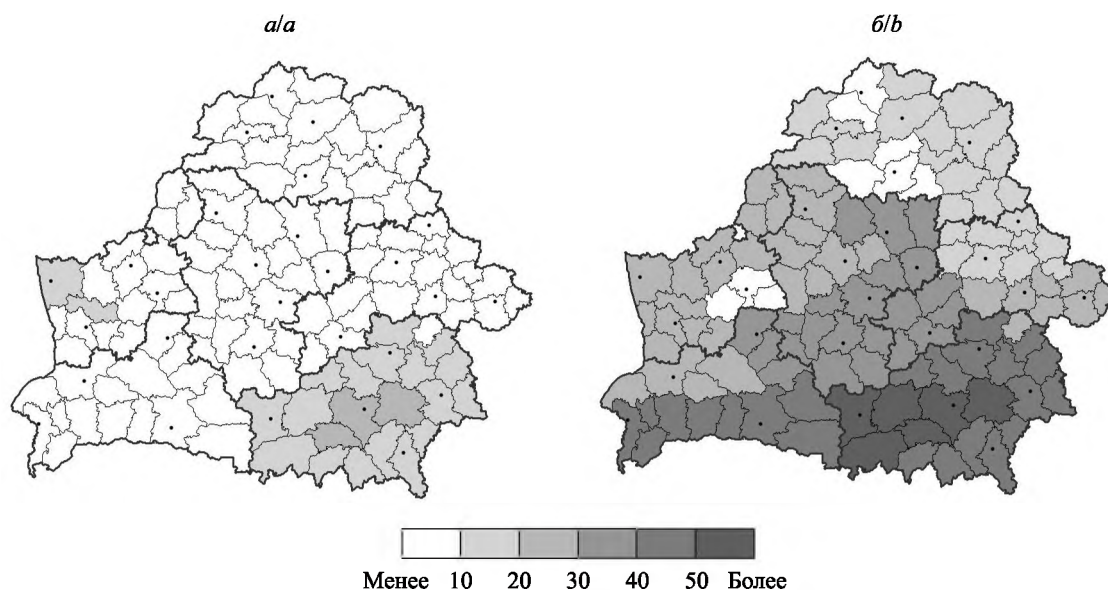


Рис. 10. Повторяемость лет (%) с критическим числом жарких дней в 1961–1988 гг. (а) и 1989–2015 гг. (б)

Fig. 10. Repeatability years (%) with a critical number of hot days in 1961–1988 (a) and 1989–2015 (b)

По результатам исследований с вероятностью 69 % можно утверждать, что урожайность картофеля будет низкой, если в течение вегетационного периода было более 10 дней с максимальной температурой выше 30 °C (рис. 11). Незначительная распространенность названных условий в первом временном отрезке привела к тому, что большинство административных районов не подвергались влиянию данного явления. В районах же, где критическое число жарких дней было достигнуто, степень влияния часто составляла 100 %, а в среднем – 59 %. В 1989–2015 гг. критическое число жарких дней отмечалось уже по всей стране, и степень влияния в среднем составила 70 %. Однако в Кореличском районе влияние продолжительной жары вообще отсутствовало. Здесь, как и в других районах с невысокой степенью влияния на урожайность критического числа жарких дней, сказалось то условие, что дни с температурами выше 30 °C приходились на разные летние месяцы и в одном из них наблюдалось переувлажнение.

Наличие критического числа жарких дней определяет более трети отрицательных отклонений урожайности картофеля от линий трендов на значительной части территории Беларуси (рис. 12, а). Средние отклонения урожайности в годы с критическим числом жарких дней составили –12,7 ц/га (8 %). Наибольшие отрицательные отклонения отмечены на востоке страны. В отдельных районах, расположенных на возвышенностях, в некоторых случаях и на низменностях (вблизи рек), где влияние жары нивелируется увлажнением, а жаркие дни распределяются на несколько месяцев, эти отклонения положительны. Однако в преобладающем большинстве районов (106 из 118) отклонения урожайности картофеля от линий трендов отрицательны (рис. 12, б).

Пути решения проблемы негативного воздействия высоких температур на урожайность картофеля могут быть разными. Во-первых, в регионах, наиболее подверженных воздействию высоких температур, следует вводить в севообороты жаростойкие сорта картофеля. Жароустойчивость была обнаружена у его диких видов, а во второй половине прошлого столетия достигнут определенный прогресс

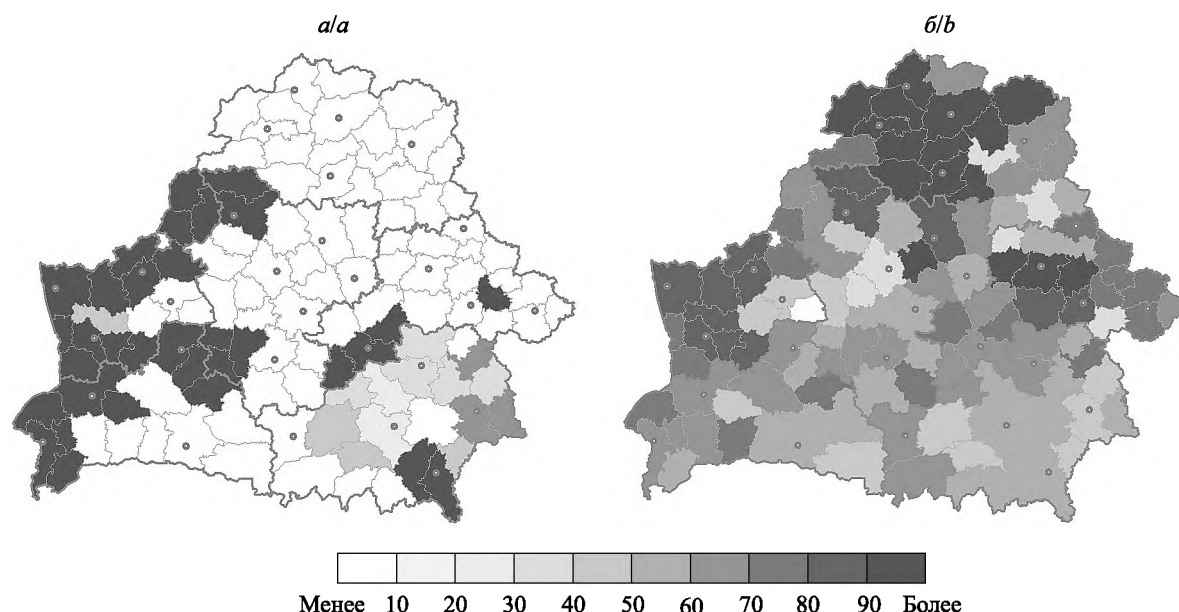


Рис. 11. Степень отрицательного влияния на отклонения урожайности картофеля критически жарких условий (максимальные температуры воздуха выше 30 °С в течение 10 дней и более) в 1961–1988 гг. (а) и 1989–2015 гг. (б)

Fig. 11. The degree of negative influence on deviations of potato yield of critically hot conditions (maximum air temperature above 30 °C for 10 days or more) in 1961–1988 (a) and 1989–2015 (b)

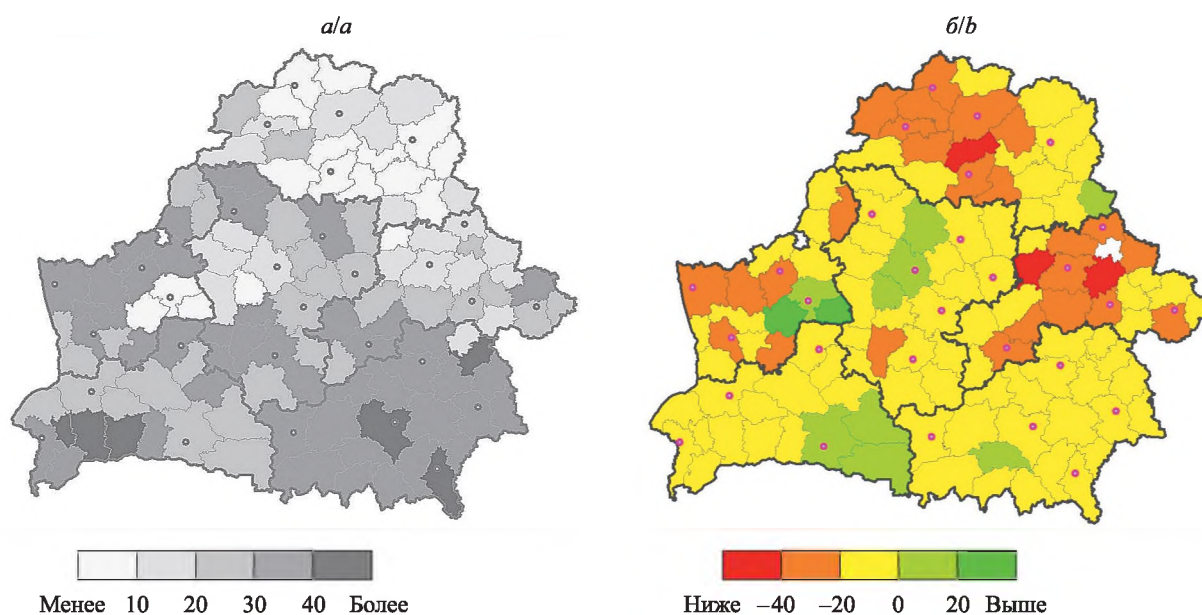


Рис. 12. Доля (%) «жарких» лет в числе лет с отрицательными отклонениями урожайности картофеля от линий трендов (а) и величина отклонений урожайности (ц/га) в «жаркие» годы (б) за 1970–2015 гг.

Fig. 12. The share of «hot» years (%) in the number of years with negative deviations of potato yield from the trend lines (a) and the magnitude of the yield deviations (c/ha) in the «hot» years (b) for 1970–2015

в отборе и разведении сортов, устойчивых к высоким температурам [9]. Перспективным картофелеводство считается даже в жарком, по сравнению с Беларусью, Узбекистане, где выведены жаростойкие сорта картофеля Туймили, Акраб, Умид [17]. Белорусскими поставщиками предлагаются несколько жароустойчивых сортов картофеля: немецкий ультраранний Ювель (Джувел), а также ранний Ред Скарлет и поздний Пикассо (Нидерланды).

Во-вторых, нужно сместить сроки посадки картофеля. Летние посадки, рекомендуемые для Республики Крым, на данный момент в нашей стране еще неактуальны в связи с недостаточной продолжительностью периода активной вегетации. С целью сместить время воздействия высоких температур на растения картофеля на более поздние межфазные периоды необходимо перенести сроки посадки на более ранние даты. Такие рекомендации приводились в свое время А. Х. Шкляром [6]. Выполненные под руководством О. В. Давыденко исследования показали, что фактические сроки посадки картофеля в Республике Беларусь до настоящего времени запаздывают относительно оптимальных сроков на период от нескольких недель до месяца [18]. Для Среднего Урала установлено повышение массы клубней в гнезде и увеличение урожайности картофеля при более ранней посадке [19]. Таким образом, соблюдение оптимальных сроков посадки позволит улучшить условия вегетации картофеля в важный для него период (клубнеобразование), который сместится на менее жаркую первую половину лета. В данном случае несколько уменьшить эффект от смещения сроков посадки может тот факт, что клубнеобразование придется на период года с максимальной продолжительностью светлого времени суток, тогда как для образования клубней оптимальны короткие дни [4]. Смещение сроков посадки наиболее ощутимый эффект должно создать для раннеспелых и среднеспелых сортов. Позднеспелые сорта будут нуждаться в дополнительных мерах.

В-третьих, исходя из того, что при больших значениях сумм температур выше 10°C за вегетационный период вероятность засушливых явлений на территории России значительно возрастает [20] и это справедливо также для Беларуси, можно предложить путь косвенного воздействия на температурные условия в посадках картофеля – орошение. В связи с наличием севооборотов на пахотных землях в нашей стране реализация такого пути пока проблематична. Однако в настоящее время исследования, направленные на обоснование режима орошения, проводятся даже для территории Московской области, которая по климатическим условиям близка к северным регионам Беларуси. Причем глубины расчетного слоя почвы приводятся вплоть до девятой декады вегетационного периода картофеля. Орошение же рекомендуется выполнять дождевальными машинами, которые можно использовать и в условиях севооборотов [21]. Поступающая в растение вода не только обеспечивает его питание, но и способствует стабилизации температуры тела растения (в процессе транспирации). Охлаждение в процессе транспирации предотвращает перегрев клеток и растения в целом, а вода, благодаря высокой теплоемкости, защищает культуру от резких температурных колебаний, происходящих в окружающей среде [22]. Кроме того, часть воды неизбежно испарится с поверхности почвы, что, в свою очередь, приведет к некоторому снижению температуры грунта, так как на испарение расходуется энергия. Следовательно, орошение в условиях недостаточного увлажнения может благоприятно повлиять и на температурный режим.

Заключение

Термические ресурсы на территории Беларуси в целом увеличились. Это уже позволяет выращивать позднеспелые сорта растений и более теплолюбивые культуры. Температурные тенденции в основном меняются от десятилетия к десятилетию, сохраняясь в отдельные месяцы. В первой половине вегетации картофеля (май – июнь) термические тенденции неоднозначны, тогда как во второй (июль – август) преобладает повышение средних температур воздуха. Повышение температур сопровождается увеличением распространенности негативного термического воздействия на урожайность картофеля в летние месяцы. Это подтверждается отрицательными коэффициентами корреляции отклонений урожайности картофеля от линий трендов и таких показателей, как температура воздуха в июле и число жарких дней (со средней температурой выше 20°C и максимальной выше 30°C). В настоящее время жаркие дни сконцентрированы в периоде клубнеобразования картофеля, поэтому следует учитывать опасность климатического (теплого) вырождения культуры, которое резко снижает урожайность. Установленное критическое значение числа жарких дней (с максимальной температурой 30°C и более) определяет более трети отрицательных отклонений урожайности картофеля на большей части территории страны, а вероятность его негативного влияния в современный период составляет 70 %. Нивелировать негативное воздействие можно, используя новые жаростойкие сорта картофеля, смещая время его посадки на более ранние даты или применяя орошение (в случае сочетания высоких температур с недостаточным увлажнением).

Представленные выше результаты подтверждают значительную обусловленность потерь урожайности картофеля воздействием высоких температур, однако создать более полную картину позволит рассмотрение влияния комплекса неблагоприятных погодных условий. В ходе дальнейших исследований необходимо выяснить направление и степень зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от критических характеристик увлажнения.

Библиографические ссылки

1. *Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник*. Минск: Национальный статистический комитет; 2018. 235 с.
2. Международный год картофеля [Интернет]. 2008 [процитировано 15 декабря 2018 г.]. Доступно по: <http://www.fao.org/potato-2008/ru/>.
3. Шпаар Д, Дрегер Д, Иванюк В, Курцингер В, Постников А, Шуманн П и др. *Картофель*. Шпаар Д, редактор. Минск: ФУАинформ; 1999. 272 с.
4. Карпук ВВ, Сидорова СГ. *Растениеводство*. Минск: БГУ; 2011. 351 с.
5. Пятавская ЛК. *Методические указания по составлению прогноза оптимальных сроков начала полевых работ и сева основных сельскохозяйственных культур в Белоруссии*. Минск: Управление гидрометеослужбы БССР; 1977. 66 с.
6. Шкляр АХ. *Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве*. Минск: Вышэйшая школа; 1973. 432 с.
7. Haverkort AJ, Verhagen A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. *Potato Research*. 2008;51:223–237.
8. Турбин ВА, Синковец ГА, Деметьев ЮН, Резник НГ, Корниенко НЯ, Кушнарев АА и др. Инновационные предложения по технологиям выращивания овощных культур. В: *Инновации в растениеводстве и животноводстве Крыма. Рекомендации аграрным предприятиям Республики Крым* [Интернет]. [S. 1.]: Академия биоресурсов и природопользования. Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского [процитировано 15 декабря 2018 г.]. Available from: http://abip.cfuv.ru/?page_id=403.
9. Hijmans RJ. The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*. 2003;80:271–280.
10. Jovovic Z, Micev B, Velimirovic A. Impact of climate change on potato production in Montenegro and options to mitigate the adverse effects. *Academia Journal of Environmental Sciences*. 2016;4(3):047–054. DOI: 10.15413/ajes.2016.0301.
11. Rykaczewska K. The impact of high temperature during growing season on potato cultivars with different response to environmental stresses. *American Journal of Plant Sciences*. 2013;4:2386–2393. DOI: 10.4236/ajps.2013.412295.
12. Логинов ВФ. *Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия*. Минск: ТетраСистемс; 2008. 496 с.
13. Давыденко ОВ, Лопух ПС. Влияние погодных условий на колебания урожайности картофеля и сахарной свеклы в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2017;1:79–88.
14. Логинов ВФ. *Глобальные и региональные изменения климата: доказательная база и международные соглашения по защите климата*. Минск: Институт природопользования НАН Беларуси; 2018. 102 с.
15. Давыденко ОВ. Динамика средних годовых температур воздуха и их внутригодовых вариаций на территории Беларуси. *Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. Химия. Биология. География*. 2014;2:89–95.
16. Давыденко ОВ, Лопух ПС. Зависимость урожайности картофеля и сахарной свеклы от метеорологических показателей периода вегетации. *Весті БДПУ. Серія 3*. 2010;3:56–62.
17. Азимов ББ. Развитие картофелеводства в Узбекистане перспективно. *Картофель и овощи*. 2005;5:14.
18. Бокпиц ВА, Давыденко ОВ. Оптимальные и фактические сроки посадки картофеля в Республике Беларусь. В: *Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата. Материалы Международной научной конференции; 5–8 мая 2015 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2015. с. 246–248.
19. Спирькова ЮА. Влияние сроков посадки на урожайность клубней картофеля в условиях Среднего Урала. *Молодежь и наука* [Интернет]. 2015 [процитировано 15 декабря 2018 г.];2:46. Доступно по: <http://min.usaca.ru/issues/12/articles/355>.
20. Сиротенко ОД, Грингоф ИГ. Оценка влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации. *Метеорология и гидрология*. 2006;8:92–101.
21. Герасимов ВО. *Водобалансовые исследования и обоснование режима орошения картофеля на дерново-подзолистых почвах водораздельных площадей Московской области* [диссертация]. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева; 2017. 24 с.
22. Хохлова ЛП, Бабужина ДИ. *Физиологические основы формирования продуктивности растений*. Казань: КГУ; 2006. 41 с.

References

1. *Sel'skoe khozyaistvo Respubliki Belarus'. Statisticheskii sbornik* [Agriculture of the Republic of Belarus. Statistical collection]. Minsk: Natsional'nyi statisticheskii komitet; 2018. 235 p. Russian.
2. International Year of the Potato [Internet]. 2008 [cited 2018 December 15]. Available from: <http://www.fao.org/potato-2008/ru/>. Russian.
3. Shpaar D, Dreger D, Ivanyuk V, Kurzinger V, Postnikov A, Schumann P, et al. *Kartofel'* [Potatoes]. Spaar D, editor. Minsk: FUAinform; 1999. 272 p. Russian.
4. Karpuk VV, Sidorova SG. *Rastenievodstvo* [Crop Production]. Minsk: BSU; 2011. 351 p. Russian.
5. Patovska LK. *Metodicheskie ukazaniya po sostavleniyu prognoza optimal'nykh srokov nachala polevykh rabot i seva osnovnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Belorussii* [Methodical instructions on drawing up of the forecast of the optimum timing of the start of field works and sowing of major crops in Belarus]. Minsk: Upravlenie gidrometeosluzhby BSSR; 1977. 66 p. Russian.
6. Shklyar AH. *Klimaticheskie resursy Belorussii i ispol'zovanie ikh v sel'skom khozyaistve* [Climatic resources of Belarus and their use in agriculture]. Minsk: Vyshhejschaja shkola; 1973. 432 p. Russian.
7. Haverkort AJ, Verhagen A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. *Potato Research*. 2008;51:223–237.
8. Turbin VA, Sinkovets GA, Dementev YuN, Reznik NG, Kornienko NYa, Kushnarev AA, et al. [Innovative technologies of cultivation of vegetable crops]. In: *Innovatsii v rastenievodstve i zhivotnovodstve Kryma. Rekomendatsii agrarnym predpriyatiyam Respubliki Krym* [Innovations in crop and livestock Crimea. Recommendations for agricultural enterprises of the Republic of Crimea] [Internet]. [Place unknown]: Akademiya bioresursov i prirodopol'zovaniya. Krymskii federal'nyi universitet imeni V. I. Vernadskogo [cited 2018 December 15]. Available from: http://abip.cfuv.ru/?page_id=403. Russian.
9. Hijmans RJ. The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*. 2003;80:271–280.
10. Jovovic Z, Micev B, Velimirovic A. Impact of climate change on potato production in Montenegro and options to mitigate the adverse effects. *Academia Journal of Environmental Sciences*. 2016;4(3):047–054. DOI: 10.15413/ajes.2016.0301.

11. Rykaczewska K. The impact of high temperature during growing season on potato cultivars with different response to environmental stresses. *American Journal of Plant Sciences*. 2013;4:2386–2393. DOI: 10.4236/ajps.2013.412295.
12. Loginov VF. *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata: prichiny i sledstviya* [Global and regional climate change: causes and consequences]. Minsk: TetraSistems; 2008. 496 p. Russian.
13. Davydenko OV, Lopuch PS. Influence of weather conditions on productivity fluctuations of potatoes and sugar beet in Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2017;1:79–88. Russian.
14. Loginov VF. *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata: dokazatel'naya baza i mezhdunarodnye soglasheniya po zashchite klimata* [Global and regional climate change: causes and consequences]. Minsk: Institute of Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus; 2018. 102 p. Russian.
15. Davydenko OV. Dynamics of the average annual air temperatures and their variations interannuales in Belarus. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2014;2:89–95. Russian.
16. Davydenko OV, Lopuch PS. [The dependence of the yield of potatoes and sugar beet from the meteorological parameters of the vegetation period]. *Věsci BDPU. Seryja 3*. 2010;3:56–62. Russian.
17. Asimov BB. [The Development of the potato industry in Uzbekistan is perspective]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2005;5:14. Russian.
18. Bokshits VA, Davydenko OV. [Optimal and actual terms of potato planting in the Republic of Belarus]. In: *Problemy gidrometeorologicheskogo obespecheniya khozyaistvennoi deyatel'nosti v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata. Materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii; 5–8 maya 2015 g.; Minsk, Belarus* [Problems of hydrometeorological support of economic activities in a changing climate. Materials of the International Scientific Conference; 2015 May 5–8; Minsk, Belarus]. Minsk: Belarusian State University; 2015. p. 246–248. Russian.
19. Spirkova YuA. Influence of terms of landing to productivity of tubers of potatoes in the conditions of the Central Urals. *Molodezh' i nauka* [Internet]. 2015 [cited 2018 December 15];2:46. Available from: <http://min.usaca.ru/issues/12/articles/355>. Russian.
20. Syrotenko OD, Gringof IG. [Evaluation of the impact of expected climate change on agriculture in the Russian Federation]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2006;8:92–101. Russian.
21. Gerasimov VO. *Vodobalansovye issledovaniya i obosnovanie rezhima orosheniya kartofelya na dernovo-podzolistykh pochvakh vodorazdel'nykh ploshchadei Moskovskoi oblasti* [Water balance studies and justification of the regime of potato irrigation on sod-podzolic soils of watershed areas of the Moscow region] [dissertation]. Moscow: Russian state agrarian University – MAA name K. A. Timiryazev; 2017. 24 p. Russian.
22. Khokhlova LP, Babuzhina DI. *Fiziologicheskie osnovy formirovaniya produktivnosti rastenii* [Physiological basis of the formation of plant productivity]. Kazan: Kazanskii gosudarstvennyi universitet; 2006. 41 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 10.10.2018.
Received by editorial board 10.10.2018.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ
ТОРГОВЫХ СЕТЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬН. С. ШЕЛЕГ¹⁾, П. Л. БЕЛОХВОСТ¹⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Представлен географический анализ размещения торговых сетей в административных районах Беларуси. Оценена привлекательность регионов страны для торговых сетей, в том числе торгового ритейла. Выявлена географическая структура крупнейших сетей. Определено доминирование отдельных сетей в сегментах продажи товаров. Установлено, что наиболее развитыми по торговле регионами являются наибольшие по численности населения и объемам товарооборота города и районы. Отмечен современный тренд географической экспансии торговых сетей в малые и средние по численности населения районы Беларуси. На примере крупных сетей показана диффузия расширения торговых территорий. С учетом сложившейся территориальной структуры сделан вывод, что развитие новых торговых сетей в большинстве районов страны на данный момент является затруднительным и ограниченным.

Ключевые слова: розничная торговля; торговые сети; география сферы торговли; торговый ритейл; территориальное развитие; региональное развитие.

REGIONAL FEATURES OF DEVELOPMENT OF RETAIL
IN THE REPUBLIC OF BELARUSN. S. SHELEG^a, P. L. BELAKHVOST^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: P. L. Belakhvost (belohvostpavel@gmail.com)

A geographical analysis of the distribution of trade networks in the administrative districts of Belarus is given in the article. An assessment of the attractiveness of the regions of the country for retailers, incl. retail trade. The geographical structure of the largest retail trade network has been revealed. The dominance of individual retail chains in the segments of the sale of goods was determined. It has been established that the most developed regions in terms of trade are the largest cities and districts in terms of population and turnover. The modern trend of geographical expansion of trade networks in small and medium-sized regions of Belarus was noted. On an example of the largest trading networks the diffusion of expansion of trading territories is shown. The conclusion is drawn that, given the existing territorial structure, the development of new trade networks in most regions of the country is currently difficult and limited.

Keywords: retail; trade networks; trade geography; retail trade; territorial development; regional development.

Образец цитирования:

Шелег НС, Белохвост ПЛ. Региональные особенности развития торговых сетей в Республике Беларусь. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:63–72.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-63-72>

For citation:

Sheleg NS, Belakhvost PL. Regional features of development of retail in the Republic of Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:63–72. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-63-72>

Авторы:

Николай Сидорович Шелег – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики.
Павел Леонидович Белохвост – аспирант кафедры экономической и социальной географии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – Н. С. Шелег.

Authors:

Nikolay S. Sheleg, doctor of science (economics), full professor, professor at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
sheleg-na@mail.ru
Pavel L. Belakhvost, postgraduate student at the department of economic and social geography, faculty of geography and geoinformatics.
belohvostpavel@gmail.com

Введение

Одним из важнейших компонентов развития торговли в целом является усовершенствование ее розничных сетей. Розничная торговая сеть – это совокупность предприятий, расположенных в пределах конкретной территории или находящихся под общим управлением [1]. Сетевые формы организации розничной торговли, с одной стороны, повышают производительность труда работников торговли, а с другой – предоставляют потребителям более качественные услуги и широкий ассортимент товаров. В экономически развитых странах сети начали появляться еще в 1920–30-х гг., но активно развиваться стали лишь в середине прошлого столетия. Факторами этого являлись достижения научно-технической революции, которая создала предпосылки ускорения и упрощения сетевых коммуникаций. Одновременно во всем мире начал формироваться глобальный рынок, национальные торговые сети стали превращаться в международные. В настоящее время уровень охвата торговыми сетями в наиболее развитых странах достигает 80–90 % [2].

В Беларуси также произошли значительные изменения в структуре розничного рынка. Увеличивается доля крупных торговых организаций в объеме розничного товарооборота, в первую очередь за счет развития сетевой торговли. Так, следует отметить процесс региональной экспансии розничных торговых сетей как одного из ярчайших примеров диффузии рыночных отношений на территории Беларуси. В последнее время географическое расширение торговых сетей вступает в более активную фазу, что связано с достаточным насыщением рынка товаров (особенно продовольственных) в г. Минске. Розничные сети начинают обращать внимание на регионы, так как торговый рынок Минска поделен между крупнейшими сетями, и вход новой сети либо расширение существующей ограниченны.

Поэтому продвижение торговых сетей в регионы в настоящее время представляется наиболее важным вариантом расширения рынков. За последнее время в несколько раз выросло количество охваченных розничными торговыми сетями районов. В некоторых из них, особенно с малой численностью населения, сетевые магазины заняли господствующее положение в продаже практически всех видов товаров. Во многих районах, где появляются объекты сетевой торговли, происходит трансформация потребительского спроса.

Актуальность изучения территориальной экспансии торговых сетей очевидна. Их быстрое распространение позволяет рассматривать этот процесс как поэтапную диффузию инноваций, оценивать скорость последней и выявлять барьеры, которые мешают развитию.

Цель настоящего исследования – анализ особенностей развития и территориального распространения торговых сетей в разрезе административных районов Республики Беларусь на 2018 г.

Методика исследования

При проведении исследования использовались следующие методы: сравнительно-географический, математический, картографический. Все исследование можно разделить на этапы: нахождение подходящей методики, сбор статистической информации, определение уровня привлекательности регионов Беларуси для появления розничных сетей, анализ распространения по административным районам страны торговых сетей и выявление региональных различий в их развитии.

Выполнено сравнение потенциальной привлекательности районов для сетевой торговли и реального распространения сетей по районам республики. Объект исследования – розничные торговые сети в разрезе 118 районов, 1 города республиканского и 10 городов областного значения.

Самым важным и наиболее сложным вопросом при разработке методики исследования является правильный отбор показателей, отражающих привлекательность районов для развития сетевой розничной торговли. Закономерно, что объем потребительского рынка зависит от численности населения. Кроме того, районы с приблизительно одинаковой численностью могут иметь разные доходы на душу населения, что, в свою очередь, играет важную роль при выборе размещения торговой сети [3–6]. Национальный статистический комитет Республики Беларусь не проводит измерение доходов граждан в разрезе районов страны, а дает лишь показатель начисленной заработной платы на душу населения. В то же время заработная плата составляет всего лишь 62 % денежных доходов населения [7]. Поэтому данный показатель может быть использован лишь для дополнительного разбиения крупных групп классификации на более мелкие, но не в качестве основы для классификации.

Более логичным представляется измерять не доходы, которые отражаются одним показателем – начисленной заработной платой, а расходы населения. Так, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в структуре денежных доходов потребительские расходы составляют около 77 % всех доходов домашних хозяйств. Во всех потребительских расходах покупка товаров равняется 73 %. Эти расходы должны улавливаться статистическим показателем розничного товарооборота торговли [7].

Для характеристики объема денежных расходов населения на потребление был использован показатель валового розничного товарооборота районов [8].

Таким образом, классификация районов по потенциальной привлекательности размещения розничных сетей проводилась по двум показателям: численности населения и объему розничного товарооборота. Определены рейтинги районов по каждому из показателей. Привлекательность района для размещения торговой сети определялась как сумма указанных рейтингов. Чем меньше значение данной суммы, тем выше уровень привлекательности. Оценивались все административные районы Республики Беларусь.

При оценке уровня освоенности регионов розничными торговыми сетями использованы данные о размещении магазинов 20 крупнейших по площади и охвату сетей. Совокупная интенсивность освоения измерялась числом магазинов разных сетей в каждом районе. Для интегральной оценки интенсивности освоения построен общий рейтинг страны по числу торговых сетей, расположенных в пределах районов.

Результаты и их обсуждение

Потенциальная привлекательность районов для размещения розничных торговых сетей. Имеющиеся различия между административными районами по численности населения, объемам розничного товарооборота и показателям средней заработной платы [8], а также географическому положению позволили дифференцировать их для сетевой розничной торговли по уровню привлекательности на 5 типов: наивысший, высокий, средний, низкий и минимальный (рис. 1). Типологические признаки районов представлены в табл. 1.

Уровень привлекательности

- Наивысший
- Высокий
- Средний
- Низкий
- Минимальный

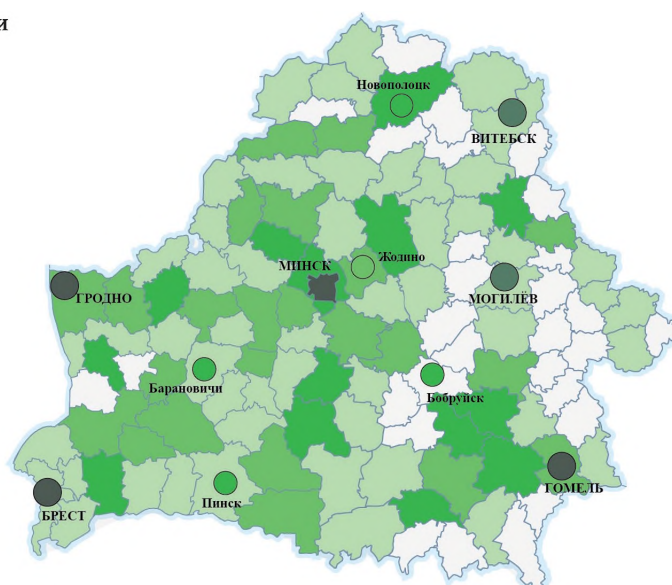


Рис. 1. Уровень привлекательности регионов Беларуси для появления розничных торговых сетей в 2018 г.

Fig. 1. The level of attractiveness of the regions of Belarus for the emergence of retail trade networks in 2018

Таблица 1

Группировка районов Республики Беларусь по уровню привлекательности для розничных сетей в 2018 г.

Table 1

Regions of the Republic of Belarus grouping in terms of attractiveness by retail in 2018

№ п/п	Уровень привлекательности	Типологический признак			Количество районов	Доля, %
		Численность населения, тыс. чел.	Объем розничного товарооборота, млн руб.	Номинальная начисленная заработная плата, руб.		
1	Наивысший	660	3250	735	6	4,7
2	Высокий	130	520	668	18	13,9

Окончание табл. 1
Ending table 1

№ п/п	Уровень привлекательности	Типологический признак			Количество районов	Доля, %
		Численность населения, тыс. чел.	Объем розничного товарооборота, млн руб.	Номинальная начисленная заработная плата, руб.		
3	Средний	55	150	600	24	18,6
4	Низкий	30	68	552	52	40,3
5	Минимальный	15	33	513	29	22,5

Тип 1. Районы с наивысшей привлекательностью для размещения сетевой торговли. Закономерно, что на вершине иерархии находится Минск как самый населенный город с самым большим товарооборотом. За ним со значительным отрывом следуют областные центры: Брест, Витебск, Гомель, Гродно и Могилёв. В данных городах сконцентрировано 42,1 % населения страны, отмечаются наивысшие объемы розничного товарооборота и наибольшие уровни заработной платы.

Тип 2. Районы с высокой привлекательностью для размещения сетевой торговли (в данную группу входят 18 субъектов, или 14 % районов, 24,9 % населения страны). В первую очередь это районы с численностью населения более 70 тыс. человек и объемом розничного товарооборота выше 250 млн руб. Среди всех стоит выделить Минский район, который концентрирует значительно большие объемы розничного товарооборота, чем другие районы этого типа, что связано с близостью Минска, население которого может выезжать за покупками в район. Также влияет и административный статус: цена аренды земли в Минском районе существенно ниже, поэтому здесь возможно размещение крупных торговых объектов. Причиной, по которой Минский район не относится к 1-му типу, является отсутствие крупных населенных пунктов, в которых возможно размещение объектов торговли.

Ко 2-му типу также относятся районы с самыми высокими заработными платами среди всех районов Беларуси – Солигорский, Речицкий, г. Новополоцк. Большинство из них являются субрегиональными центрами в своих областях и имеют достаточно выгодное транспортно-географическое положение.

Тип 3. Районы со средней привлекательностью для размещения сетевой торговли (24 субъекта, или 18,6 % районов, 13,4 % населения). К этому типу отнесены районы с численностью населения от 35 до 70 тыс. человек и объемами розничного товарооборота от 100 до 220 млн руб. Следует отметить, что большая часть районов с привлекательностью выше среднего сосредоточена в трех областях: Брестской, Гродненской и Минской. Данные районы имеют меньшую заработную плату, нежели районы 1-го и 2-го типов.

Тип 4. Районы с низкой привлекательностью для размещения сетевой торговли (52 субъекта, или 40,3 % районов, 15,2 % населения). Данная группа – самая объемная и более разнородна. В основном включает районы с численностью населения от 20 до 40 тыс. человек. Исключения составляют районы городов областного подчинения – Брестский, Могилёвский, Пинский, численность которых более 40 тыс. человек. Также районы данной группы имеют показатели розничного товарооборота от 40 до 100 млн руб. Их можно разделить на несколько подтипов:

а) районы с центрами областного подчинения: Брестский, Барановичский, Пинский, Могилёвский, Витебский. Областные и региональные центры концентрируют вокруг себя объемы розничного товарооборота, и население района ездит за покупками именно в город;

б) районы юга и юго-запада Беларуси, которые сконцентрированы вокруг более крупных районов и городов;

в) районы Витебской области со значительной убылью населения, с низким уровнем доходов и как итог – с незначительными объемами розничного товарооборота.

Также стоит отметить, что практически все районы представленной группы имеют показатели заработной платы ниже средней по стране. Хотя в некоторых районах (Островецкий, Жабинковский, Костюковичский) уровень заработной платы более высокий в сравнении с другими районами данного типа. Этот фактор может в будущем иметь положительный эффект при развитии сетевых розничных структур.

Тип 5. Районы с минимальной привлекательностью для размещения сетевой торговли (в ближайшие годы появление большого количества сетевых магазинов маловероятно) (29 субъектов, или 22,5 % районов, 4,3 % населения). Это районы с численностью населения менее 20 тыс. человек и объемом розничного товарооборота менее 40 млн руб. В основном они представлены в восточной части Беларуси, что связано с процессом депопуляции, а также низким уровнем заработной платы, что, в свою

очередь, сказывается на низких как валовых объемах розничного товарооборота, так и душевых показателях. Необходимо отметить, что большинство районов данной группы располагаются либо в приграничных территориях, либо в соседстве с крупными регионами.

В целом можно сделать вывод, что значительная часть населения республики проживает в достаточно привлекательных для размещения розничных торговых сетей районах Беларуси. Большинство районов имеет потенциал для открытия в пределах своих границ сетевых магазинов, которые значительно повысят качество обслуживания и, как следствие, общий уровень и качество жизни населения.

Руководство районов с низкой привлекательностью для размещения сетевых структур должно проводить политику по повышению данной привлекательности. Возможны такие программы, как предоставление льгот при открытии торговых объектов, сниженная налоговая нагрузка и т. д.

Оценка освоенности сетевыми торговыми объектами. Уровень освоенности сетями – это количество торговых сетей, объекты которых представлены в регионе. Были отобраны 20 крупнейших по площади розничных сетей Беларуси (табл. 2) и определен уровень освоенности, который рассчитывался по формуле

$$P = \frac{K_n}{N} \cdot 100,$$

где P – уровень освоенности торговыми сетями, %; K_n – количество торговых сетей в n -м районе; N – общее количество торговых сетей.

Таблица 2

**Крупнейшие розничные торговые сети
Республики Беларусь в 2018 г.**

Table 2

**The largest retail network
in the Republic of Belarus in 2018**

Название сети	Торговая площадь, м ²	Количество магазинов
«Евроопт»	280 651,5	554
«Корона»	87 769	52
«АМИ Мебель»	84 581,9	306
«Остров чистоты»	81 069,5	474
«Алми»	59 751,1	41
«Рублёвский»	48 585,5	65
«Пятый элемент»	41 482,5	49
«Мила»	40 776,5	375
«Буслик»	39 515	46
«Гиппо»	37 799	11
«Белмаркет»	33 314,7	60
«Виталюр»	30 660,5	49
«Санта»	30 486,5	85
«Mart Inn»	29 214,2	29
«Брусничка»	27 095,1	102
«Green»	26 640	7
«Доброном»	26 193,5	122
«Копеечка»	22 369,5	112
«Электросила»	15 005,5	29
«Мегатоп»	11 608,5	39

Примечание. Составлено по [9].

Следует отметить, что среди крупнейших по площади торговых сетей в Беларуси преобладают продовольственные. Из 20 рассматриваемых сетей 13 специализируются на продаже продуктовых товаров.

Среди непродовольственных выделяются магазины по продаже бытовой химии, мебели и товаров для дома, электротехнической продукции, а также обуви и товаров для детей.

В итоге все районы можно разделить на 5 групп, каждой из которых соответствует определенный уровень (количественный) освоённости торговыми сетями (рис. 2, табл. 3).

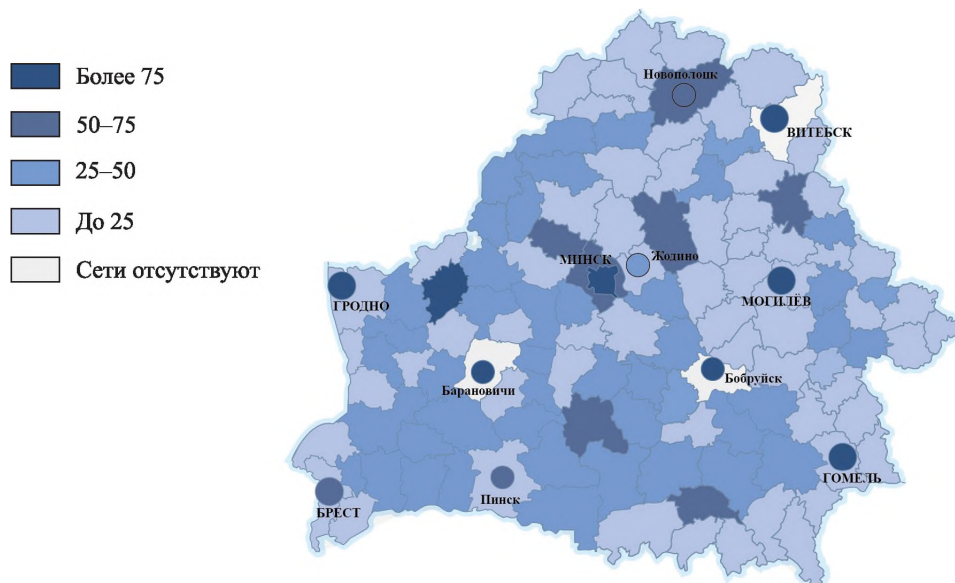


Рис. 2. Уровень освоённости регионов Беларуси розничными торговыми сетями в 2018 г., %

Fig. 2. The level of development of the regions of Belarus by retail trade networks in 2018, %

Таблица 3

Группировка районов Республики Беларусь по уровню освоённости розничными сетями в 2018 г.

Table 3

Regions of the Republic of Belarus grouping by the level of development by retail in 2018

Уровень освоённости розничными сетями, %	Количество районов	Доля районов, %	Доля численности населения группы в общей численности населения, %
Более 75	8	6,2	44
50–75	10	7,8	17,5
25–50	43	33,3	20,7
Менее 25	65	50,4	16,9
Сети отсутствуют	3	2,3	0,9

Регионы с уровнем освоённости более 75 %. К данной группе отнесены города и районы, в которых получило развитие 15 и более торговых сетей (всего 8 регионов (44 % населения страны)). В группу входят крупнейшие города, среди которых выделяется Минск: в нем расположены все рассматриваемые торговые сети, т. е. уровень освоённости составляет 100 %. Столичный регион – главный источник притяжения торговых сетей любых видов, так как именно здесь сконцентрированы значительная численность населения с максимальным уровнем дохода и, как следствие, наивысшие объемы розничного товарооборота в стране. Также положительным фактором является географическое положение Минска, расположенного на пути одного из крупнейших трансевропейских коридоров № 2 Восток – Запад. Именно начиная с Минска торговые сети чаще всего ведут свою экспансию в другие районы и города республики.

Высокий уровень освоённости характерен для областных центров, которые имеют значительные объемы товарооборота, большую численность населения и, как следствие, повышенный спрос (Витебск,

Гомель, Гродно и Могилёв). Высокой освоенностью отмечаются крупные региональные центры – Барановичи и Бобруйск, а также Лидский район. Главными причинами распространения в данных регионах торговых сетей являются выгодное экономико-географическое положение и близость крупнейших транспортных артерий, которые снижают издержки на логистику.

Регионы с уровнем освоенности от 50 до 75 %. В данной группе представлено 10 регионов (17,5 % населения). Количество торговых сетей, получивших развитие в этих районах, варьируется от 10 до 14. Характерные черты районов данной группы: численность населения более 100 тыс. человек, высокий уровень заработной платы и, как следствие, объема розничного товарооборота, что благоприятно влияет на развитие сетевых структур.

Следует выделить Минский и Солигорский районы, в которых, несмотря на высокие уровни товарооборота и заработной платы, получили развитие только 11 торговых сетей. Главными причинами этого для Минского района являются непосредственная близость Минска, который перехватывает сети, и отсутствие крупных населенных пунктов. Торговые сети не развивают магазины в пределах района из-за более значительных затрат на инфраструктуру (в первую очередь – транспортную). В пределах Минского района расположены только самые крупные торговые объекты.

Фактором, сдерживающим развитие торговых сетей в Солигорском районе, является недостаточно выгодное географическое положение. Район находится в удаленности от основных транспортных артерий Республики Беларусь, что ведет к увеличению затрат на доставку товаров в магазины.

Для таких районов, как Борисовский, Молодечненский, Оршанский, положительным фактором при дальнейшей экспансии торговых сетей может служить выгодное экономико-географическое положение в зоне досягаемости крупных трансевропейских коридоров.

Регионы с уровнем освоенности от 25 до 50 %. В этой группе 43 региона (20,7 % населения), количество торговых сетей от 5 до 9. Районы группы имеют население менее 100 тыс. человек, при этом многие характеризуются малой численностью населения, низким уровнем дохода и, как следствие, низким товарооборотом. Можно выделить подгруппы районов:

- районы с численностью населения более 50 тыс. человек. В данную категорию входят 15 районов. Кроме достаточно большой численности населения, для них характерны высокие объемы товарооборота. Для одних районов (Столинский, Лунинецкий) сдерживающим фактором при размещении торговых сетей является географическое положение, для других (Речицкий, Слуцкий, Дзержинский, Калинковичский) – близость более крупных с большим количеством сетей районов. Вполне вероятно, что диффузия сетей в ближайшее время захватит районы данной подгруппы;

- районы с населением от 20 до 50 тыс. человек. Для этих районов характерны невысокие уровни заработной платы, как следствие, – низкие показатели розничного товарооборота. В отдельных районах (Березовский, Ивацевичский, Несвижский), несмотря на выгодное географическое положение в пределах зоны влияния трансевропейского коридора № 2 и высокие уровни дохода, не получило развитие большое количество розничных сетей. Главными причинами этого является сдерживающий их развитие демографический потенциал. Для новых торговых сетей вхождение на такие незначительные торговые рынки нецелесообразно;

- районы с населением менее 20 тыс. человек. Несмотря на малочисленность населения, не самые высокие уровни заработной платы и, как следствие, низкие объемы товарооборота, данные районы имеют необходимый минимум розничных торговых сетей: в среднем в районах их 5. В таких районах, как Краснопольский, Славгородский, Стародорожский, Чаусский, по-видимому, новые розничные торговые сети при текущем развитии появляться не будут. Сети, которые уже открыли свои магазины в этих районах, занимают доминирующее положение среди розничных торговых организаций, следовательно, вход новых игроков на такие незначительные рынки маловероятен. Главной причиной, по которой в указанных районах появились розничные сети, являлся пустующий рынок. Поэтому сети, которые занимаются общестрановой экспансией, чтобы не потерять потенциальных потребителей и не пустить другие торговые организации в данные районы, открыли здесь свои магазины.

Регионы с уровнем освоенности менее 25 %. Это наиболее многочисленная группа, представляющая 65 регионов (16,9 % населения). Количество торговых сетей от 1 до 4. Для районов этой группы характерны малая численность населения, один из самых низких уровней заработной платы и, как следствие, незначительные объемы розничного товарооборота. В то же время необходимо отметить некоторые особенности развития отдельных районов.

Такие районы, как Берестовицкий, Верхнедвинский, Костюковичский, Пуховичский, Толочинский, имеют хороший потенциал для привлечения большого количества розничных сетей. Для них характерны высокие уровни доходов, которые должны обеспечивать хорошие показатели товарооборота. Существует ряд причин, по которым данные районы не представляют большого интереса для сетей. Так, Берестовицкий, Верхнедвинский, Костюковичский районы находятся в приграничной территории, и большое коли-

чество населения за покупками ездит в соседние страны. Для Пуховичского и Толочинского сдерживающим фактором является соседство с крупными регионами – Минском и Минским районом и Оршанским районом соответственно.

Отдельной группой стоят районы, в которых центрами выступают города областного подчинения и которые рассматривались отдельно выше. Такие районы, как Гомельский, Гродненский, Пинский, Брестский и Могилёвский, несмотря на высокие уровни доходов, большую численность населения, достаточно высокие объемы товарооборота, имеют слабое развитие торговых сетей. Главными причинами этого являются близость крупнейших городов и преобладающее сельское население самих районов. В данных районах отсутствуют крупные населенные пункты, которые могли бы быть источником притяжения торговых сетей.

Большинство районов данной группы расположены либо вблизи границы Республики Беларусь, либо в непосредственной близости с крупными торговыми центрами.

Регионы, в которых торговые сети отсутствуют (3 района с городами областного подчинения – Барановичский, Бобруйский и Витебский (0,9 % населения)). Это объясняется двумя причинами: отсутствием крупных населенных пунктов и торговой маятниковой миграцией населения в Барановичи, Бобруйск и Витебск соответственно.

В целом необходимо отметить, что процесс диффузии розничных сетей не завершен, что наиболее интересно для географического анализа, позволяющего увидеть специфику преград на пути их распространения.

Группировка районов по обеспеченности торговыми сетями показывает, что на процесс диффузии влияют как объективные (людность, географическое положение, уровень доходов), так и субъективные факторы. Например, ничем иным, как субъективными причинами, даже несмотря на близость крупного региона, нельзя объяснить то, что такой крупный район, как Пуховичский, имеет всего лишь 3 торговые сети, в то время как в таких малых районах, как Краснопольский или Славгородский, торговых сетей насчитывается 5.

Как показали расчеты выше, потенциальная привлекательность и реальное распространение не всегда совпадают. Основными блокирующими факторами на пути проникновения торговых сетей в те или иные районы являются не столько объемы розничного товарооборота либо численность населения, сколько географическое положение, уровень заработной платы и, как следствие, доход населения. Значимость географического положения связана с большим удельным весом расходов на логистику. Значительная удаленность района от основных транспортных путей негативно влияет на развитие розничных торговых сетей.

В то же время следует отметить, что рейтинг привлекательности и реальное размещение торговых сетей достаточно сильно коррелируют. Регионы, имеющие значительный демографический потенциал, высокий уровень доходов и, как следствие, большие объемы валового товарооборота, притягивают большее количество сетей.

Особенности регионального развития сетей. В настоящее время торговые сети играют важнейшую роль в розничной торговле Республики Беларусь. Отмечается молниеносный рост товарооборота и его концентрация у нескольких лидеров, а также снижение роли государства и малого и среднего предпринимательства. В целом на долю сетевых магазинов приходится около 80 % всей торговой площади страны и около 67 % общего количества магазинов [7].

Региональная политика торговых сетей в Республике Беларусь имеет определенные особенности, что связано с их стратегией развития.

В Беларуси рынок продовольственных товаров значительно более дифференцирован, чем непродовольственных. Главным фактором является больший объем и высокая степень разнообразия продовольственных товаров. На рынке продуктов питания присутствуют сети различных торговых форматов, а зачастую одна сеть действует в нескольких форматах (например, «Евроопт»).

Захват региональных рынков может происходить двумя путями:

- непосредственный приход розничных сетей на местный рынок в результате открытия собственных магазинов;
- покупка местных сетевых компаний.

Сети, торгующие продовольственными товарами. Стратегия и география сетевых продуктовых магазинов более разнообразны, чем у непродовольственных сетей. Многие сети предпочитают захватывать какой-либо один перспективный регион и добиваться в нем главенствующего положения, а не широко развиваться по большому количеству районов, поскольку это снижает издержки на управленческие затраты и логистику.

Среди продовольственных магазинов необходимо выделить «Евроопт», торговые объекты которого расположены практически во всех регионах страны. В настоящий момент приоритетным направлением

экспансии сети становится захват средних и малых районов. В 2018 г. «Евроопт» представлен 554 магазинами в 116 районах и городах областного подчинения. При этом часто магазины данной торговой сети при приходе в малый район сразу значительно изменяют структуру товарооборота. Для примера можно рассмотреть Наровлянский район, в который «Евроопт» пришел в 2016 г. Торговая площадь магазина почти в 3 раза превышает торговую площадь ближайшего конкурента. Естественно, что при таком положении потребитель сменит вектор своих покупок и как итог изменится структура товарооборота с доминированием «Евроопта». Такая экспансия наблюдается практически во всех малых районах страны. Поэтому приход других сетей, в первую очередь продовольственных, в такие районы на данный момент затруднителен.

В большом количестве районов представлены сети «Доброном» и «Копеечка». При этом они принадлежат одному юридическому лицу – ЗАО «Доброном». Их торговая стратегия похожа, но географически различна, что связано со снижением конкуренции друг с другом. Зачастую в районе, в котором уже присутствует «Доброном», отсутствует «Копеечка», и наоборот. Данные сети, в отличие от «Евроопта», характеризуются небольшими магазинами типа мини-маркета, магазинами товаров повседневного спроса, реже – гастрономами.

Среди других сетей наблюдается схожая стратегия и география размещения объектов торговли. «Алми», «Гиппо», «Корона», «Green», «Mart Inn» располагаются в крупных районах и городах с высокой покупательной способностью населения. Среди торговых форматов преобладают универсамы, супермаркеты и гипермаркеты. Поэтому выход данных сетей за пределы крупнейших регионов в настоящее время маловероятен и бесперспективен.

Отдельно стоит рассмотреть сеть «Брусничка», торговые объекты которой размещаются в крупнейших городах Беларуси. Стратегия данной сети заключается в захвате рынка малой торговли, поэтому магазины представляют собой гастрономы, магазины товаров повседневного спроса и мини-маркеты. Всего в 9 городах страны представлено 102 магазина данной сети.

Сети, торгующие непродовольственными товарами. В категории сетей непродовольственных товаров следует выделить две группы:

- сети, распространенные практически повсеместно на территории страны. К ним относятся «АМИ Мебель», «Остров чистоты» и «Мила». Данные сети – монополисты в торговле товарами своих категорий. Так, сеть «АМИ Мебель» представлена 306 магазинами в 119 регионах. Ее магазины являются главными продавцами мебели и товаров для дома. При этом если в крупных городах и районах на данном рынке товаров существует конкуренция, то в небольших и средних районах данная сеть занимает главенствующее положение и приход других торговых сетей схожих групп товаров в эти районы затруднителен.

«Мила» и «Остров чистоты» – главные конкуренты на рынке товаров бытовой химии. Конкуренция проявляется в открытии магазинов в одном либо в соседнем здании. По степени проникновения и формам торговли данные сети имеют различия. «Остров чистоты» покрывает практически все регионы. На 2018 г. 474 магазина размещены в 111 районах и городах Беларуси. В то же время «Мила» имеет 375 магазинов, но в 73 регионах. Основное различие заключается в экспансии малых районов. «Остров чистоты», проникая на небольшие торговые рынки, занимает большую долю в структуре товарооборота, следовательно, приход «Милы» невыгоден, так как деление небольшого рынка не принесет значительной прибыли. Также отмечают площади торговых магазинов: классический магазин «Острова чистоты» имеет площадь около 200 м², в то время как магазин «Милы» – около 100 м². Данные различия сказываются на разнообразии предлагаемых товаров;

- сети, распространенные в крупнейших регионах страны. Среди них выделяются торгующие электротехническими бытовыми товарами «Пятый элемент» и «Электросила», которые при размещении магазинов особое внимание уделяют выгодному экономико-географическому положению, плотности региона, а также уровню доходов населения. Можно выделить алгоритм распространения сетей данной группы: от крупнейших по численности населения регионов в регионы с численностью населения выше 50 тыс. человек. При этом в настоящее время не наблюдается дальнейшая экспансия в небольшие районы страны, что связано с низкими доходами и спросом и, следовательно, невыгодностью открытия магазинов.

Географическое распространение еще двух непродовольственных сетей в целом схоже с магазинами электротехнических товаров. «Буслик» и «Мегатоп» распространены в крупнейших регионах страны с высоким потребительским спросом и концентрацией населения как проживающего, так и приезжающего в целях покупки товаров.

Таким образом, географическое распространение торговых сетей имеет свои особенности и отличия в зависимости от специализации. Среди каждой категории магазинов существуют наиболее географически развитые торговые сети, которые в ближайшем будущем только продолжают экспансию в регионы, где они еще не представлены либо представлены в недостаточном количестве.

Заклучение

Географический анализ распространения по районам и городам Беларуси торговых сетей показал, что последние продолжают свою экспансию, при этом отмечаются различия и сходства в политике их размещения. Следует выделить имеющиеся диспропорции в распространении торговых сетей. Так, в общем наблюдается увеличение уровня освоенности сетями с северо-востока на юго-запад страны. Данные различия обусловлены в первую очередь массовыми процессами депопуляции восточных регионов Беларуси, а также более низким уровнем доходов и, как следствие, объемов розничного товарооборота.

Территориально менее развитые торговые сети продолжают свою экспансию в крупные административные районы, в которых еще не представлены. Для сетей, позже начинающих региональное распространение, единственным возможным вариантом является приход в небольшие и средние по численности и уровню доходов регионы, что связано с меньшей занятостью рынка. В ближайшие несколько лет едва ли можно ожидать значительного изменения сложившейся структуры торговли. Крупнейшие сети, такие как «АМИ Мебель», «Евроопт», «Доброном», «Остров чистоты» и «Мила», захватили практически все перспективные регионы, и приход новых выглядит бесперспективным. Один из немногих вариантов распространения – приход в минимально освоенные торговыми сетями регионы. Однако в таких регионах наблюдается низкий уровень доходов, малая численность населения и, как следствие, низкий уровень потребительского спроса.

Выявленные межрегиональные диспропорции в распространении торговых сетей могут выступать одним из инструментов региональной политики при размещении этих сетей в административных районах Беларуси. Важное значение также имеет отражение возможной монополизации отдельными торговыми сетями целых регионов, которая приведет к ухудшению качества торговли и обслуживания населения.

Библиографические ссылки

1. Чкалова ОВ. *Формирование и развитие розничной торговой сети в мегаполисе*. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н. И. Лобачевского; 2003. 231 с.
2. Большев ОН. Факторы и особенности территориальной дифференциации развития сетей в розничной торговле субъектов Российской Федерации. *Региональные исследования*. 2013;3:79–85.
3. Karczmarek T. Development and spatial structure of retail trade in Poland. In: Churski P, editor. *Contemporary Issues in Polish Geography*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe; 2012. p. 157–177.
4. Никольский ИВ. *Избранные труды*. Смоленск: Ойкумена; 2009. 332 с.
5. Козырев СА. Территориальное распространение торговых сетей в системе городов России. *Региональные исследования*. 2007;2:21–33.
6. Зотова МВ. Особенности развития торговых сетевых структур в крупнейших городах России. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2006;6:71–80.
7. *Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2017*. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь; 2017. 484 с.
8. *Регионы Республики Беларусь. Том 2*. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь; 2017. 584 с.
9. Сведения торгового реестра Республики Беларусь [Интернет]. Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь [процитировано 20 сентября 2019 г.]. Доступно по: <http://mart.gov.by/sites/mart/home/activities/regulation-trade/trade-reg/trade-reg-inf.html>.

References

1. Chkalova OV. *Formirovanie i razvitie roznichnoi torgovoi seti v megapolise* [Formation and development of retail network in the city]. Nizhnij Novgorod: Nizhni Novgorod University Press; 2003. 231 p. Russian.
2. Bolychev ON. The factors and features of territorial differentiation of retail chain development in the constituent entities of the Russian Federation. *Regional'nye issledovaniya*. 2013;3:79–85. Russian.
3. Karczmarek T. Development and spatial structure of retail trade in Poland. In: Churski P, editor. *Contemporary Issues in Polish Geography*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe; 2012. p. 157–177.
4. Nikol'skii IV. *Izbrannye trudy*. Smolensk: Oikumena; 2009. 332 p. Russian.
5. Kozyrev SA. Area of trade networks distribution in the system of cities in Russia. *Regional'nye issledovaniya*. 2007;2:21–33. Russian.
6. Zotova MV. Peculiarities of trade net structure development in big cities. *Izvestie Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*. 2006;6:71–80. Russian.
7. *Statistical Yearbook of the Republic of Belarus, 2017*. Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus; 2017. 484 p. Russian.
8. *Regions of the Republic of Belarus, 2017. Volume 2*. Minsk: National Statistical Committee of the Republic of Belarus; 2017. 584 p.
9. Trade Registry Details [Internet]. Ministry of Antimonopoly Regulation and Trade of the Republic of Belarus [cited 2019 September 20]. Available from: <http://mart.gov.by/sites/mart/home/activities/regulation-trade/trade-reg/trade-reg-inf.html>. Russian.

Статья поступила в редакцию 01.10.2018.
Received by editorial board 01.10.2018.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬПИЙСКО-СУБАЛЬПИЙСКОГО ВЫСОКОГОРЬЯ ЧЕРНОГОРЫ НА ОСНОВЕ ЛАНДШАФТНОГО ПОДХОДА

Н. Н. КАРАБИНИУК¹⁾, В. Ю. ПЕРЕСОЛЯК¹⁾

¹⁾Ужгородский национальный университет, ул. Университетская, 14, 88000, г. Ужгород, Украина

Представлен опыт применения ландшафтного подхода в оптимизации системы землепользования территории альпийско-субальпийского высокогорья Черногоры в пределах Закарпатской административной области в качестве полонинского хозяйства. На основе установленных нами особенностей ландшафтной организации высокогорной территории и свойств целостных геокомплексов Черногоры на примере ключевого участка Шешул – Петрос, а также закономерностей распространения негативных природных процессов были определены главные очаги и масштабы влияния объектов полонинского хозяйства на конкретные природные территориальные комплексы уровня урочища. С учетом ландшафта условно разделены высокогорные природные комплексы и искусственно сформированные пастбищные угодья лесного среднегорного яруса. В ходе исследований определены крупнейшие полонины выгонного типа в окрестностях ключевого участка Шешул – Петрос, особенности их размещения и функционирования, а также масштабы привлечения высокогорных урочищ, которые также используются в хозяйстве как пастбищные угодья. Анализ морфологической структуры высокогорья позволил установить закономерности организации природных комплексов, выражающие свойства и экологическое состояние полонинских пастбищных угодий, и разработать рекомендации по оптимизации полонинского хозяйства как основного землепользователя высокогорья Черногоры.

Ключевые слова: ландшафтная структура; Черногора; альпийско-субальпийское высокогорье; землепользование; оптимизация; полонинское хозяйство.

OPTIMIZATION OF LAND USE OF ALPINE-SUBALPINE HIGHLANDS CHORNOHORA ON THE BASIS OF THE LANDSCAPE PRINCIPLES

М. М. KARABINIUK^a, V. Yu. PERESOLYAK^a

^aUzhhorod National University, 14 University Street, Uzhhorod 88000, Ukraine

Corresponding author: M. M. Karabiniuk (karabin1992@ukr.net)

The article presents the experience of using the landscape approach in optimizing the land use system of the alpine-subalpine highlands of Chornohora in the borders of the Transcarpathian region, the quality of the pasturage. On the basis of the features of the landscape organization of the mountainous territory and the properties of the integral geocomplexes of Chornohora, on the example of the key-site Sheshul – Petros, as well as regularities of the distribution of

Образец цитирования:

Карабиниук НН, Пересоляк ВЮ. Оптимизация системы землепользования альпийско-субальпийского высокогорья Черногоры на основе ландшафтного подхода. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:73–81 (на англ.).
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-73-81>

For citation:

Karabiniuk MM, Peresolyak VYu. Optimization of land use of alpine-subalpine highlands Chornohora on the basis of the landscape principles. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:73–81.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-73-81>

Авторы:

Николай Николаевич Карабиниук – преподаватель кафедры физической географии и рационального природопользования географического факультета.

Владислав Юрьевич Пересоляк – кандидат наук (государственное управление), доцент, заведующий кафедрой землеустройства и кадастра географического факультета.

Authors:

Mykola M. Karabiniuk, lecturer at the department of physical geography and environmental management, faculty of geography.

karabin1992@ukr.net

Vladyslav Yu. Peresolyak, PhD (public administration), docent, head of the department of land management and cadaster, faculty of geography.

peresolyak@bigmir.net

negative natural processes, the main centers and scale of the influence of the pasturage objects on the specific natural territorial complexes of the level of the tract were determined. On the landscape basis there are conditionally distinguished highland natural complexes from artificially developed pasture lands of forest middle level tier. The largest field pasturing type in the vicinity of the key area of Sheshul – Petros, the features of their placement and functioning, as well as the extent of attracting highland tracts, which are also used in the economy as pasture land in our research. The analysis of the morphological structure of the highlands made it possible to establish regularities of the organization of natural complexes, which express the properties and ecological state of the polonina pasture lands, and to develop recommendations for optimization of the pasturage as the main land useage of the highlands of Chornohora.

Keywords: landscape structure; Chornohora; alpine-subalpine highlands; land use; optimization; pasturage.

Introduction

The key to the stable functioning and economic development of the state is the efficient usage of all natural resources that can meet the needs of the population and can reach national goals. At the same time, the issue of preservation of the environment arises, because the environmentally safe usage of the resources contributes to the long-term development, reduction of the degree of exhaustion and the possibility of transferring it to the next generations.

A particularly valuable resource of the Transcarpathian region is the alpine-subalpine highlands, which is timed to the maximum hypsometric levels of the mountain ranges of the Ukrainian Carpathians, the highest of which is Chornohora. The territory of the highlands is the main place for conducting the pasturage for local population and recreation, as well as an integral part of the nature-protected objects of the highest level of the heritage (the Carpathian Biosphere Reserve (CBR)), which emphasizes the value and necessity of preservation. There is a tendency to reduce the number of lands of high-mountain pastures as a result of overgrown forest over the last decade, in the structure of agricultural land of the Rakhiv district of the Transcarpathian region. In this case, it is expedient to establish the territory of «just high mountain» and its conditional separation from the artificially developed pastures of the forest middle mountains tier.

Topicality of research

For a thorough study of the alpine-subalpine highlands of Chornohora, it is necessary to apply a landscape approach that will make it possible to establish the morphological structure and properties of integral geocomplexes, the patterns of the proliferation of negative natural processes, the present state and depth of anthropogenic modification, as well as the centers and scale of the impact of specific objects of polonina farms. The peaks of the mountains and the surface of the ridges are covered with grass, shrubs and moss-lichen vegetation, which are located above the upper limit of the forest and are used as pasture in the Ukrainian Carpathians are called «polonina».

Comprehensive analysis of the highlands of Chornohora on the basis of the landscape approach will allow the development of an individual set of measures to optimize the management of the pastoral economy as the main type of economic use of high mountain geocomplexes in the final stage. Similar ecological and landscape studies of the highlands have not been conducted before, therefore, the results of the analysis will be useful for optimizing the system of land usage, primarily in the form of a justification for the allocation of certain tracts of pasture land in the management and conservation of deeply modified tracts.

Analysis of recent research and publications

A detailed study of the issues of optimizing the land use system of the alpine-subalpine highlands of Chornohora landscape with the use of the landscape approach was not carried out before.

Instead, some studies related to the issues of the proper management of the pastoral economy (E. Egan [1], M. P. Tivodar [2], V. M. Klapchuk [3]), the consequences of its influence on the ecological state of geocomplexes and vegetation dynamics (K. A. Malinovskii [4; 5], M. Troll and I. Sitko [6; 7], I. B. Koinova, I. M. Rozhko [8]). Study of the structure of the land of regional physical and geographical units and separate natural territorial complexes of the Ukrainian Carpathians, including the Chornohora landscape, was conducted by A. V. Melnyk [9]. His research on land use mainly concerned the analysis of the factors of anthropogenic modification of landscape complexes and their ecological status, as a consequence of the structure of land and the nature of land use [9]. The authors of this article [10] also analyzed the current state of economic use, the problems of using high-mountainous natural territorial complexes and the structure of land in high mountains of the Chornohora landscape.

The first information about the peculiarities and genesis of natural territorial complexes of the alpine-subalpine highlands of Chornohora within the Transcarpathian region is presented in the work of G. P. Miller [11], who carried out a comprehensive landscape analysis and made the landscape map of Chornohora at the level of highlands and complex tracts. The morphological structure of the alpine-subalpine highlands of the Chornohora landscape at the level of types of terrain is presented in the work of K. I. Gerenchuk, M. M. Koynova, P. M. Tsysy [12]. Later, the features of the landscape structure on the territory of the studied key area were partly disclosed in the analysis of the landscape structure of the Ukrainian Carpathians [9; 13; 14], Transcarpathian region [15]. Particular attention deserves the work of G. P. Miller [16], in which he introduced the scheme of separating the strings, highlands and sectors in the form of a transect from the White Tysa river to the Lazeshchyna river through the central part of our key area Sheshul – Petros [16]. The structure of the land of high mountains of the Chornohora landscape was also carried out by some authors of this article [10].

Setting objectives

Natural territorial complexes of the alpine-subalpine highlands of Chornohora are characterized by considerable diversity and a peculiar combination of the expressed morphological structure. Much of the highlands are widely used in the economy, which is often accompanied by the destruction of soil and vegetation cover, the development of negative physical and geographical processes, which makes worse the quality and ecological stability of high mountain geocomplexes. Significant use of tracts of highlands as natural pasture lands requires monitoring of their ecological status, degree of modification and opportunities for further use. Therefore, the main task of our study is to optimize the land use system of the alpine-subalpine highlands of Chornohora as a management of the pastoral economy based on regularities of the landscape organization of the territory.

Materials and methods

Application of the landscape approach in optimizing the land use system of the highland area implies the establishment of interconnections and the functioning of individual structural units. On the basis of spatial relationships between natural territorial units, five main types of landscape-territorial structures are identified, which together define the main features of the landscape territorial organization as a whole and the possibility of solving the overwhelming majority of practical problems of rational land use. These relationships and their corresponding types of landscape-territorial structures (LTS) are positional-dynamic, paragenetic, basin, bio-centric-network and genetic-morphological [17]. The strongest interrelationships, and therefore, the highest stability, are characteristics of genetically related geocomplexes, which are characterized by a certain process of formation and development, an integral combination between components and the same ability to counter anthropogenic load. This is especially important in the study of high mountain natural complexes. Therefore, in our opinion, the identification and study of high mountain natural complexes is a priority from the point of view of their genetic affiliation for the purposes of land management. Based on these positions, we consider it expedient to use the genetic-morphological LTS as our one, which is best suited for studying the landscape structure of the alpine-subalpine highlands.

According to A. G. Isachenko scheme of the hierarchy of natural territorial complexes of the local level is as follows: facies → under tract → tracts → terrain [18]. The landscape structure is added to the structure of the mountain landscape, such as range, altitude (analogue of the terrain, expressing altitude landscape tiers) and sector [19].

In our opinion, for the practical tasks of land management, the greatest interest in the geosystem of the local level is lower tracts and tracts, because the basis of their isolation lie purely internal landscape and environmental factors, and the size of economic lands, their zones of influence are compatible with the geosystems of this level. Therefore, their analysis is most needed for solving practical tasks of land management [17].

Emphasizing the peculiarity and complexity of the morphological structure of the highlands as the object of our research, as well as the complex of applied aspects and tasks set for optimization of the land use system, the theoretical and methodological basis of our research served the position and methods of field landscape mapping of mountain landscape studies developed by G. P. Miller in 1974 [16; 20].

The study of the landscape structure of the alpine-subalpine highlands of Chornohora within the Transcarpathian region was carried out at the key site Sheshul – Petros. They took place in three stages: preparatory (pre-field), field and chamber. At the preparatory stage, a map-hypothesis was created on a key site, the initial data for which the existing maps and diagrams [9; 11; 13; 16] were used, and the branch maps (geological, geomorphological, maps of the quaternary deposits) were used for making the conclusion [21; 22], and soil survey materials [23], Google Earth cosmic photos (2015), etc. were used. For the complete analysis of the key area relief, the vectorized topographic scale of scale 1 : 25 000 was vectorized and a digital model of relief was created, which formed the basis for constructing thematic maps: steepness and slope exposures. When deve-

loping the map of the earth's steepness, the degree of G. P. Miller [16; 20] was used, namely: less than 3° – very slope; 3–6° – slope; 6–9° – slowfalling down; 9–12° – falling down; 12–15° – strong-burning; 15–30° – steep; 30–45° – very steep; more than 45° – precipice.

During the field stage, we conducted field landscape mapping of natural complexes according to the method of G. P. Miller [16; 20], objects of which were geocomplexes of all levels of the morphological structure: range, highlands, sectors, and especially tracts. At the departmental stage of the study, the results of their field landscape mapping were processed, and the materials obtained in the course of complex landscaping studies of facies, the laying of a landscape map on a key plot at the scale of 1 : 25 000 and a legend to it were carried out.

Results and discussion

The landscape of Chornogora is integral, clearly expressed in the relief and the highest mountain range of the Ukrainian Carpathians. It extends from the Black Tisza river to the southeast to the Black Cheremosh river. On the main ridge of Chornohora there is a watershed between the basins of the Prut and Black Cheremosh rivers on the one hand and the Black Tisza and White Tisza on the other. At the same time, the boundary between the Ivano-Frankivsk and Transcarpathian administrative regions passes along the watershed. Within the Transcarpathian region, Chornogora is located in the outskirts of the Rakhiv administrative-territorial area, the area of which is 1892 km², and occupies about 344.5 km² (18.2 % of the district's area). The landscape of Chornohora from ancient times was at the heart of the spiritual and economic life of the hutsul region.

According to the physico-geographical zoning of A. V. Melnyk, the Chornohora landscapes are the part of the Svydovets-Chornohora district of Vysokogorno-Polonin region [9]. The highest gipsometric level in the morphological structure of the Chornohora landscape is occupied by high-mountain geocomplexes, which are confined to massive ridges and their spurs, composed predominantly of solid sandstones. In the course of landscape studies, it has been established that the high mountains of Chornogora are represented by two fragmented fragments that extend from the northwest to the southeast. Most of the high mountains of Chornogora are confined to the main ridge, which stretches 25–30 km in the southeastern direction from Goverla to the city of Pip-Ivan Chornohirsky. The second fragment is located in the area of Petros and occupies an area of 14.9 km². This site is a model in our research, since most of it is part of the CBR and retains traces of significant anthropogenic load of ancient economic use and modern recreation.

The territory of the key site Sheshul – Petros is located in the northwestern part of the alpine-subalpine highlands of the Chornohora landscape within the Transcarpathian region. It is a continuation of the Main range Chornohora, which turns from the top of Hoverla (2060.8 m) to the west to the peak of Petros (2020.2 m), from which the spine branching in two directions: a small part – in the northwest, and most of it – in the southwest. At the same time, the orographic axis of this territory has a southwestern orientation in the direction Petros – Sheshul (1727.8 m) – Menchul Kvasivsky (1305.2 m). In this direction there is a decrease in the maximum heights from 2000 to 1600, the average height is 1750–1800 m above sea level (a. s. l.) (fig. 1).

Complex combination of forms of relief of the key plot and associated with these forms of morphologic units of the alpine-subalpine highlands is the result of petrographic and lithologic features of geological breeds formed as a result of peculiar development of the geological foundation of the territory as a leading factor in the formation of the landscape structure.

Characteristics of the natural territorial complexes of the alpine-subalpine highlands of Chornohora are difficult accessibility, significant temperature variations, and the dismemberment of the relief. Therefore, historically, the following types of economic activity are made: high-mountainous natural pastures for livestock farming (pasturage economy) and recreation, which together with environmental protection activities are decisive in the structure of functional use of the territory [10].

The most negative anthropogenic impact on the highlands of Chornohora is the exploitation of geocomplexes in the pastures of pasturage farm. Polonina is characterized by a cold and humid climate, a short and rainy vegetation period, a long and snowy winter. The total area of the valleys in the eastern part of the Carpathians is about 50 thousand hectares, including in Chornohora (including areas of the Chornogora estuary within the Ivano-Frankivsk region) – 16 thousand hectares [5].

Nevertheless, in recent decades the capacity of the pasturage farm has significantly decreased as a result of a significant reduction in the livestock population of the local population. Analyzing the composition of agricultural lands in Rakhiv district for 2011–2016 (table 1), it was revealed that quantitative indices of pasture are characterized by considerable dynamics (although data are not isolated separately for Chornohora, but they express a general tendency). Of all pastures, the status of mountainous have pastures of more than 71 %. According to table 1, the lands of mountain pastures decrease in their areas. If from 2011 to 2012 their area decreased by 0.77 hectares, then from 2012 to 2013 this figure already became 2.99 hectares. Such indicators may show a reduction in the capacity of the polonina farm and the development of the process of restoring natural landscapes in the forest belt [10].

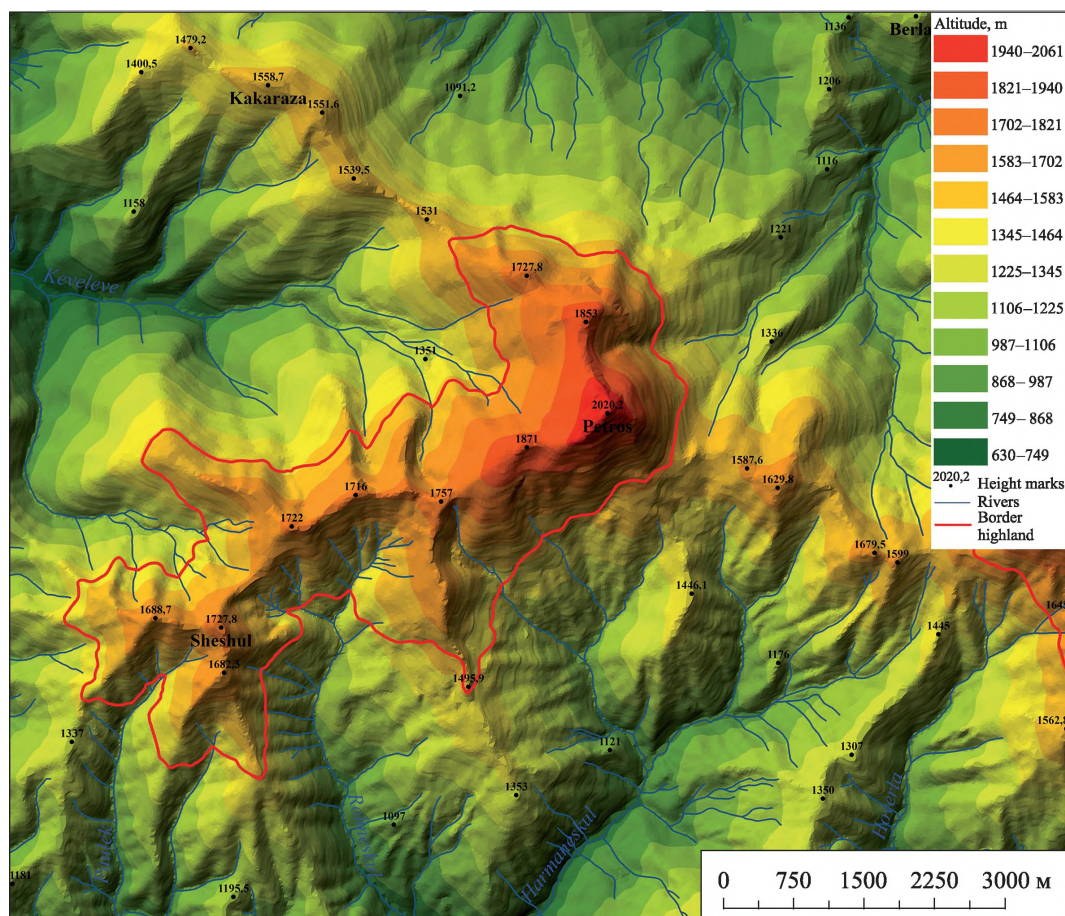


Fig. 1. Hypsometric map of key area Sheshul – Petros

Table 1

Composition of farming land of Rakhiv district

Farming land		Area of agricultural land, ha					
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
Tillage		1990.431 2	1990.531 2	1990.531 2	1989.867 3	1872.651 0	1872.651 0
Gardens		190.379 6	190.379 6	190.379 6	190.379 6	216.080 1	216.080 1
Hayfields		19 199.471 6	19 199.089 9	19 199.089 9	19 198.339 9	19 167.796 9	19 166.167
Pastures	Total	14 281.309 2	14 280.474 3	14 277.486 4	14 277.486 4	14 242.111 2	14 242.111 2
	Including mountain	10 268.353 9	10 267.604 0	10 264.616 1	10 264.616 1	10 264.616 1	10 264.616 1
Under the farmstead buildings yards		96.852 2	97.092 7	97.031 0	96.669 5	93.045 6	93.328 6
Under the farmstead roads and stringer		478.955 3	478.955 3	478.867 1	478.867 1	426.786 2	426.721 6
Others		1.220 0	1.220 0	1.220 0	1.220 0	2.348 7	2.348 7
Total		36 238.619 1	36 237.743 0	36 234.605 2	36 232.829 8	36 020.819 7	36 019.408 2

Source: [10].

As a confirmation of the reduction of the Chornohora pastures, the results of the study of the state of the pasturage economy in the western part of the highlands of the Chornohora landscape in the spatial-temporal aspect, its impact on the ecological state of the geocomplexes and the dynamics of the upper boundary of the forest conducted by the Polish scientists M. Troll and I. Sitko [6; 7]. These studies also prove that the polonina farm is closely related to the high altitude of the steep-sloping erosion-denudation forest middle mountains, which is hypsometrically lower.

In the boundaries of the forest zone, buildings (blocks, stools, fences) of the pasturage economy are located as a result of the need for access to wood for the construction and logging of wood, as well as better protection against adverse weather events. On the ground, deforestation, increasing the secondary (after-forest) meadows, is mainly used for harvesting hay and grazing livestock. According to E. Egan, «the Carpathian hills were once virgin olive trees. Those [hutsuls], which eradicated the forest and created a land here»¹ [1, p. 39], it can be argued that artificial expansion of areas for grazing took place already in the 18th century. Only a small part of the pasture is located in the vegetation zone of natural alpine meadows; instead, most were created by purifying subalpine shrubs and forests [6]. That is, the alpine-subalpine highlands of Chornohora are used in the pasturage economy mainly as pasture, and then fragmentary. Therefore, the main task of optimizing the land use system of the alpine-subalpine highlands of Chornohora is to establish the main cells and specific geocomplexes, which undergo periodic loading and determine their current state.

The mountains and vegetation belts of the mountain range are divided into two types: the first type of valleys is located only in the sub-alpine zone, the second – in the sub-alpine and alpine zones [5]. According to this classification the mountains of the Chornohora massifs belong to the second type, the peaks of which exceed 1800 m a. s. l., on which the alpine belt of vegetation has been formed.

The grazing of livestock directly on the alpine-subalpine meadows of Chornohora is accompanied by a decrease in biomass through eating and dredging, a change in the species composition of vegetation, the destruction of turf, the creation of micropores and potholes, consolidation of soil, increased erosion processes, etc. In intensive grazing of cattle from ecosystems regularly withdraw an essential part of primary production. As a result, not only the composition of the biota changes, but also the amount of dying phytomass, which enters the biological cycle, changes the structure of the soil, decreases the flow of nutrients into the soil. The effects of such influence sometimes do not appear immediately, but the effect is superimposed and leads to significant degradation processes, mainly in the case of intensive grazing [8].

The grazing is carried out along the Chornohora main dividing range, in the pasturage around Petros, such as Menchul, Konets, Sheshul, Garmenskaya, Govcheskaya, Stupi, Shumensk and others. The grazing takes place mainly in the buffer zone of the CBR, but is often observed in the reserve area on the slopes of the city of Turku, Gutin-Tomnatka and in the brown lake Brebenscule. This is a consequence of the imperfect zoning of the CBR territory and a significant disagreement with the functioning of local areas.

Based on our studies of the landscape structure of the northwestern part of the alpine-subalpine highlands of Chornohora, on the example of the key site Sheshul – Petros, the landscape confinement of the pasturage to the geocomplexes from the highest morphological units (sectors and localities) to the lowest (simple tracts and ridges) is established.

As a result of the orographic impact on the redistribution of heat and moisture within the highlands, the landscape sector can be traced. The consequence is the domination of meadow vegetation in the tracts of the sector of the southwestern macro-slope and the predominance of the juniper-green-eyed curvature in the tracts of the sector of the northeast macroslope. Such a distribution of plant cover is enhanced by anthropogenic activity. The slopes of the southwestern sector, which receive more solar heat and precipitation for growing vegetation, which also contributes to the regeneration of arid vegetation, as the main feedland of the valleys, are widely used as pasture land in the pasturage farm. This contributed to a significant degradation of the vegetation and significant destruction of the subalpine curvature. Instead, tracts of the northeastern sector are found mainly in the beds of the heads and are characterized by greater steepness and domination of the shrubs, which makes it difficult and sometimes impossible to use them as pastures.

It was established that the largest mountain valleys in the outskirts of the key area of Sheshul – Petros, which use the breeding type of cattle, are Menchul, Konets, Sheshul, Garmenskaya, Govcheskaya, Stupi, Shumensk. Under the influence of the Menchul valley there are tracts: weak and hilly (6–12°) weakly convex surface of the spurs, steep (15–30°) convex spurge vertices, steep (15–30°) slopes of western and northwest exposures, declining and strongly-dead (9–12°) step slopes of the southwest exposition, steep (15–30°) slopes of southwest expositions, and others.

As the pastures of the valleys, the end uses tracts: the steep slopes of the west and northwest exposures, steep and very steep (15–45°) slopes of the drainage basins of the southern and southwestern expositions, steep and very steep (15–45°) slopes of southern and southeast exposition, steep and very steep (15–45°) slopes of drainage basins of southeastern and eastern expositions with processes of linear erosion, etc.

One of the largest mountain polonina, which is located in the middle of Chornohora, but used as pasture tract highlands is Rogneska. Geocomplexes are used as pasture lands: steep (15–30°) slopes of southwest expositions, steep (15–30°) slopes of western and northwest exposures, steep (15–30°) wavy slopes of drainage reservoirs of western exposition on shoulders geological layers, loose and weakly flaccid (3–9°) surfaces of the moraine-feathered bottom of the carcasses, as well as weak-fall and drops (6–12°) of weakly convex surfaces of the spurs and weakly convex ridges of the jagged surfaces.

¹ Hereinafter translated by M. K.

One of the largest mountain polonina in the vicinity of Petros is the Garmanets polonina, which is located on genetically distinct tracts, than the rest of the mountain valleys of the key plot. The main part of polonin's buildings (the local name «the stilo») is located in the tract of loose and weak-fall ($3-9^\circ$) surfaces of the moraine-feather-bed bottoms of the waves of wavy surfaces of loam-boulder furrow moraines. As a consequence of the management of the tract of the moraine-clinging bottoms of this strata is characterized by significant anthropogenic modification, the destruction of mountain-pine curvature and the spread of secondary meadow whitewashed wilderness and horse radish. As a result of the annual livestock grazing, permanent paths of wood are formed, along which partially (in places completely) the turf is destroyed, numerous micro beds and potholes are formed, which intensify erosion processes. As grazing lands of the valleys, besides the neighboring tracts of steep ($15-30^\circ$) dismembered slopes of the moraine-bearing bays, the tracts are used: steep and very steep ($15-30^\circ$) slopes of southern and southeastern expositions, steep ($15-30^\circ$) convex spurs of vertices, as well as tracts of middle-highland belt.

A similar influence of pastures from the valleys of Stupa and Serilivka is experienced by the tracts of the bottoms and walls of the carcasses, and especially the tracts of the precipitated surfaces of the besieging walls of the right-handed beats on the shoulders of the strata. Specialization of these valleys is oriented on sheep breeding, but the approach to organizing grazing is significantly different from the previous ones. It consists in the alternate use of mountain polonina, depending on the condition of the forage base and weather conditions. That is, the valleys of Stupi, Serilivka and several smaller ones do not function simultaneously and are used in fact by one economy. The nature of the economy is reflected in the local name of the polonina of this type – «staya», that is, the place of parking. This type of organization of the pasturage contributes to reducing the concentration of loading on the geocomplex, the best restoration of biomass, reducing the depth of modification of the complex, etc.

Most of the territory of the highlands of the Sheshul – Petros site uses region of Shumensk for grazing. In the past it was formed of Lower, Medium and Upper parts of the stila. Polonina specializes in cattle grazing. Although the whole polonina is located in the middle mountains, where a large part of the pasture land is also found, but annually uses high-altitude natural complexes as a raw material base for biomass: steep ($15-30^\circ$) slopes of the Southwest exposure and steep ($15-30^\circ$) slopes of the drainage basins of the northwest and southwestern expositions. As a result of the pasturage economy in the tracts involved, the belt of subalpine crookedness has been significantly destroyed and the development of erosion processes has taken place.

Recommendations

The cessation of the destruction of the structure of the alpine-subalpine phytocoenoses of the high-mountainous georgetal complexes of Chornohora can be achieved due to the strict separation of forests from pastures and the observance of special rules of management in them. Until recently, the main reason for such rules was the introduction of graft forage system as the basis of rational pastures in the mountain polonina, but due to the decrease in livestock and the general decline of the pasturage farms, the need for it has lost its relevance. Optimization of the land use system is reduced to the dispersion of the load of the pasturage economy on the geocomplex. This can be achieved by dividing the capacity of individual mountain valleys in pasture lands and infrastructure (sheds, residential buildings) of non-functioning mountain valleys, thus achieving the optimal number of livestock.

The restoration of the forest cover in the middle of the mountains in the vicinity of abandoned valleys should be accompanied by cleansing from the young, because from an economic point of view, due to the considerable distance of these lands, it is not economically advantageous to transport wood, but these pasture lands are an important part of the feed base and a prerequisite for the development of the economy in the province. Now there is a danger of losing pastures located in the middle reaches, which are in contact with tracts of the alpine-subalpine highlands and are an important raw material resource and feed base.

To maximize the effect of the concentration of polonina farms, it is advisable to conduct a study of the present state and anthropogenic modification of natural highland complexes. After all, in view of the nature-conservation purpose of most of the highlands, it is not appropriate to involve valuable geocopies or territories with primary vegetation in operation. In addition, for harmonious development and ecologization of the traditional pastoral economy, it is appropriate to combine it with recreational activities, limiting livestock, but attracting tourists to visit the pasturage farms.

Conclusions

The main economic component of the land use system of the alpine-subalpine highlands of Chornohora within the Transcarpathian region is the polonina farms, which uses high-altitude geocomplexes mainly as pasture lands. Optimization of the pasturage economy is based on the genetic-morphological landscape structure

with the application of the landscape approach. The analysis of the morphological structure of the highlands made it possible to establish the regularities of the organization of natural complexes, which express the properties and ecological state of the polonina pasture lands.

In the course of our researches it was established that the largest polonina in the outskirts of the key area of Petros, which uses the curried type of grazing of cattle, are Menchul, Konets, Sheshul, Garmenskaya, Govcheskaya, Stupi, and Shumenskaya. The greatest influence of the pasturage is experienced by natural territorial complexes, which are located within a radius of 1–2 km to the valleys, the placement of which tends to the upper limit of the forest, with a slightly lesser impact of the economy, geocomplexes that are located at distances of more than 2 km and tourist routes.

Бібліографічні посилання

1. Еган Е. *Економічне положення руських селян в Угорщині. Меморандум*. Львів: [s. n.]; 1901. 40 с.
2. Тиводар МП. *Традиційне скотарство Українських Карпат другої половини XIX – першої половини XX ст.: Історико-етнологічне дослідження*. Ужгород: Карпати; 1994. 560 с.
3. Клапчук ВМ. Проблеми полонинського господарства Гуцульщини в другій половині XIX – першій третині XX століть. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія: Історичні науки*. 2009;14:120–133.
4. Малиновський КА, редактор. *Дигрессия биогеоценотического покрова на контакте лесного и субальпийского поясов в Черногоре*. Київ: Наукова Думка; 1984. 208 с.
5. Малиновський КА. Карпатські полонини і полонинське. В: Малиновський КА, редактор. *Екологічні проблеми Карпатського регіону*. Львів: Наукове товариство ім. Шевченка; 2003. с. 293–309.
6. Sitko I, Troll M. Timberline Changes in Relation to Summer Farming in the Western Chornohora (Ukrainian Carpathians). *Mountain Research and Development*. 2008;2(3):263–271.
7. Troll M, Sitko I. Pasterstwo w zachodniej Chornohorze (Karpaty Ukrainskie) w ujęciu przestrzenno-czasowym. In: Troll M, editor. *Chornohora. Przyroda i człowiek* [Chornohora. Nature and human]. Krakow: Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej; 2006. s. 111–140.
8. Койнова ІБ, Рожко ІМ. Сучасний антропогенний вплив на природні комплекси Чорногірського масиву Українських Карпат. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2009;37:250–259.
9. Мельник АВ. *Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження*. Львів: [s. n.]; 1999. 246 с.
10. Пересоляк В, Карабинюк М. Аспекти використання високогір'я Рахівського району Закарпатської області (на прикладі Чорногірського і Свидовецького ландшафтів). *The Scientific Heritage*. 2017;9(9):22–31.
11. Міллер ГП. Структура, генезис и вопросы рационального использования ландшафта Черногоры в Украинских Карпатах [автореферат диссертации]. Львов: Львовский университет; 1963. 23 с.
12. Геренчук КІ, Койнов ММ, Цись ПМ. *Природно-географічний поділ Львівського та Подільського економічного районів*. Львів: Видавництво Львівського університету; 1964. 220 с.
13. Міллер ГП, Федірко ОМ. Карпати Українські. В: Маринич ОМ, редактор. *Географічна енциклопедія України. Том 2*. Київ: Українська радянська енциклопедія ім. М. П. Бажана; 1990. с. 113–114.
14. Геренчук КІ, редактор. *Природа Українських Карпат*. Львів: Видавництво Львівського університету; 1968. 265 с.
15. Геренчук КІ, редактор. *Природа Закарпатської області*. Львів: Видавництво Львівського університету; 1981. 156 с.
16. Міллер ГП. *Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий*. Львов: Вища школа; 1974. 202 с.
17. Пересоляк ВЮ, Савчак ВВ, Пересоляк РВ. *Методичні рекомендації з написання контрольних робіт та самостійної роботи з дисципліни «Агроландшафтна організація території» для студентів географічного факультету кафедри землепорядкування та кадастру заочної форми навчання за освітньо-кваліфікаційним рівнем «Бакалавр»*. Ужгород: Ужгородський національний університет; 2014. 46 с.
18. Исаченко АГ. *Ландшафтоведение и физико-географическое районирование*. Москва: Высшая школа; 1991. 366 с.
19. Міллер ГП, Петлін ВМ, Мельник АВ. *Ландшафтознавство: Теорія і практика*. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка; 2002. 172 с.
20. Міллер ГП. *Польове ландшафтне знімання гірських територій*. Київ: Інститут засобів та методів навчання; 1996. 168 с.
21. Ващенко АА, Агеев ВА, Шлапінский ВЕ. Фондові матеріали ДГП «Західукргеологія». Геологическое строение и полезные ископаемые бассейна Верхней Тисы: отчет о результатах геологических работ масштаба 1 : 50 000 на площади листов М-35-133-В и Г, L-35-1-А и Б и масштаба 1 : 25 000 листов М-35-133-В-в, г; М-35-133-Г-в; L-35-1-А-а, в; L-35-1-А-б, г; L-35-1-Б-а, в. Берегово: Запукргеологія; 1971. 377 с.
22. Волошин АА, Ковалёв ЮВ, Мацкив БВ. Отчет по групповой геологической съемке масштаба 1 : 50 000 территории листов М-35-133-А, Б; М-35134-А, Б, В Ивано-Франковской и Закарпатской областей УРСР за 1981–1985 гг. Львов: Запукргеологія; 1985. 420 с.
23. Закарпатський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою. Звіти по детальному та великомасштабному обстеженню ґрунтів у колгоспах і радгоспах Закарпатської області (1976–2011 роки) державного підприємства «Закарпатський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою». Ужгород: Закарпатський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою; 2011.

References

1. Egan E. *Ekonomichne polozhennya rus'kikh selyan v Ugorshchini. Memorandum* [The economic situation of Russian peasants in Hungary. Memorandum]. Lviv: [publisher unknown]; 1901. 40 p. Ukrainian.
2. Tivodar MP. *Tradycijne skotarstvo Ukrai'ns'kyh Karpat drugoi' polovyny XIX – pershoi' polovyny XX st.: Istoryko-etnologichne doslidzhennja* [Traditional cattle breeding of the Ukrainian Carpathians of the second half of the 19th and first half of the 20th century: Historical and ethnological research]. Uzhgorod: Carpathians; 1994. 560 p. Ukrainian.

3. Klapchuk VM. [Problems of the pasturage of Hutsulshchyna in the second half of the 19th – the first third of the 20th century]. *Naukovi zapysky Nacional'nogo universytetu «Ostroz'ka akademija». Serija: Istorychni nauky*. 2009;14:120–133. Ukrainian.
4. Malinovskii KA, editor. *Digressiya biogeotsenoticheskogo pokrova na kontakte lesnogo i subal'piiskogo pojasov v Chernogore* [Bigression of biogeocoenotic cover on the contact of forest and subalpine belts in Chornohora]. Kyiv: Naukova Dumka; 1984. 208 p. Russian.
5. Malinovskii KA. [Carpathian Polonin and pasturage]. In: Malinovskii KA, editor. *Ekologichni problemy Karpats'kogo regionu* [Environmental problems of the Carpathian region]. Lviv: Naukove tovarystvo im. Shevchenka; 2003. p. 293–309. Ukrainian.
6. Sitko I, Troll M. Timberline Changes in Relation to Summer Farming in the Western Chornohora (Ukrainian Carpathians). *Mountain Research and Development*. 2008;2(3):263–271.
7. Troll M, Sitko I. Pasterstwo w zachodniej Chornohorze (Karpaty Ukrainskie) w ujeciu przestrzenno-czasowym. In: Troll M, editor. *Chornohora. Przyroda i czlowiek* [Chornohora. Nature and human]. Krakow: Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej; 2006. s. 111–140. Polish.
8. Koinova IB, Rozhko IM. [Modern anthropogenic influence on natural complexes of the Chornohora massif of the Ukrainian Carpathians]. *Visnyk L'vivskogo universytetu. Serija geografichna*. 2009;37:250–259. Ukrainian.
9. Melnyk AV. *Ukrain's'ki Karpaty: ekologo-landshaftoznavche doslidzhennja* [Ukrainian Carpathians: ecological and landscape studies]. Lviv: [publisher unknown]; 1999. 246 p. Ukrainian.
10. Peresolyak V, Karabiniuk M. Aspects of the use of highlands of Rakhiv district of Zakarpattia region (for example Chornogorskiy and Svidovetskiy landscapes). *The Scientific Heritage*. 2017;9(9):22–31. Ukrainian.
11. Miller GP. *Struktura, genezis i voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya landshafta Chernogory v Ukrainiskikh Karpatakh* [Structure, genesis and questions of rational use of the Chornogora landscape in the Ukrainian Carpathians] [dissertation]. Lviv: Lviv University; 1963. 23 p. Russian.
12. Gerenchuk KI, Koynov MM, Tsys PM. *Pryrodno-geografichnyj podil L'vivs'kogo ta Podil's'kogo ekonomichnogo rajoniv* [Natural-geographical division of Lviv and Podilsky economic regions]. Lviv: Publishing House of Lviv University; 1964. 220 p. Ukrainian.
13. Miller GP, Fedirko OM. [Ukrainian Carpathians]. In: Marinich OM, editor. *Geografichna encyklopedija Ukrainy. Tom 2* [Geographical Encyclopedia of Ukraine. Volume 2]. Kyiv: Ukrain's'ka radjanska encyklopedija im. M. P. Bazhana; 1990. p. 113–114. Ukrainian.
14. Gerenchuk KI, editor. *Pryroda Ukrain's'kyh Karpat* [The nature of the Ukrainian Carpathians]. Lviv: Publishing House of Lviv University; 1968. 265 p. Ukrainian.
15. Gerenchuk KI, editor. *Pryroda Zakarpats'koi oblasti* [Nature of the Transcarpathian region]. Lviv: Publishing House of Lviv University; 1981. 156 p. Ukrainian.
16. Miller GP. *Landshaftnye issledovaniya gornykh i predgornykh territorii* [Landscape studies of mountain and foothill areas]. Lviv: Vyshha shkola; 1974. 202 p. Russian.
17. Peresolyak VYu, Savchak VV, Peresolyak RV. *Metodychni rekomendacii z napysannja kontrol'nyh robit ta samostijnoi roboty z dyscypliny «Agrolandshaftna organizacija terytorii» dlja studentiv geografichnogo fakul'tetu kafedry zemlevporjadkuvannja ta kadastru zaochnoi formy navchannja za osvitu o-kvalifikacijnym rivnem «Bakalavr»* [Methodical recommendations for writing control works and independent work on discipline «Agrolandscape organization of territory» for students of the faculty of geography of the department of land management and the cadastre of correspondence forms of education at the educational qualification level «Bachelor»]. Uzhgorod: Uzhgorod National University; 2014. 46 p. Ukrainian.
18. Isachenko AG. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Landscape science and phisico-geographical zoning]. Moscow: Vysshaya shkola; 1991. 366 p. Russian.
19. Miller GP, Petlin VM, Melnyk AV. *Landshaftoznavstvo: Teorija i praktyka* [Landscape Science: Theory and Practice]. Lviv: Publishing Center of Lviv National University named after Ivan Franko; 2002. 172 p. Ukrainian.
20. Miller GP. *Pol'ove landshaftne znimannja girs'kyh terytorij* [Field landscape removal of mountainous territories]. Kyiv: Institut zasobiv ta metodiv navchannja; 1996. 168 p. Ukrainian.
21. Vashchenko AA, Ageev VA, Shlapinskii VE. *Fondovi materialy DGP «Zahidukrgeologija»*. Geologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye basseina Verkhnei Tisy: otchet o rezul'tatakh geologicheskikh rabot masshtaba 1 : 50 000 na ploshchadi listov M-35-133-V i Г, L-35-1-A i Б i masshtaba 1 : 25 000 listov M-35-133-B-B, r, M-35-133-Г-B; L-35-1-A-a, b; L-35-1-A-б, r; L-35-1-B-a, b [The geological structure and minerals of the upper basin of Tysa river: a report on the results of geological surveying at the scale of 1 : 50 000 on the square of sheets M-35-133-B and Г, L-35-1-A and Б and at the scale of 1 : 25 000 of sheets M-35-133-B-B, r, M-35-133-Г-B; L-35-1-A-a, b; L-35-1-A-б, r; L-35-1-B-a, b]. Beregovo: Zapukrgeologija; 1971. 377 p. Russian.
22. Voloshin AA, Kovalev YuV, Matskiv BV. *Otchet po grupovoi geologicheskoi s'emke masshtaba 1 : 50 000 territorii listov M-35-133-A, Б; M-35134-A, Б, B Ivano-Frankovskoi i Zakarpatskoi oblastei URSR za 1981–1985 gg.* [Report on the Group geological survey of the scale 1 : 50 000 of the territory of sheets M-35-133-A, Б; M-35134-A, Б, B of the Ivano-Frankivsk and Transcarpathian regions of the URSR for 1981–1985]. Lviv: Zapukrgeologija; 1985. 420 p. Russian.
23. *Zakarpats'kyj naukovo-doslidnyj ta proektnyj instytut zemleustroju*. *Zvity po detal'nomu ta velykomasshtabnomu obsluduvannju g'runtiv u kolgospah i radgospah Zakarpats'koi oblasti (1976–2011 roky) derzhavnogo pidpryjemstva «Zakarpats'kyj naukovo-doslidnyj ta proektnyj instytut zemleustroju* [Transcarpathian Research and Design Institute of Land Management. Reports on detailed and large-scale survey of soils in collective farms and state farms of the Transcarpathian region (1976–2011) of the State Enterprise «Transcarpathian Research and Design Institute of Land Management»]. Uzhhorod: Transcarpathian Research and Design Institute of Land Management; 2011. Ukrainian.

УДК 553.63:[549+552](476)

МИКРОПЕТРОСТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЛИЙНЫХ РУД ПРИПЯТСКОГО КАЛИЕНОСНОГО БАСЕЙНА

Н. С. ПЕТРОВА¹⁾, Н. Ю. ДЕНИСОВА²⁾, А. В. КИРИКОВИЧ¹⁾

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

²⁾Научно-практический центр по геологии, ул. Купчевича, 7, 220141, г. Минск, Беларусь

В Припятском калиеносном бассейне требования комплексного использования недр постоянно повышаются: в промышленное освоение вовлекаются калийные руды новых технологических типов, с более низкими содержаниями полезного компонента, с повышенными концентрациями вредных примесей. Оценка природных типов калийных солей с использованием всего комплекса показателей качества имеет приоритетное значение при характеристике их залежей. Исследованию структурно-текстурных особенностей и состава калийных залежей стало уделяться пристальное внимание с момента открытия Старобинского месторождения. Тогда же было начато систематическое изучение петрографии соляных пород. В осадочной петрографии до настоящего времени отсутствует общепризнанная рациональная генетическая классификация структур соляных пород, являющихся и калийными (калийно-магниевыми) рудами. Название той или иной структуры часто основано на второстепенных, но ярко выраженных признаках – окраске или сходстве с теми или иными объектами. Распознавание элементов исходных седиментационных особенностей пород, систематизация первичных и вторичных признаков и на их основе типизация по петрохимическим параметрам являются целью настоящей работы. В статье представлены основные микропетроструктурные типы калийных руд, характерные для руд красноцветной и пестроцветной гиперсоляных ассоциаций Припятского бассейна.

Ключевые слова: Припятский прогиб; калийная руда; калийный горизонт; Старобинское месторождение; Петриковское месторождение; соленосная формация; микропетроструктура.

Образец цитирования:

Петрова НС, Денисова НЮ, Кирикович АВ. Микропетроструктурная характеристика калийных руд Припятского калиеносного бассейна. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:82–94. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-82-94>

For citation:

Petrova NS, Denisova NYu, Kirykovich AV. Microfabric characteristics of potash ore of the Pripyat potash-bearing basin. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:82–94. Russian. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-82-94>

Авторы:

Наталья Семеновна Петрова – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Наталья Юрьевна Денисова – кандидат географических наук, доцент, начальник отдела геологии и минерального платформенного чехла филиала «Институт геологии».

Алексей Викторович Кирикович – аспирант кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – Н. С. Петрова.

Authors:

Natalia S. Petrova, PhD (geology and mineralogy), docent; associate professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.

petrova@geology.org.by

Natalia Yu. Denisova, PhD (geography), docent; head at the department of geology and mineralogy of the platform cover of the branch «Institute of Geology».

denisova@geology.org.by

Aliaksei V. Kirykovich, postgraduate student at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics. lexkirik@mail.ru

MICROFABRIC CHARACTERISTICS OF POTASH ORE
OF THE PRIPYAT POTASH-BEARING BASINN. S. PETROVA^a, N. Yu. DENISOVA^b, A. V. KIRYKOVICH^a^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus^bScientific Research Center for Geology, 7 Kupreviča Street, Minsk 220141, Belarus

Corresponding author: N. S. Petrova (petrova@geology.org.by)

The requirements of complex subsoil use are increasing in the Pripyat potash-bearing basin: potash ore of new technologic types, with lower contents of useful components, increased concentrations of harmful impurities. Using all complex of quality indicators assessment of natural types of potash ore is undoubtedly prioritized by characteristic of potash deposits. The study of structural and textural features and composition of potash deposits has been given attention since the time of discover of the Starobin deposit. Systematic study of salt rock petrology has been started after the discovery of the Starobin deposit. Until now in the petrology, there is no recognized rational genetic classification of the structures of salt rocks being potash (potassium-magnesium) ore. The name of certain structure is based on the secondary features that are brightly expressed, color or similarity with different objects. The aim of the present work is an element recognition of the primary sedimentary features of rocks, systematization of primary and secondary characteristics and their typification according to petrochemical parameters. In the article the main microfabric types of potash ore that are typical for the deposits of red-colored and mottled hypersaline association of the Pripyat basin.

Keywords: Pripyat trough; potash ore; potash horizon; Starobin deposit; Petrikov deposit; salt-bearing formation; microfabric.

Введение

Припятский прогиб, являясь внутриконтинентальным рифтом, входит в состав Днепровско-Припятского авлакогена (рис. 1). В новой модели структурной делимости Припятского прогиба выделена внеранговая структура – Припятский грабен, включающая в рамках структурного районирования три ареала структурных форм [1]: Северный, Центральный и Южный. В Припятском грабене создавалась основа осадочно-породного бассейна, полностью ассоциировавшегося с тектонофизической моделью развития глобальной тектоноструктуры.

Осадочное выполнение Припятского калиеносного бассейна – сложно построенная природная система, объединяющая множество разных параметров. В истории развития выделяются четыре этапа хлоридного соленакопления: эйфельский, позднефранский, раннефаменский и позднефаменский. С позднефранским и позднефаменским этапами связано накопление калийных солей – не что иное, как проявление калийного рудогенеза в эволюции процессов галогенеза. Промышленные залежи калийных солей в Припятском прогибе приурочены к среднепозднефаменской эпохе. Калийные горизонты в разрезе средневерхнефаменской хлоридной калиеносной субформации распределены неравномерно [2; 3]. В калиеносной субформации калийные соли слагают многочисленные горизонты, которые образованы системой соподчиненных элементов (рис. 2). Элементарной единицей строения разреза являются прослои пород сильвин-галитового и сильвин-карналлит-галитового рядов, а также галопелитов. Типизация калийных залежей – это прежде всего оценка внутренней организации калиеносной субформации на основе системного подхода. Калиеносная субформация – понятие не только геологическое, но и экономическое. Экономическая субстанция (свойство полезности) обуславливает повышенный интерес к калиеносности, детальность изучения, большие затраты труда, целевую направленность исследований и многое другое. Калийные залежи, являясь естественным природным объектом, исследуются на основе тех же методологических принципов, что и пустые нерудные объекты.

Первоначально структурная номенклатура для соляных пород разработана Е. Э. Разумовской [4], другие исследователи дополняли ее, позднее структурно-текстурные особенности были представлены в атласе галогенных пород [5]. Несмотря на проведенные детальные и комплексные минералого-петрографические исследования, до настоящего времени в Беларуси отсутствуют информационно-документальная база и нормирующая минералого-петрографическая литература, классификация и номенклатура. Для оценки вещественного состава сильвинитов макросостав играет безусловно классификационную роль при литологическом описании разреза калийных горизонтов. Но прямую зависимость макросостава от структурно-текстурных особенностей для всех разновидностей выявить достаточно проблематично, так как колебания содержаний включенного галита – эвтонического минерала, постоянно сопровождающего кристаллизацию сильвина, – значительны и контролируются минерализацией и составом раствора как маточного, так и преобразующего, высаливающего; температурой и парциальным давлением.

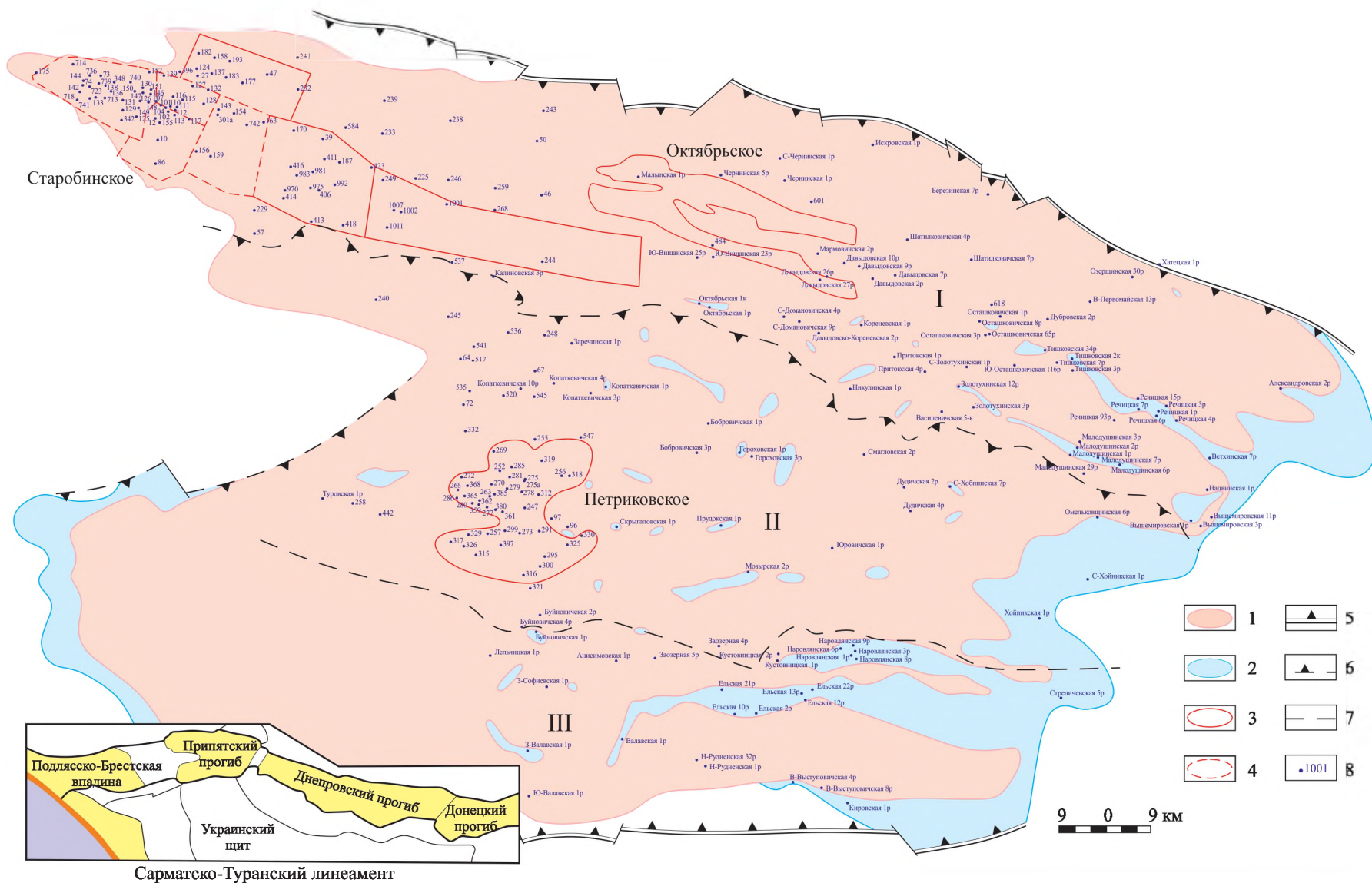


Рис. 1. Схематическая карта развития среднесверхнефаменской солесносной формации в Припятском прогибе:

1 – область развития калиеносной субформации, 2 – область развития галитовой субформации, 3 – месторождения калийных солей, 4 – шахтные поля Старобинского месторождения; разломы: 5 – суперрегиональные, 6 – региональные, 7 – субрегиональные, 8 – скважины.

Ареалы структурных форм: I – Северный, II – Центральный, III – Южный

Fig. 1. Sketch map of distribution of the Middle-Upper Famennian salt-bearing formation within the Pripjat trough:

1 – development area of the potash-bearing subformation, 2 – development area of the halite subformation, 3 – potash salt deposits, 4 – minefields of the Starobin deposit; faults: 5 – superregional, 6 – regional, 7 – subregional, 8 – boreholes. Areas of structural forms: I – Northern, II – Central, III – Southern

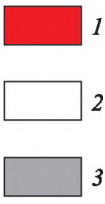
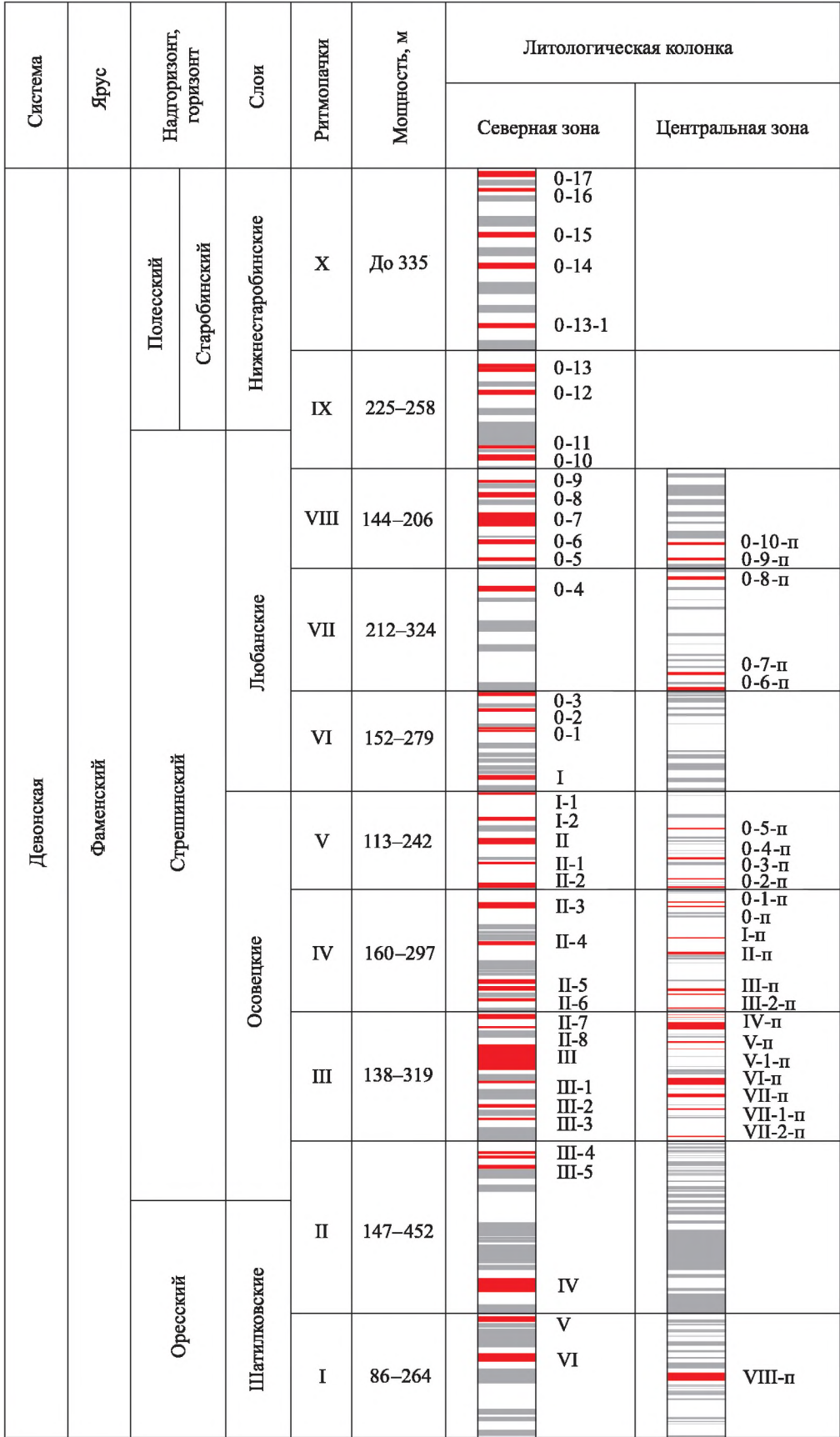


Рис. 2. Сводная литолого-стратиграфическая колонка калиеносной подтолщи:
1 – калийные соли; 2 – каменная соль; 3 – галопелиты
Fig. 2. Generalized lithostratigraphic section of the potash-bearing stratum:
1 – potash salts; 2 – rock salts; 3 – halopelitics

Материалы и методы

Сильвин и карналлит являются основными калийными соляными минералами в хлоридных соленосных формациях Припятского калиеносного бассейна. Сильвин составляет основу калийных руд, входит в состав пород карналлит-сильвин-галитового ряда и присутствует в виде включений в каменной соли. Сочетание структурно-текстурных признаков, окраски и присутствующих примесей определяет облик типичных пород калийных горизонтов Припятского прогиба, формирующих гиперсоляные ассоциации: красноцветную (старобинский тип) и пестроцветную, иногда красноцветно-пестроцветную (петриковский тип) [6]. Тип залежей и структурно-текстурные особенности калийных руд в основном сохраняются по площади бассейна.

Для классификации соляных пород по компонентному составу приняты две основные границы: 95 % (определяющая деление пород на моно- и немоналитические) и 50 % (разделяющая породы на идио- и микстолитические) [7]. По вещественной характеристике калийных солей сильвин-галитового ряда таким образом выделены: сильвиновая порода (содержание сильвина 95–100 %), галит-сильвиновая порода (50–75 %), сильвин-галитовая порода (25–50 %), сильвинсодержащая каменная соль (5–25 %). Среди микстолитических образований на этом этапе могут быть рассмотрены «глинистые» соляные породы, в которых появляется третий (негалогенный) компонент, содержание которого иногда достигает 25–30 %.

Следует оговориться, что промышленная классификация сильвинитов, оцениваемая поинтервально для расчета кондиций или подсчета запасов, остается за рамками приводимой вещественной классификации, используемой в основном в генетических целях. С другой стороны, правильная оценка структурно-текстурных особенностей имеет большое значение при обосновании и составлении схемы технологического передела калийных руд. Принципиально, что термин «сильвиниты», применяемый в настоящее время, полностью отвечает классификации калийных руд. При геолого-промышленной характеристике месторождений хлоридного типа выделяются богатые руды – свыше 29 % KCl (18 % K₂O), рядовые – 22–29 % KCl (18–14 % K₂O) и бедные – менее 22 % KCl (14 % K₂O). По классификации для природных разновидностей сильвинитов 5–15 % KCl содержат бедные сильвиниты, 15–25 % – рядовые, 50–75 % KCl – богатые [8].

Подготовка базовой классификации – систематики галогенных пород – должна дополняться более специализированными классификациями (по химическому составу, генетическим различиям). Это в полной мере становится ясно, когда сравниваются соленосные толщи Припятского бассейна разного возраста, в основном характеризующиеся близкими структурно-текстурными особенностями. В настоящей работе, понимая всю сложность такого разделения, мы исходим из последующей вторичной оценки генезиса на основе корреляции с петроструктурными типами. Для устранения классификационного петрографического парадокса предпринята попытка произвести деление строго по микропетроструктурным признакам, соединяя классификационно-методологические, «определятельские», или сравнительно-диагностические, и верификационные (по смыслу смыкающиеся с генетической интерпретацией галогенных толщ при создании геолого-генетических моделей) принципы.

Галогенные породы являются одним из главных типов отложений осадочного выполнения Припятского прогиба. С этих позиций детальное и комплексное изучение как производного от условий формирования, так и определяющего свойства этой породы фактора представляется очень важным и перспективным для познания генезиса калийных руд. В основе типизации и классификации соляных пород лежат понятия структуры (размещение, величина и форма минеральных зерен или кристаллов) и текстуры (особенности пространственного расположения минеральных агрегатов, различных по структуре и составу). В настоящее время в зарубежной литературе все чаще появляется термин *microfabric*, что в нашем понимании означает микропетроструктурные особенности пород. Для микроскопического исследования соляных пород изготавливаются шлифы, превосходящие по площади обычные в несколько раз (до 7–10), в связи с этим характеристика структур галогенных пород приобретает в известной мере смысл текстурных признаков. Наиболее различающимися соляные породы являются структурные признаки. Текстуры особенности касаются описания микротекстур по мощности прослоя (прослойка) и степени выдержанности в пространстве с учетом макротекстурной характеристики.

При макроскопическом исследовании соляных пород визуально выделяют окраску, примерный размер зерен, текстурные особенности, различия в структурах. Окраска зерен от всех оттенков красного цвета до молочно-белого, а также бесцветного формирует красноцветные и светлоокрашенные, включая пестроцветные, разности. По характеру распространения окраски выделяются равномерно и неравномерно окрашенные, когда отмечается либо более интенсивное окрашивание центральных частей зерен (в виде скоплений, пятен, сгустков) с осветленными краями, либо каемчатая окраска, приуроченная к периферии зерен.

При оценке микропетроструктурных особенностей соляных пород поздних стадий галогенеза при микроскопическом описании шлифов придерживаются следующей последовательности: величина зерен → форма зерен → распространение (взаимоотношение) зерен в пространстве → внутреннее строение зерен → наличие несоляных примесей и их идентификация.

Терминология, используемая по отношению к структурам соляных пород и калийных руд, в значительной мере производна от разработанной для пород изверженных [7], что вполне закономерно в силу принадлежности столь различных типов пород к группе кристаллически-зернистых и принципиального сходства большинства характерных для них структурных соотношений. Рассмотрение текстур проведено с учетом микротекстур и макротекстур прослоев и слоев.

Разнообразие генетических и морфологических типов структур и текстур, их сочетаний в калийных рудах определяет создание достаточно сложных морфоструктурных особенностей. Неоднозначность строения обусловлена, с одной стороны, многообразием форм осаждения материала и меняющимися условиями диагенеза и катагенеза, а с другой – специфическими особенностями галогенеза: ранней литификацией осадка, химической подвижностью минералов, высокой способностью к растворению.

В базовой многоцелевой структурно-текстурной классификации галогенных образований Припятского калиеносного бассейна использован единый принцип деления, в котором учтены минеральный состав и структурная композиция элементов строения.

Результаты исследований и их обсуждение

По генетическому признаку выделяются первичноседиментационные и постседиментационные группы структур. Микропетроструктурный облик калийных руд залежей Припятского калиеносного бассейна многообразен и нередко имеет эпигенетическое происхождение, проявляющееся в соляных породах, испытавших воздействие тектонического сжатия и растяжения. Однако особенности микроструктур и микротекстур определяются в основном процессами и механизмами кристаллизации. Соляные породы на многих участках развития соленосных отложений сохраняют свой первичный структурно-текстурный облик, так называемый фон месторождения. Прежде всего сохраняется макротекстура слоев. Но внутри слоев на уровне пакетов и прослоев микропетроструктурно-текстурные особенности могут меняться и меняются. Кристаллизация из раствора ответственна за формирование первичных структур. Соляные породы нередко слагаются целиком кристаллическими зернами.

Вторичные структуры связаны с процессами перекристаллизации, возрастанием крупности зерен (кристаллов), явлениями растворного метасоматоза и т. д. В основной массе признаки седиментационного генезиса пород (исходный состав и структурно-текстурный облик) сохраняются в условиях спокойного залегания элементарных ритмов разреза (пластов, слоев и прослоев). Поразительна сохранность первичноседиментационных структур красноокрашенных сильвинитов, когда и слои не утрачивают своей первоначальной слоистости. Диагенетические процессы лишь частично изменяют первоначальную текстуру прослоев. Возникающие на месторождениях проблемы изменчивости качества калийных руд обуславливают необходимость типизации текстур и структур в целях использования для диагностики первичности или вторичности их происхождения.

По форме зерен и их взаимоотношениям выделяются породы:

- зернистые;
- кристаллически-зернистые;
- зонально-зернистые.

Структуры соляных пород в основном принадлежат к группе кристаллически-зернистых.

Если порода представлена какой-либо одной гранулометрической разновидностью, то она называется *равнозернистой, равномерно-зернистой* (или *равнокристаллической*, если сложена идиоморфными кристаллами более или менее равного размера).

Для характеристики структурных особенностей соляных пород **по величине зерен** используется шкала размерности, предложенная В. Н. Щербиной, которая несколько отличается от классификаций других авторов [9]. Среди структур соляных пород по величине зерен выделены: микрозернистая структура с размерами зерен менее 1 мм; мелкозернистая – от 1 до 3 мм; среднезернистая – от 3 до 5 мм; крупнозернистая – от 5 до 10 мм; гигантозернистая – свыше 10 мм (табл. 1).

По соотношению зерен по размерности выделяются *равнозернистая (равнокристаллическая)* и *разнозернистая (смешанная)* структуры, которые характеризуются также особенностями распределения в пространстве: *недифференцированная* или *четко дифференцированная (порфировая, порфировидная)*.

Среди соляных пород Припятского калиеносного бассейна наиболее распространены разнозернистые (или разнокристаллические в случае отчетливого идиоморфизма зерен) образования. Даже в относительно

равномерно-зернистых структурах выделяются участки с различными размерами зерен. При определении и описании структур по размерам зерен отмечаются пределы их колебаний с указанием преобладающих размеров и количественных соотношений.

Таблица 1

**Гранулометрический спектр калийных руд
продуктивных пластов Старобинского месторождения**

Table 1

**Granulometric spectrum of potash ore
of the preferred mining layers of the Starobin deposit**

Горизонт, слой		Площадь	Содержание фракций, %		
			Менее 1 мм	1–3 мм	Более 3 мм
II	1, 2	Красная Слобода	41,0	42,8	16,2
		Шахтное поле 2РУ	37,6	47,2	15,2
		Нежинский участок	20,5	57,3	22,2
III	4	Красная Слобода	33,3	53,4	13,3
		Шахтное поле 2РУ	25,4	56,4	18,2
		Шахтный участок	37,2	47,4	15,4
	3	Красная Слобода	38,2	43,4	18,4
		Шахтное поле 2РУ	35,5	52,6	11,9
		Нежинский участок	47,2	38,4	14,4
	2	Красная Слобода	67,6	14,7	17,7
		Шахтное поле 2РУ	41,4	42,9	15,7
		Нежинский участок	37,6	45,3	17,1
IV	11	Красная Слобода	15,9	41,3	42,8
	9		39,0	33,9	27,1
	8		31,7	36,9	31,4
	7		41,3	40,9	17,8

Примечание. РУ – рудоуправление.

По гранулометрическому спектру наиболее часто встречаются мелко- и микрозернистая, мелко- и среднезернистая, средне-, крупно- и гигантозернистая структуры (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Разновидности сylvинитов в основных промышленных
калийных горизонтах Старобинского месторождения**

Table 2

**Sylvinite types of the main preferred mining
potash horizons of the Starobin deposit**

Калийный горизонт	Площадь	Соотношение структур, %				
		Средне-, крупно- и гигантозернистая	Мелко-, средне- и крупнозернистая	Средне-, микро- и мелкозернистая	Мелко- и микрозернистая	
					Всего	В том числе осветленная
0–7	Нежинский участок	–	4,2	22,8	73,0	26,5
I	Шахтное поле 3РУ	–	34,5	5,4	60,1	25,5
	Нежинский участок	–	29,8	9,8	60,4	22,2
	<i>Среднее</i>	–	32,2	7,6	60,2	23,9

Окончание табл. 2
Ending table 2

Калийный горизонт	Площадь	Соотношение структур, %				
		Средне-, крупно- и гигантозернистая	Мелко-, средне- и крупнозернистая	Средне-, микро- и мелкозернистая	Мелко- и микрозернистая	
					Всего	В том числе осветленная
II	Шахтное поле 2РУ	–	27,0	33,1	39,9	10,2
	Шахтное поле 3РУ	–	30,0	23,0	47,0	12,1
	Шахтное поле 4РУ	–	38,6	24,8	36,6	9,4
	Нежинский участок	–	30,1	28,3	41,4	19,1
	<i>Среднее</i>	–	31,4	27,3	41,7	12,7
III	Шахтное поле 2РУ	4,2	16,8	29,7	49,3	2,6
	Шахтное поле 3РУ	5,7	22,4	22,0	49,9	13,0
	Нежинский участок	2,3	23,6	10,7	64,3	25,0
	<i>Среднее</i>	4,0	21,0	20,8	54,2	13,5
IV	Красная Слобода	–	41,8	9,1	49,1	21,3

Основная масса представлена зернами с различной степенью кристаллографической огранки (определяющей уровень идиоморфизма):

- *изометричными*;
- *идиоморфными* (хорошо ограненными);
- *гипидиоморфными* (частично ограниченными);
- *ксеноморфными* (лишенными кристаллографических очертаний).

В зернах нет разновозрастного отражения стадийности их формирования с различной степенью идиоморфизма. Сильвин и галит различаются по степени идиоморфизма: зерна сильвина почти всегда ксеноморфны, а галита – более отчетливо идиоморфны. Для окрашенных зерен обычно характерна ксеноморфная форма, особенно причудливая в крупных зернах. В идиоморфных зернах наблюдаются признаки первичного зонального строения, нередко выражающиеся в отчетливом распределении окраски по зонам роста параллельно граням куба.

Таблица 3

**Разновидности сильвинитов в калийных
горизонтах на площадях разведочных работ**

Table 3

Sylvinite types of potash horizons in exploration areas

Месторождение/площадь; скважина, горизонт	Слой	Соотношение сильвинитов по окраске, %			Соотношение структур сильвинитов, %			
		Темноокрашенные	Светлоокрашенные	Белые	Микро- и мелкозернистая	Смешанная	Мелко- и среднезернистая	Средне- и крупнозернистая
Октябрьское; 484, 0–8	2	76,5	5,9	17,6	48,5	3,0	48,5	–
	1	37,5	62,5	–	26,6	4,7	62,5	6,2

Окончание табл. 3
Ending table 3

Месторождение/площадь; скважина, горизонт	Слой	Соотношение сильвинитов по окраске, %			Соотношение структур сильвинитов, %			
		Темноокрашенные	Светлоокрашенные	Белые	Микро- и мелкозернистая	Смешанная	Мелко- и среднезернистая	Средне- и крупнозернистая
Октябрьское; 484, I	2–4	100,0	–	–	41,6	31,5	24,7	2,2
	1	38,9	46,3	14,8	22,2	13,0	35,2	29,6
Петриковское; 358, IV-п	4	–	94,4	5,6	11,1	–	33,3	55,6
	3	–	80,0	20,0	–	–	14,5	85,5
	2	–	81,5	18,5	–	–	70,4	29,6
	1	8,2	72,2	19,6	1,0	–	24,7	74,3
Копаткевичская; 541, VI-п	4	100,0	–	–	23,9	39,3	17,1	19,7
	3	76,7	16,6	6,7	58,3	35,0	6,7	–
	2	67,7	32,3	–	32,3	35,5	32,2	–
	1	65,8	34,2	–	32,5	29,9	37,6	–
Копаткевичская; 545, VI-п	4	94,5	5,4	–	46,4	21,4	12,5	19,6
	3	57,4	24,5	18,1	31,0	5,2	47,7	16,1
	2	75,0	25,0	–	65,0	35,0	–	–
	1	65,1	22,0	12,9	20,2	33,0	36,7	10,1
Копаткевичская; 520, VI-п	4	100,0	–	–	29,9	18,7	51,4	–
Копаткевичская; 535, VI-п	3	50,0	41,9	8,1	12,9	31,5	34,7	20,9
	1	65,7	28,4	5,9	22,5	31,4	28,4	17,7

Для отображения формы зерен используются такие термины: таблитчатая, вытянутая, призматическая, округлая, овальная, линзовидная, угловатая, игольчатая, волокнистая. Контуры зерен также вносят свой вклад в характеристику структур, отражая последовательность кристаллизации и стадийность в оценке постседиментационных процессов: отчетливые или неотчетливые (слаборазличимые), ровные, прямолинейные, извилистые.

Среди калийных руд Припятского калиеносного бассейна выделены следующие основные структуры сильвинитов:

- *изометричнозернистая* с неправильной изометричной формой зерен сильвина разной размерности. В красноокрашенных сильвинитах – мелко и среднезернистая с отчетливыми признаками зонального строения, в светлоокрашенных – крупнозернистая, при этом зерна сильвина лишены зонального строения (рис. 3, а);
- *гипидиоморфнозернистая*, в которой идиоморфные кристаллы галита рассеяны среди разнотелой массы зерен сильвина (рис. 3, к): широко распространена среди сильвинитов как порфировидная или порфириобластовая разновидность;
- *ксеноморфнозернистая* с зернами неправильной формы, имеющими обычно и неровные извилистые контуры (рис. 3, в);
- *каркасная* с угловатыми и клиновидными зернами сильвина и их вытянутыми сростками, которые оконтуривают скопления идиоморфных кристаллов галита и принимают на контактах с ними ложноидиоморфные очертания (рис. 3, б);
- *ориентированная* с уплощенной или сплюсненной формой зерен, вытянутых в плоскости слоистости или под разными углами к слоистости (соотношение осей 2–6) (рис. 3, г). Перекристаллизация приводила

к появлению весьма удлинённых агрегатов зерен призматического облика, обуславливающих возникновение линзовидной слоистости, иногда с так называемой дощатой отдельностью. Такое расположение зерен нередко указывают при характеристике не только структур, но и текстур. Ориентированные структуры в сильвинитах характерны для мелко- и микрозернистых пород, возникают при охлаждении рапы, часто подвержены влиянию постседиментационных процессов – осветлению и обесцвечиванию. Ориентированно-гранулированная структура местами переходит во флюидальную со структурой течения (или «волочения»);

- *пойкилитовая (пойкилобластовая)* с наличием многочисленных вростков и включений сильвина в галите или галита в сильвине (рис. 3, и);

- *петельчатая и ее разновидности*: очковая, идиоморфно-петельчатая, идиоморфно-поровая, венцовая с узкими скоплениями мелких идиоморфных кристаллов галита (0,05–0,2 мм) с распределяющейся крестообразно желтовато-бурой окраской. Эти скопления окружают ксеноморфные зерна сильвина в виде чехлов, корродируя и замещая их в промежутках между более крупными ксеноморфными зернами сильвина (рис. 3, е). В шлифах отмечаются петли разной формы – округлой, овальной, щелевидной, – обычно с замкнутыми, реже с разорванными контурами в зависимости от слагающих породу зерен. Структура наглядно отражает сочетание одновременно образованных минеральных зерен соляных минералов. Петельчатая структура широко распространена в калийных рудах и свидетельствует о происшедших постседиментационных процессах высаливания, перекристаллизации, метасоматического замещения, разложения, растворения части зерен. Иногда в петельчатых скоплениях, наряду с галитом высаливания, появляются включения галопелитового вещества;

- *очковая* с крупными (до 2 см) зернами сильвина неправильной изометричной или причудливой заливообразной формы с отчетливым зональным рисунком, почти бесцветными, окруженными, как чехлами, скоплениями из смеси темно-бурого красящего вещества, мелких округлых зерен сильвина, отдельных включений карналлита, галопелитового материала, микрозернистого галита (рис. 3, ж);

- *коррозионная («разъедания»)*, когда весьма мелкозернистые скопления буроватого галита окружают и корродируют зерна сильвина (рис. 3, з);

- *остаточной вкрапленности*, когда среди основной массы мелкозернистого галита присутствуют включения ксеноморфных зерен сильвина, заливообразно выполняющих промежутки между более идиоморфными и изометричными зернами галита, иногда со следами зонального строения;

- *пламневидная*, флюидальная с неравномерно параллельно-шестоватыми агрегатами сильвина удлинённой вытянутой формы, нередко в той или иной степени осветленными или обесцвеченными (рис. 3, д), часто ориентированными под углом к слоистости и общей ориентировке основной массы сильвинита;

- *шпатовидная*, представленная крупными кристаллами либо сплошной стекловатой массой, в которой не различаются контуры между отдельными кристаллами сильвина, обладающими отчетливыми трещинами спайности (рис. 3, л);

- *блочная*, характерная для пестрых сильвинитов (рис. 3, м).

Текстурные особенности соляных пород подчеркивают характер взаимного расположения агрегатов зерен минералов в пространстве прослоя, слоя, пласта. Макротекстура слоев красных сильвинитов слоистая, светлоокрашенных сильвинитов – неяснослоистая, вкрапленно-слоистая, реже слоистая, а пестрых сильвинитов – беспорядочная.

Основные типы микротекстур: однородная, полосчатая, беспорядочная (неяснополосчатая). Самые маломощные прослои (0,5–1,5 см) в основании слоев калийных горизонтов красноцветной ассоциации однородны в структурном отношении (изоструктурны) и обладают беспорядочной микротекстурой. Полосчатая микротекстура прослоев красных сильвинитов связана с изменением окраски, размеров зерен, состава породы и количества несоляных примесей. Количество полос обычно 2–3, но может быть и более (многополосчатые). Микротекстура прослоев светлоокрашенных сильвинитов большей частью беспорядочная и неяснополосчатая.

Общей особенностью строения полосчатых сильвинитовых прослоев является различие в структуре их нижней и верхней частей. Внизу прослеживается полоса (0,5–2,5 см), сложенная более крупными и светлыми зернами сильвина (размером 1–5 мм), неправильной изометричной формы, с отчетливыми следами зонального строения («лодочки» и «елочки»). Структура преимущественно мелко- и среднезернистая и обычно соответствует размерности зерен в подстилающих прослоях каменной соли. В верхних загрязненных несолевыми примесями частях слоев нижняя полоса имеет более темную окраску, и в ее гранулометрическом спектре заметно возрастает доля мелких зерен сильвина (средне-, микро- и мелкозернистая – смешанная структура). Верхняя полоса сложена зернами сильвина (размером 0,1–2,0 мм) с более интенсивной вишнево-бурой окраской, нередко уплощенными и ориентированными в плоскости слоистости.

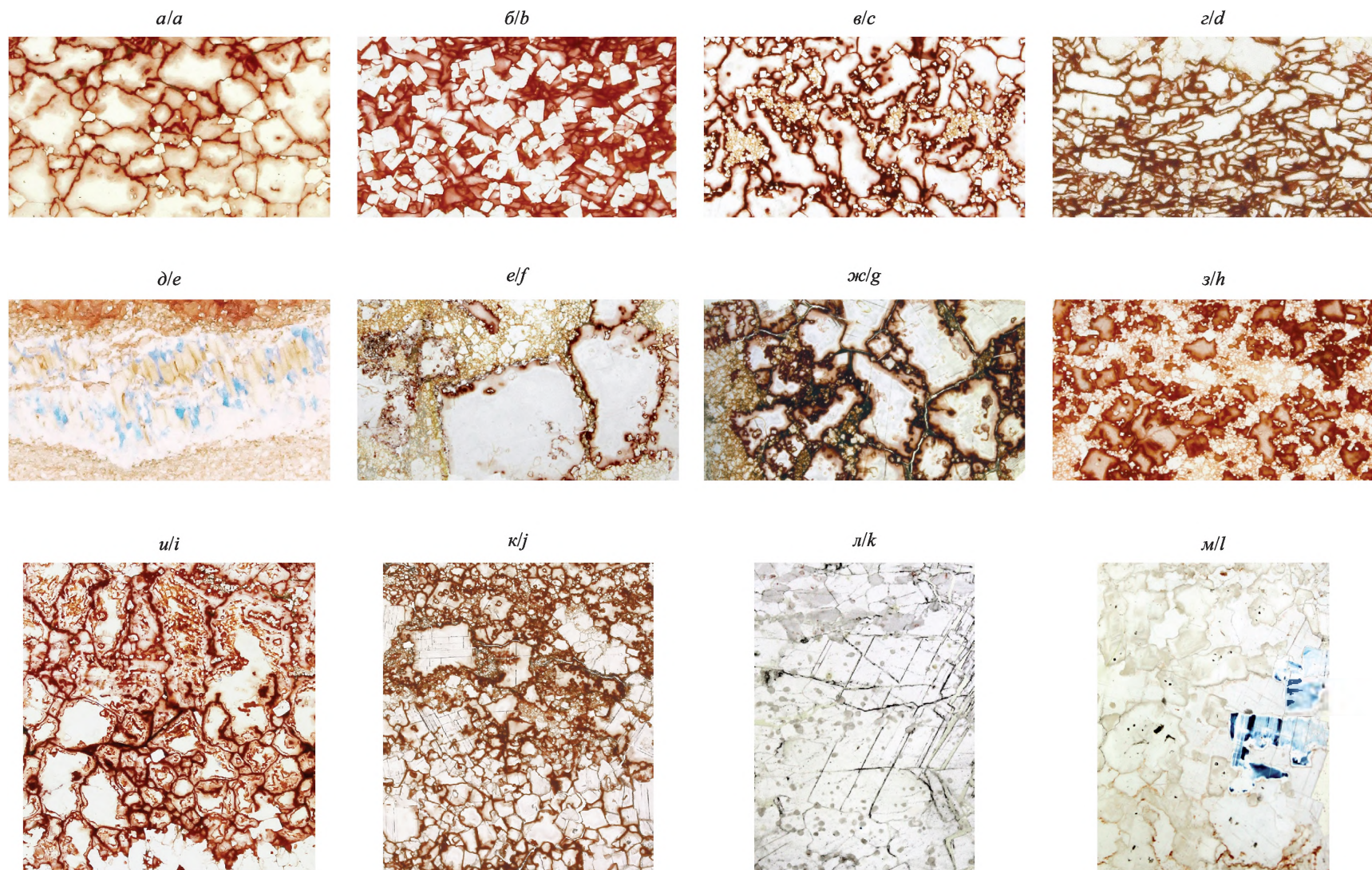


Рис. 3. Основные структуры сylvинитов:
а – изометричнозернистая; *б* – каркасная; *в* – ксеноморфнозернистая с венцовой формой зерен;
г – ориентированная; *д* – пламенивидная; *е* – петельчатая; *ж* – очковая; *з* – коррозионная;
и – пойкилитовая; *к* – гипидиоморфнозернистая с признаками деформации; *л* – шпатовидная; *м* – блочная

Fig. 3. Main structures of sylvinites:
a – isometric-granular; *b* – frame; *c* – xenomorphic-granular with crowned shape of grains;
d – directive; *e* – flame-like; *f* – knitted; *g* – augen; *h* – corrosive; *i* – poikilitic;
j – subhedral-granular, with some deformation features; *k* – spar-like; *l* – block

При увеличении доли галита в составе сильвинитовых прослоев на месте нижних полос развиваются вкрапленная, верхних – каркасные структуры. В полосах с микро- и мелкозернистой ориентированной структурой (особенно при их значительной мощности) развивается целый ряд диагенетических структур, обусловленных процессами обесцвечивания или осветления. Полосы осветленного (обесцвеченного) сильвинита создают микрополосчатость II порядка. На начальной стадии обесцвечивания по краям окрашенных зерен сильвина появляется узкая обесцвеченная «реакционная» каемка («оплавление – сглаживание» контуров без изменения формы и размеров). Значительно осветленные и обесцвеченные зерна увеличиваются в размере, приобретают овальный или резко ксеноморфный вытянутый облик, с субпараллельной ориентацией под углом к ориентировке основной неизменной массы сильвиновых зерен. На конечной стадии среди темноокрашенного мелко- и микрозернистого сильвинита отмечаются полосы (до 5–10 мм) сливного шпатовидного белого сильвина.

По генетическому признаку выделяются первичноседиментационные и постседиментационные группы структур. Прослои красноокрашенных сильвинитов с первичноседиментационными структурами не утрачивают своей первоначальной слоистости. Диагенетические и катагенетические процессы частично изменяют первоначальную текстуру, тогда как для сильвинитов пестроцветной ассоциации характерно широкое развитие вторичных многостадийных процессов (рис. 4).

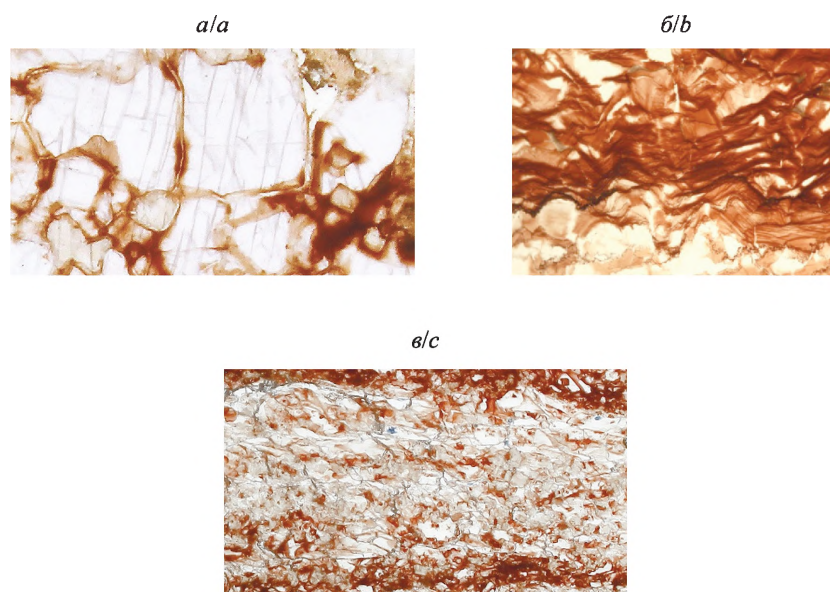


Рис. 4. Постседиментационные структуры калийных руд:
а – со следами скольжения: линии Чернова – Людерса;
б – структура сжатия и выщелачивания оригами; в – структура обесцвечивания

Fig. 4. Post-sedimentary structures of potash ore:
a – with slip traces: Chernov – Luders bands;
b – origami structure of compression and leaching; c – discoloration structure

Разнообразие структур и текстур, их сочетаний в сильвинитах обусловлено условиями кристаллизации солей из раствора, ранней литификацией осадка, высокой способностью к растворению. Особенности структур и текстур определяются в основном процессами и механизмами кристаллизации. Сильвиниты формируются в неодинаковых обстановках: конседиментационного накопления в солеродном бассейне в открытой системе на разных стадиях пегниогенного процесса; проникновения в соляные залежи вод, агрессивных по отношению к сильвинитам и другим калийным солям. Среди постседиментационных процессов, значительно влияющих на изменчивость состава и строения калиеносных отложений, наиболее важными являются процессы осветления, обесцвечивания, укрупнения зерен, а также формирование флюидалных структур и текстур.

Заключение

Проведена типизация калийных руд на основе представительных образцов и шлифов калийных солей, составляющих основу залежей Припятского калиеносного бассейна. При этом выполнен сравнительный анализ микропетроструктурных особенностей калийных руд продуктивных слоев и пластов. Для характеристики рассмотрены цветовое разнообразие, макротекстурные и микропетроструктурные особенности.

Номенклатура соляных пород, употребляемая в практических целях и используемая в научной литературе, крайне неоднородна по принципам выделения и критериям. Это затрудняет сопоставление получаемых новых материалов по калийным залежам Припятского калиеносного бассейна, а также проведение сравнительного анализа с другими месторождениями калийных солей.

Среди параметров в первую очередь были рассмотрены структурная основа сильвинитов с учетом микротекстурных и макротекстурных особенностей, характер пространственной приуроченности микропетроструктур сильвинитов и опосредованно вещественный состав с оценкой первичности-вторичности минералов и пород.

Выделены основные типы микропетроструктур сильвинитов, свидетельствующие о неравномерности развития формирующих и изменяющих облик пород процессов.

Своеобразие и разнообразие калийных руд Припятского калиеносного бассейна с точки зрения их структурно-вещественной характеристики определены процессами седиментогенеза, диагенеза и эпигенеза. Современный облик и состав сильвинитов напрямую зависят от степени изменения постседиментационными процессами.

Библиографические ссылки

1. Айзберг РЕ, Старчик ТА. *Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба*. Минск: Беларуская навука; 2013.
2. Кудельский АВ, редактор. *Девонские соленосные формации Припятского прогиба*. Минск: Наука и техника; 1982.
3. Кудельский АВ, редактор. *Калийные соли Припятского прогиба*. Минск: Наука и техника; 1984.
4. Вассоевич НБ, редактор. *Справочник по литологии*. Москва: Недра; 1983.
5. Яржемский ЯЯ, редактор. *Атлас структур и текстур галогенных пород СССР*. Ленинград: Недра; 1974.
6. Петрова НС, Седун ЭВ, Ляхович ОК. Специфические особенности калиеносных зон Припятского прогиба. В: Мерзляков ГА, Якшин АЛ, редакторы. *Литолого-фациальные и геохимические проблемы соленакопления*. Москва: Наука; 1985. с. 185–194.
7. Шванов ВН, редактор. *Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов*. Санкт-Петербург: Недра; 1998.
8. Яржемский ЯЯ. *Калийные и калиеносные галогенные породы*. Новосибирск: Наука; 1967.
9. Щербина ВН. Типы сильвинитовых пород Припятского соляного бассейна. *Известия АН БССР. Серия физико-технических наук*. 1959;3:129–132.

References

1. Aizberg RE, Starchik TA. *Synriftovaya geodinamika Pripyatskogo progiba* [Synrift geodynamic of the Pripyat trough]. Minsk: Belaruskaya navuka; 2013. Russian.
2. Kudelsky AV, editor. *Devonskie solenosnye formatsii Pripyatskogo progiba* [Devonian salt-bearing formations of the Pripyat trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1982. Russian.
3. Kudelsky AV, editor. *Kaliinye soli Pripyatskogo progiba* [Potash salts of the Pripyat trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1984. Russian.
4. Vassoevich NB, editor. *Spravochnik po litologii* [Lithology handbook]. Moscow: Nedra; 1983. Russian.
5. Yarzhemsky YaYa, editor. *Atlas struktur i tekstur galogennykh porod SSSR* [Atlas of structures and textures of the USSR's halogenous rocks]. Leningrad: Nedra; 1974. Russian.
6. Petrova NS, Sedun EV, Lyahovich OK. Specific features of potash-bearing zones of the Pripyat trough. In: Merzlyakov GA, Yakshin AL, editors. *Litologo-fatsial'nye i geokhimicheskie problemy solenakopleniya* [Lithologic-facial and geochemical problems of salt accumulation]. Moscow: Nauka; 1985. p. 185–194. Russian.
7. Shvanov VN, editor. *Sistematika i klassifikatsiya osadochnykh porod i ih analogov* [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogues]. Saint Petersburg: Nedra; 1998. Russian.
8. Yarzhemsky YaYa. *Kaliinye i kalienosnye galogennye porody* [Potash and potash-bearing halogenous rocks]. Novosibirsk: Nauka; 1967. Russian.
9. Shcherbina VN. Tipy sil'vinitovykh porod Pripyatskogo solyanogo basseina. *Izvestiya AN BSSR. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk*. 1959;3:129–132. Russian.

Статья поступила в редколлегию 16.11.2018.
Received by editorial board 16.11.2018.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ФАЦИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

О. В. ШЕРШНЁВ¹⁾, А. И. ПАВЛОВСКИЙ¹⁾

¹⁾Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины,
ул. Советская, 104, 246026, г. Гомель, Беларусь

Анализ литолого-генетических особенностей четвертичных отложений в пределах промышленных объектов остается актуальной задачей современной геологии и геоэкологии. Представлены результаты исследований литологических особенностей четвертичных отложений первого от поверхности слабопроницаемого слоя, подстилающего грунтовый водоносный горизонт в пределах санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод». В строении слоя выделены генетические типы, группы фаций и фациальные разновидности, проведено крупномасштабное (1 : 25 000) картирование установленных фаций четвертичных отложений. Изучен современный облик сформировавшегося природно-техногенного происхождения. Установлены технолитоморфологические изменения геолого-геоморфологической основы природных ландшафтов в производственной зоне завода. Выделены фации техногенного генезиса.

Ключевые слова: четвертичные отложения; слабопроницаемые слои; генетический тип; фация; техногенные отложения.

GENETIC AND FACIAL STRUCTURE OF QUATERNARY DEPOSITS ON THE TERRITORY OF THE GOMEL CHEMICAL PLANT

O. V. SHERSHNYOV^a, A. I. PAVLOVSKII^a

^aFrancisk Skorina Gomel State University, 104 Saveckaja Street, Gomel 246026, Belarus
Corresponding author: O. V. Shershnyov (gomelgeo@yandex.ru)

Analysis of lithological and genetic features quaternary deposits within the influence zone of industrial objects continues to be an urgent task of modern geology and geoecology. The article presents the results of studies of the lithologic features of quaternary deposits of the first from the surface of the low permeable layer underlying the ground aquifer within the sanitary protection zone of the Gomel chemical plant (GCP). In its structure, genetic types, groups of facies

Образец цитирования:

Шершнёв ОВ, Павловский АИ. Генетическая и фациальная структура четвертичных отложений на территории ОАО «Гомельский химический завод». *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1: 95–103.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-95-103>

For citation:

Shershnyov OV, Pavlovskii AI. Genetic and facial structure of quaternary deposits on the territory of the Gomel chemical plant. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:95–103. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-95-103>

Авторы:

Олег Владимирович Шершнёв – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры социально-гуманитарных дисциплин Института повышения квалификации и переподготовки кадров.

Александр Илларионович Павловский – кандидат географических наук, доцент; заведующий кафедрой геологии и географии геолого-географического факультета.

Authors:

Oleg V. Shershnyov, PhD (geography), docent, associate professor at the department of social and humanitarian disciplines, Institute of skills development and staff retraining.

gomelgeo@yandex.ru

Aleksandr I. Pavlovskii, PhD (geography), docent, head of the department of geology and geography, faculty of geology and geography.

aipavlovsky@mail.ru

and facial varieties were identified. Large-scale (1 : 25 000) mapping of the established facies of quaternary deposits has been carried out. The present-day appearance of the formed natural and technogenic landscape has been studied. It has been established technolithomorphological changes of the geological and geomorphological basis of natural landscapes took place in the production zone of the plant. Facies of technogenic genesis has been identified.

Keywords: quaternary deposits; low permeable layers; genetic type; facies; technogenic deposits.

Введение

Возрастающее антропогенное воздействие на природную среду часто вызывает экологические проблемы и создает угрозу для жизни и здоровья людей.

При разработке мероприятий, направленных на решение вопросов оптимизации природопользования, большое значение приобретают крупномасштабные исследования. Они позволяют выявить причинно-следственные взаимосвязи компонентов природы и элементов природно-техногенных систем, оценить степень антропогенных изменений и экологическую устойчивость природно-техногенных территорий.

Настоящее исследование посвящено изучению литологических особенностей и пространственного распределения генетических типов и фаций четвертичных отложений первого от поверхности слабопроницаемого слоя, подстилающего грунтовый водоносный горизонт, и техногенных отложений в пределах санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод».

Деятельность данного предприятия сопровождается размещением отходов производства, механическими нарушениями поверхности земли, загрязнением растительности, грунтов и подземных вод. Основными источниками техногенного воздействия являются отвалы фосфогипса и производственные цеха.

Изучению влияния ОАО «Гомельский химический завод» на природные компоненты посвящены многочисленные исследования. Наиболее детально в них рассматривались вопросы оценки степени загрязнения подземных вод, изучения миграционных свойств отдельных загрязняющих веществ, физико-химических свойств глинистых отложений с учетом их возможностей защиты геологической среды [1–5]. Однако подробная стратификация генетических типов и фаций четвертичных отложений первого от поверхности слабопроницаемого слоя в пределах зоны влияния ОАО «Гомельский химический завод» отсутствует. В связи с этим нами проведено крупномасштабное (1 : 25 000) картирование четвертичных отложений первого от поверхности слабопроницаемого слоя, подстилающего грунтовый водоносный горизонт, и установлены их генетические типы и фации, а также выделены группы фаций и фации в составе техногенных отложений. С экологической точки зрения слабопроницаемые слои в составе четвертичных отложений являются первыми от поверхности слоями, которые могут служить препятствием на пути проникновения загрязнения в межпластовые воды.

Материалы и методы исследования

Генетическая и фациальная структуры четвертичных отложений и их изменения в связи с техногенезом выявлялись по результатам обработки и интерпретации продолжительной временной серии данных различного типа.

В основу исследования положены материалы геологических изысканий, проводимых в 1981–2012 гг. с целью изучить инженерно-геологические условия и организацию мониторинга подземных вод. Систематизация, анализ и интерпретация геологических колонок 64 инженерно-геологических и гидро-геологических скважин позволили составить генетическую классификацию четвертичных отложений первого от поверхности слабопроницаемого слоя.

Данные полевых наблюдений за 2008–2016 гг. содержали описания форм природного и техногенного рельефа, а также опробования грунтов зоны аэрации в целях уточнения ее литологических особенностей и выявления возможного площадного распространения новообразований техногенного происхождения. Проведенные работы включали рекогносцировку и выбор точек опробования, закладку 44 шурфов глубиной 0,3–2,0 м, изучение растительного покрова методом пробных площадок и геоботанического профилирования, механическое зондирование грунтов зоны аэрации.

В качестве генетических классификационных единиц приняты следующие: генетический тип, группа фаций и фация.

Генетический тип четвертичных отложений определяет комплекс одинаковых по генезису геологических тел. Он представлен сочетанием групп фаций или фаций [6].

Группы фаций устанавливаются по общности обстановок седиментации и соответствуют группам или комплексам литологических типов пород.

Фации представлены геологическими объектами или телами, сложенными отложениями с присущими им типичными, отличительными или характерными литолого-петрографическими, геохимическими, палеонтологическими и другими признаками, отражающими обстановку осадконакопления [6].

Результаты исследования и их обсуждение

На территории исследования в пределах санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод» природный рельеф в основном слабоволнистый, с абсолютными отметками от 132 до 134 м. Однако технолитоморфологическое воздействие на земную поверхность в пределах промышленного комплекса привело к трансформации природных форм рельефа, среди которых доминирующими являются отвалы фосфогипса.

Слабопроницаемый слой в составе четвертичных отложений относится к днепровскому ледниковому комплексу припятского горизонта. Его мощность изменяется от 5 до 16 м, а кровля залегает на абсолютных отметках 131–136 м.

Среди пород слабопроницаемого слоя преобладают моренные супеси и суглинки основной морены, представленные несколькими фациями (табл. 1).

К основным моренам относятся осадочные толщи, состоящие как из подледникового (субгляциального, базального) материала, так и надледниковых моренных отложений. Вещественный состав основной морены представлен моренными суглинками, реже супесями и глинами. Часть объема составляют алевриты, пески, гравий и глины [7].

Таблица 1

Генетическая классификация четвертичных отложений в пределах санитарно-защитной зоны ОАО «Гомельский химический завод»

Table 1

Genetic classification of quaternary deposits of the first from the surface of the low permeable layer and technogenic deposits

Генетический тип (индекс)	Группа фаций	Фация	Номер типичных разрезов
Основная морена (g)	Монолитных морен	Массивной морены	1, 5, 6, 8
		Плитчатой морены	2
		Переслаивающейся морены	3
Флювиогляциальный (f)	Водно-ледниковых отложений	Водно-ледниковых песчаных и алевритовых отложений	14
		Водно-ледниковых песчаных, алевритовых и глинистых отложений	7, 9
Лимногляциальный (lg)	Озерно-ледниковых отложений	Озерно-ледниковых песчаных и алевритовых отложений	11
		Озерно-ледниковых глин	4, 10, 13
Фитогенные отложения (pl)	Болотных отложений	Низинного торфа	12
Техногенные отложения (t)	Насыпных отложений	Отвалов (насыпей)	–
		Культурных слоев	–
	Искусственных водоемов	Донных отложений искусственных водоемов	–
	Техногенно измененных отложений	Отложений, насыщенных техническими компонентами	–

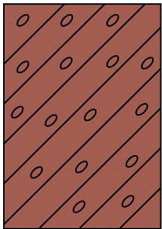
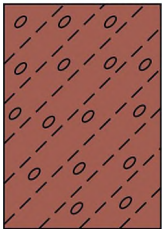
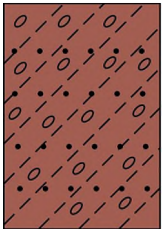
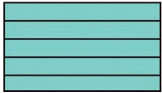
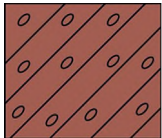
Наибольшее распространение фация массивной морены получила в северной части исследуемой территории (см. рисунок). На относительно ограниченных площадях она присутствует также в западной, центральной и восточной частях. Данная фация сформировалась в условиях медленного движения ледникового покрова и отличается слабо выраженными текстурами пластического течения. Для фации характерны нечеткие, удаленные друг от друга и редкие плоскости скольжения, на которых отсутствуют песчаные присыпки. Фация массивной морены встречается нечасто и быстро переходит по простиранию в другие фациальные разновидности основных морен. Наиболее типичные разрезы фации массивной морены – разрезы 1, 5, 6, 8 (табл. 2).

Таблица 2

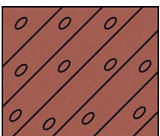
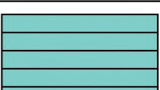
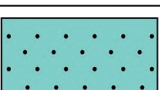
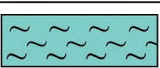
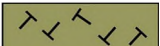
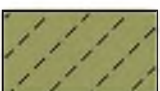
Типичные разрезы литологических фаций первого
от поверхности слабопроницаемого слоя

Table 2

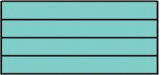
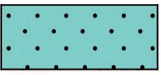
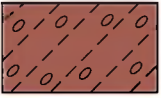
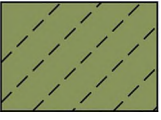
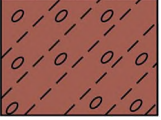
Typical sections of lithological facies of the first
from the surface of the low permeable layer

Номер разреза	Геологический индекс	Колонка	Литологический состав
1	gIId		Суглинок моренный, темно-коричневый, плотный, с гравием и галькой
2	gIId		Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой
3	gIId		Переслаивание супесей моренных с песками желтыми, разнозернистыми, (преимущественно средне- и крупнозернистыми)
4	f,IgIId-sz		Глина озерная, серая, твердая, пластичная, с прослоями песка
	gIId		Супесь моренная, плотная, светло-коричневая, с гравием и галькой
5	gIId		Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой
			Суглинок моренный, темно-коричневый, плотный, с гравием и галькой
6	gIId		Суглинок моренный, темно-коричневый, плотный, с гравием и галькой
			Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой

Продолжение табл. 2
Continuation table 2

Номер разреза	Геологический индекс	Колонка	Литологический состав
7	fIId ^s		Водно-ледниковые песчаные, алевритовые и глинистые отложения
	gIId		Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой
8	gIId		Суглинок моренный, темно-коричневый, плотный, с гравием и галькой
	f,IgIIdbr-d		Гиттия темно-бурая
9	fIId ^s		Водно-ледниковые песчаные, алевритовые и глинистые отложения
	gIId		Суглинок моренный, темно-коричневый, плотный, с гравием и галькой
10	f,IgIId-sz		Глина озерная, серая, твердая, пластичная, с прослоями песка
	fIId ^s		Водно-ледниковые песчаные и алевритовые отложения, пестроцветные
11	f,IgIId-sz		Озерно-ледниковые песчаные и алевритовые отложения, пестроцветные
			Ил серовато-черный
	gIId		Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой
12	l,plIIpз		Торф бурый, плотный
			Озерные песчаные и алевритовые отложения, серые
	gIId		Супесь моренная, серая, плотная, с гравием и галькой

Окончание табл. 2
Ending table 2

Номер разреза	Геологический индекс	Колонка	Литологический состав
13	f,lgIId-sz		Глина озерная, серая, твердая пластичная, с прослоями песка
			Песок серый, глинистый, мелкозернистый, с прослоями среднезернистого
	gIId		Супесь моренная, серая, плотная, с гравием и галькой
14	fIId ^s		Водно-ледниковые песчаные и алевритовые отложения, пестроцветные
	gIId		Супесь моренная, светло-коричневая, плотная, с гравием и галькой

Фация плитчатой морены, занимающая центральную часть территории исследования, сформировалась в условиях умеренного послонно-пластического течения льда. Ее толщина 5–12 м. Представлена фация сравнительно однородными валунными суглинками, супесями, реже глинами с достаточно отчетливой субгоризонтальной плитчатой текстурой (толщина плиток до 0,20–0,25 м). Специфические полосчато-плитчатая и полосчатая текстуры напоминают осадочную слоистость. Наиболее типичный разрез фации – разрез 2 (см. табл. 2).

Фация переслаивающейся морены распространена в южной и восточной частях территории исследования. Это сложно построенная толща в виде зятанутых друг на друга полосчатых чешуй, сложенных супесчаным и суглинистым материалом субпараллельного простиранья. Отложения фации формировались в условиях относительно стационарного положения края ледника, при его неустойчивом режиме и значительном участии талых вод, когда часто наряду с водно-ледниковыми осадками в значительных объемах аккумуляровались еще и моренные образования. Переслаивающаяся морена отличается сложным чередованием моренных суглинков, супесей, реже ленточных глин и алевритов, а также песков и гравия. Нередко в моренных прослоях отмечается четкая тонкая слоистость. Преобладание в разрезе слоев, сложенных моренным материалом, свидетельствует о периодических подвижках ледника. Наиболее типичный разрез фации – разрез 3 (см. табл. 2).

Группа фаций водно-ледниковых накоплений представлена фациями песчано-алевритовых, а также песчаных, алевритовых и глинистых отложений. Водно-ледниковые глинистые отложения времени отступания днепровского ледника распространены фрагментарно среди песчаных отложений этого же генезиса. Они имеют форму линз мощностью 1–5 м, которые наложены на днепровскую морену, и занимают пониженные участки рельефа. Наиболее типичный разрез фации водно-ледниковых песчаных и алевритовых отложений – разрез 14, а фации водно-ледниковых песчаных, алевритовых и глинистых отложений – разрезы 7 и 9 (см. табл. 2).

Лимногляциальный генетический тип представлен группой фаций озерно-ледниковых отложений, включающей фации озерно-ледниковых песчаных и алевритовых накоплений и озерно-ледниковых глин. Эти осадки сформировались в условиях застойного и слабoproточного режима приледниковых водоемов, занимают самые низкие отметки кровли слабопроницаемого слоя. Наиболее типичный разрез фации озерно-ледниковых песчаных и алевритовых отложений – разрез 11, а фации озерно-ледниковых глин – разрезы 4, 10, 13 (см. табл. 2).

На северо-западе территории исследования выделяется ареал фитогенных отложений, осложняющих поверхность слабопроницаемого слоя. Здесь прослеживается группа фаций болотных отложений, представленная фацией низинного торфа. Типичный разрез фации – разрез 12 (см. табл. 2).

Рассмотрим защитные возможности слабопроницаемого слоя с позиций качественной оценки защищенности напорных вод на основе литологической характеристики слабопроницаемого слоя (водоупора) и его фильтрационных свойств, мощности и глубины залегания водоупора, его выдержанности по площади, соотношений уровней напорного и вышележащего горизонтов.

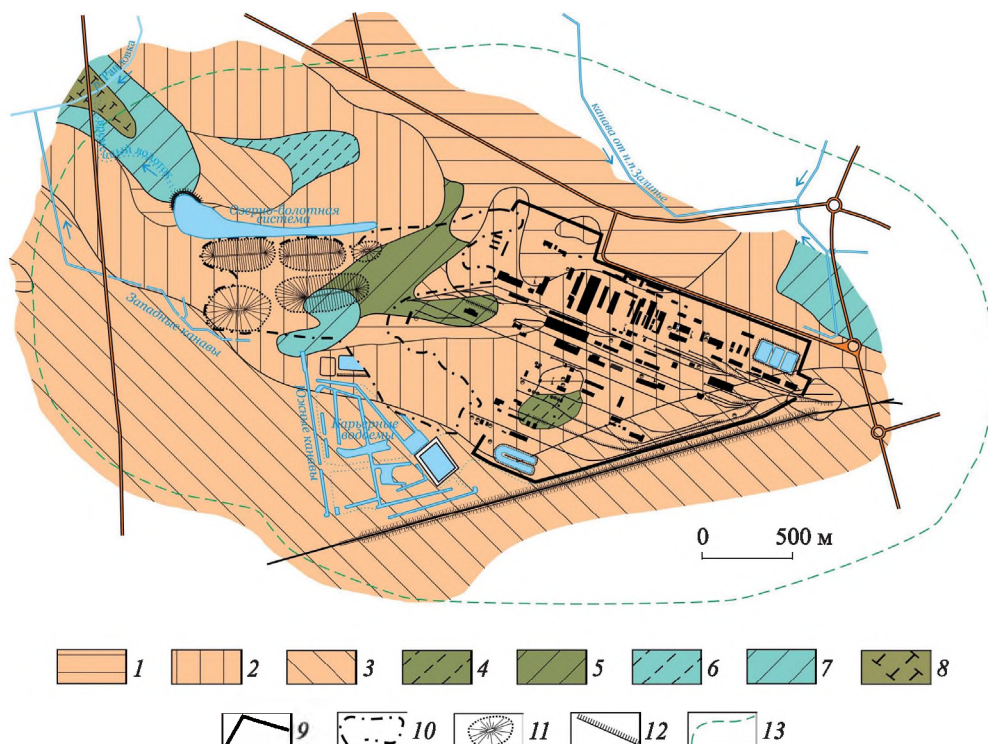


Схема промышленной площадки ОАО «Гомельский химический завод».
Литолого-генетические фации: 1 – массивной морены; 2 – плитчатой морены;
3 – переслаивающейся морены; 4 – водно-ледниковых песчаных и алевритовых отложений;
5 – водно-ледниковых песчаных, алевритовых и глинистых отложений; 6 – озерно-ледниковых песчаных
и алевритовых отложений; 7 – озерно-ледниковых глин; 8 – низинного торфа.
Прочие обозначения: 9 – контур промышленной площадки; 10 – контур отвалов фосфогипса;
11 – терриконы; 12 – насыпи и дамбы; 13 – санитарно-защитная зона

Scheme of the industrial site area of the Gomel Chemical Plant.
Lithological and genetic facies: 1 – massive till; 2 – tiled till; 3 – interbedded till;
4 – fluvioglacial sand and silt deposits; 5 – fluvioglacial sand, silt and clay deposits;
6 – lacustrine-glacial sand and silt deposits; 7 – lacustrine-glacial clay; 8 – low-moor peat.
Other signs: 9 – outline of the industrial site area; 10 – outline of the phosphogypsum dumps;
11 – slagheaps; 12 – embankments and dams; 13 – sanitary protection zone

Преобладающими отложениями в составе слабопроницаемого слоя выступают моренные супеси и суглинки с достаточно малыми коэффициентами фильтрации (порядка 0,010–0,001 м/сут), что является благоприятным фактором для обеспечения защищенности напорных вод.

Мощность слабопроницаемых отложений относительно небольшая – от 5 до 16 м, причем максимальные величины характерны для производственной площадки, а минимальные – для территории размещения отвалов фосфогипса. Глубина залегания кровли слабопроницаемых отложений также незначительна – от 3–4 м в пределах размещения отвалов фосфогипса до 5–9 м на производственной площадке. При этом на отдельных участках отмечаются опесчаненные (гидрогеологические) окна, через которые миграция загрязнения происходит наиболее быстро.

Гидродинамическая ситуация также неблагоприятная, поскольку практически на всей исследуемой территории уровни напорного горизонта ниже уровней вышележащего грунтового горизонта, что создает условия для перетекания загрязненных вод из вышележащего горизонта.

Можно констатировать, что первый от поверхности напорный водоносный горизонт не защищен от проникновения загрязнения с поверхности.

Техногенный генетический тип представлен группами фаций насыпных, техногенно измененных отложений и искусственных водоемов.

Для территории развития фаций отвалов (насыпей) характерны существенные величины вертикального расчленения. Наиболее значительные площади (около 0,91 км²) занимают отвалы фосфогипса, образованные системой гребневидных и конусовидных терриконов, а также платообразных насыпей. Выложенные участки рассредоточенного размещения фосфогипсовых отходов находятся на абсолютных отметках от 139 до 142 м и имеют крутизну склонов до 20–30°. Протяженность отдельно расположенных терриконов достигает 300–400 м, а крутизна их склонов составляет 40–45°. В целом относительная высота отвалов изменяется от 20 до 90 м.

Другие виды фаций отвалов (насыпей) представлены расположенными единично линейными объектами – дамбой обвалования, насыпями в пределах технических водоемов, а также насыпями автомобильных и железных дорог. Дамба обвалования протяженностью до 170 м и высотой до 1 м окаймляет искусственный водоем в северо-западной части отвалов, принимающий поверхностный сток с них, и таким образом препятствует его дальнейшему распространению. Протяженность насыпей в пределах технических водоемов, а также автомобильных и железных дорог составляет не более 800 м, а высота не превышает 2 м.

Фация культурных слоев распространена на отдельных небольших участках в пределах промышленной площадки. Представлена она преимущественно строительным мусором (битым кирпичом) в составе насыпных песчаных отложений толщиной в несколько десятков сантиметров.

Фации донных отложений искусственных водоемов слагаются осадками, формирующимися в пределах озерно-болотной системы (площадь 0,09 км², глубина до 1,0–1,5 м), карьерных водоемов (площадь 0,4 км², глубина до 2 м), прудов усреднителей и шламонакопителей (глубина 1–2 м), а также канав, которые расположены по периферии отвалов. Канавы не сообщаются между собой, их общая протяженность составляет около 3 км, ширина – от 6 до 20 м, а глубина – от 1 до 2 м. Отложения в таких объектах формируются как за счет прямого природного, так и техногенного осадкообразования в результате приноса и аккумуляции компонентов загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных вод. Так, озеро и канавы являются приемниками загрязняющих веществ (сульфатов, фосфатов, фтора), поступающих вместе с поверхностным стоком и грунтовыми водами с отвалов, особенно в весеннее время.

Фация отложений, насыщенных техническими компонентами, имеет весьма незначительное по площади распространение. Она представлена гипсовым горизонтом в виде загипсованных песков и прослоев гипса в зоне аэрации на глубинах от 0,2 до 1,0 м. Его можно обнаруживать только вблизи центральной части стокопринимающих канав, на дне временного водотока (на расстоянии нескольких десятков метров от озера) и рядом с относительно недавно сформированными отвалами. Местами гипс, высыхая, образует твердый окаменелый слой толщиной более 0,1 м. Предположительно, образование горизонта связано с процессами испарения. Этому способствует песчаный состав грунтов, оптимальная для испарительных процессов глубина залегания грунтовых вод (0,5–1,5 м), повышение кислотности с сильноокислой до кислой и слабоокислой, что приводит к снижению растворимости гипса.

Заключение

Проведенное исследование показало, что первый от поверхности слабопроницаемый слой, подстилающий грунтовый водоносный горизонт, представлен сложно построенной разновозрастной толщей супесей, суглинков, глин и других отложений ледникового, водно-ледникового, озерно-ледникового и болотного генезиса. Наибольшее распространение в зоне влияния техногенных объектов получила фация плитчатой морены.

С точки зрения качественной оценки безопасности подземных вод можно говорить, что они не защищены от прямого поступления загрязнения с поверхности при длительном воздействии, составляющем десятки лет. Несмотря на достаточно низкие фильтрационные свойства слабопроницаемых отложений, их защитные свойства существенно снижают малая толщина и незначительная глубина залегания, нарушение сплошности, соотношение уровней водоносных горизонтов.

Достаточно широко представлены различного рода фации техногенных отложений. Одни из них (например, фации отвалов) существенно преобразовали естественные природные формы рельефа, что привело к возникновению или усилению различных геологических процессов (флювиальным, физическому и химическому выветриванию, дефляции), перераспределению стока и обогащению его техногенными загрязняющими компонентами. Другие стали прямым следствием таких процессов и сформировались за счет преобразования осадков в результате поступления и аккумуляции техногенных компонентов.

Библиографические ссылки

1. Галкин АН. *Диффузионно-осмотические свойства глинистых грунтов Гомельского промышленного района* [диссертация]. Москва: МГУ; 1999. 169 с.
2. Копур ВВ. *Геохимия подземных вод зоны активного водообмена на территории влияния Гомельского химического завода* [автореферат диссертации]. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси; 2004. 21 с.
3. Жогло ВГ, Галкин АН. *Мониторинг подземных вод на водозаборах и экологически опасных объектах юго-востока Беларуси*. Витебск: ВГУ им. Машерова; 2008. 161 с.
4. Шершнёв ОВ, Павловский АИ, Прилуцкий ИО. Оценка масштаба и степени загрязнения подземных вод на территории влияния Гомельского химического завода. *Природные ресурсы*. 2013;1:44–50.

5. Шершнёв ОВ. Техногенные гидрогеохимические аномалии в зоне влияния отходов химического производства. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2017;1:130–136.
6. Санько АФ, Ярцев ВИ, Дубман АВ. *Генетические типы и фации четвертичных отложений Беларуси.* Минск: Право и экономика; 2012. 311 с.
7. Лаврушин ЮА. *Строение и формирование основных морен материковых оледенений.* Москва: Наука; 1976. 244 с.

References

1. Galkin AN. *Diffuzionno-osmoticheskie svoistva glinistyykh gruntov Gomel'skogo promyshlennogo raiona* [Diffusion and osmotic properties of clay soils of Gomel industrial region] [dissertation]. Moscow: Moscow State University; 1999. 169 p. Russian.
2. Kotsur VV. *Geokhimiya podzemnykh vod zony aktivnogo vodoobmena na territorii vliyaniya Gomel'skogo khimicheskogo zavoda* [Geochemistry of underground waters in the zone of active water exchange on the territory influenced by Gomel chemical plant] [abstract of dissertation]. Minsk: Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Belarus; 2004. 21 p. Russian.
3. Zhoglo VG, Galkin AN. *Monitoring podzemnykh vod na vodozaborakh i ekologicheski opasnykh ob'ektakh yugo-vostoka Belarusi* [Groundwater monitoring at water intakes and environmentally hazardous facilities in the South-East of Belarus]. Vitebsk: Vitebsk State University named after P. M. Masherov; 2008. 161 p. Russian.
4. Shershnyov OV, Pavlovsky AI, Prilutsky IO. Estimation of scale and extent of contamination of subterranean water in the influence area of the Gomel chemical plant. *Prirodnye resursy.* 2013;1:44–50. Russian.
5. Shershnyov OV. Technogenic hydrogeochemical anomalies within the influence area of industrial chemical dumps. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2017;1:130–136. Russian.
6. San'ko AF, Yartsev VI, Dubman AV. *Geneticheskie tipy i fatsii chetvertichnykh otlozhenii Belarusi* [Genetic types and facies of quaternary deposits of Belarus]. Minsk: Pravo i ekonomika; 2012. 311 p. Russian.
7. Lavrushin YuA. *Stroenie i formirovanie osnovnykh moren materikovyykh oledeneni* [Structure and development of ground moraines of continental glaciations]. Moscow: Nauka; 1976. 244 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 05.09.2018.
Received by editorial board 05.09.2018.

УДК 550.36

ГЕОТЕРМИЧЕСКОЕ ПОЛЕ И ГЕОЛОГИЯ РЕГИОНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

СИАМАК МАНСУРИ ФАР¹⁾, В. И. ЗУЙ¹⁾

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

Каспийское море и прилегающие территории являются обширным нефтегазоносным мегабассейном. Он состоит из Северо-Каспийского, Средне-Каспийского и Южно-Каспийского осадочных бассейнов. Гранитно-метаморфический фундамент бассейнов с севера на юг становится моложе в направлении от раннекембрийского до раннекиммерийского возраста. Он представляет зону перехода от южной окраины Восточно-Европейского кратона к складчатости альпийского возраста. Геотермические исследования выполнялись как в сотнях глубоких скважин, так и в Каспийском море, было опубликовано несколько предварительных карт для региона Каспийского моря. Все они не рассматривают южную часть региона в пределах национальных границ Ирана. Нами подготовлена новая карта теплового потока, включающая северный Иран. Целью статьи является рассмотрение распределения теплового потока во всем Каспийском регионе, в том числе южной его части. Две обширные аномалии высокого теплового потока более 100 мВт/м² выделены на карте: в северо-западном Иране и акватории Каспийского моря к северу от Апшеронского выступа. Они разделены удлинённой полосой теплового потока менее 50–55 мВт/м². Прослеживается общая тенденция возрастания теплового потока от блоков коры докембрийского возраста Прикаспийской впадины к альпийской складчатости в пределах территории Ирана. Проводится анализ распределения теплового потока, составлены два профиля изменения плотности теплового потока.

Ключевые слова: Каспийское море; геотермическое поле; карты теплового потока; геология; скважины.

GEOHERMAL FIELD AND GEOLOGY OF THE CASPIAN SEA REGION

SIAMAK MANSOURI FAR^a, V. I. ZUI^a

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

Corresponding author: V. I. Zui (zui@bsu.by)

The Caspian Sea and adjacent areas form the vast oil and gas-bearing megabasin. It consists of North Caspian, Middle Caspian, and South Caspian sedimentary basins. The granite-metamorphic basement of the basins becomes from north to south younger in the direction from Early Precambrian to Early Cimmerian age. It represents a transitional zone from the southern edge of the East European Craton to Alpine folding. Geothermal investigations have been carried out both in hundreds of deep boreholes and within the Caspian Sea and a few preliminary heat flow maps were published for the

Образец цитирования:

Мансури Фар Сиамак, Зуй В.И. Геотермическое поле и геология региона Каспийского моря. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология.* 2019; 1:104–118 (на англ.).
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-104-118>

For citation:

Mansouri Far Siamak, Zui VI. Geothermal field and geology of the Caspian Sea region. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology.* 2019;1:104–118.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-104-118>

Авторы:

Сиамак Мансури Фар – аспирант кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики. Научный руководитель – В. И. Зуй.
Владимир Игнатьевич Зуй – доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Authors:

Siamak Mansouri Far, postgraduate student at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics. siamak_mansourifar@yahoo.com
Vladimir I. Zui, doctor of science (geology and mineralogy), docent, professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.
zui@bsu.by

Caspian Sea region. All they excluded from consideration the southern part of the region within Iranian national borders. We prepared a new heat flow map including the northern Iran. The purpose of the article is to consider heat flow pattern within the whole Caspian Sea region including its southern part. Two vast high heat flow anomalies above 100 mW/m² distinguished in the map: within the southwestern Iran and in waters of the Caspian Sea to the North of the Apsheron Ridge, separated by elongated strip of heat flow below 50–55 mW/m². A general tendency of heat flow from growing was distinguished from the Precambrian crustal blocks of the North Caspian Depression to the Alpine folding within the territory of Iran. Analysis of the heat flow pattern is discussed and two heat flow density profiles were compiled.

Keywords: Caspian Sea; geothermal field; heat flow maps; geology; boreholes.

Introduction

The Caspian Sea is a vast land-locked water reservoir on our planet. A number of rivers flow into it and there are no outlet rivers. Until the fall of the Soviet Union in 1991, the southern part of the Caspian Sea have been under jurisdiction of Iran and the rest part belonged to the USSR. After 1991, the number of littoral states of the Caspian Sea increased to five: Azerbaijan, Russia, Kazakhstan, Turkmenistan and Iran. The Caspian Sea itself and its adjacent areas form the Caspian oil and gas-bearing megabasin.

Mainly Soviet scientists conducted geothermal studies in the Caspian Sea and adjacent lands before 1991. Heat flow data (HFD) of this period were published in several articles and monographs [1; 4; 5; 7; 11; 14, and others]. After 1991, some new heat flow data were reported by scientists of the Azerbaijan Republic and recently by colleagues from Iran [22; 27]. Until present time geothermal investigations absent for the deep-water area of the South Caspian Depression.

Geology of the region

The Caspian Sea has close to meridional stretching from north to south. A number of crustal blocks of different age from the territory of Russia and Azerbaijan land underlie its waters and continue into Kazakhstan and Turkmenistan. Their age ranges from Precambrian North Caspian Depression until the Alborz Alpine folding in the northern Iran (fig. 1).

The Caspian Sea was formed in site of the Meso-Cenozoic sea basins of Tethys and Paratethis existing there. Five main crustal blocks exist within the Caspian Sea region. They are: the North Caspian Basin (NCB), the Middle Caspian Basin (MCB), the Apsheron Sill, the Mangyshlak Sill and the South Caspian Basin (SCB). The North Caspian Basin includes the northern part of the Caspian Sea and adjoining land area and stretches into Russia and western Kazakhstan. It is mainly a low-lying plain with the thickness of sedimentary cover deeper than 4.5 km.

The northern and western boundaries of the region within the North Caspian Basin are steep flexures where the basement abruptly deepens up to 10–12 km. In the central part of the basin, a depth to the Precambrian basement reaches at least to 20 km according to available estimates. The eastern boundary of this basin lies along the Ural Folded Belt and its southern continuation, it is buried under a thin veneer of Mesozoic rocks. In the south, the basin is bounded by the Karpinsky Fold Belt in the west of the Caspian Sea and by the South Emba Uplift to the east of the sea [24].

An oceanic type of the crust is believed to exist within the South Caspian Basin. There are two areas of relatively deep water from 400 to 700 m within the sea separated by the Apsheron Ridge (Apsheron Sill). They are the Central Caspian Basin to the north of this ridge and the South Caspian Basin to the south of it (fig. 2).

The crustal structure was studied by seismic methods within the South Caspian Basin. The results show an existence of folded deep sedimentary cover beneath the Caspian Sea. Three cross sections give a brief information on the crustal structure of the South Caspian Basin (fig. 3). The extension of these profiles is shown in a small scale in the left and central corners of the figure. Productive series for commercial availability of hydrocarbons are marked as PS.

All three cross sections show that a rapid accumulation of sediments was pronounced within the South Caspian Basin, and an avalanche sedimentation happened during the Mesozoic/Paleogene time. Their thickness has a tendency to increase from north to south. According to estimates the sedimentation rate in the Jurassic time in the SCB was 120–180 m/My. During Cretaceous and in Paleogene it became lower, but in Pliocene it reached avalanche values – 1.8 km/My [30]. According to other opinions the sedimentation rate during Jurassic in this basin ranged from 10–25 to 50 m/My. The Cretaceous in the Caspian Sea and adjoining land

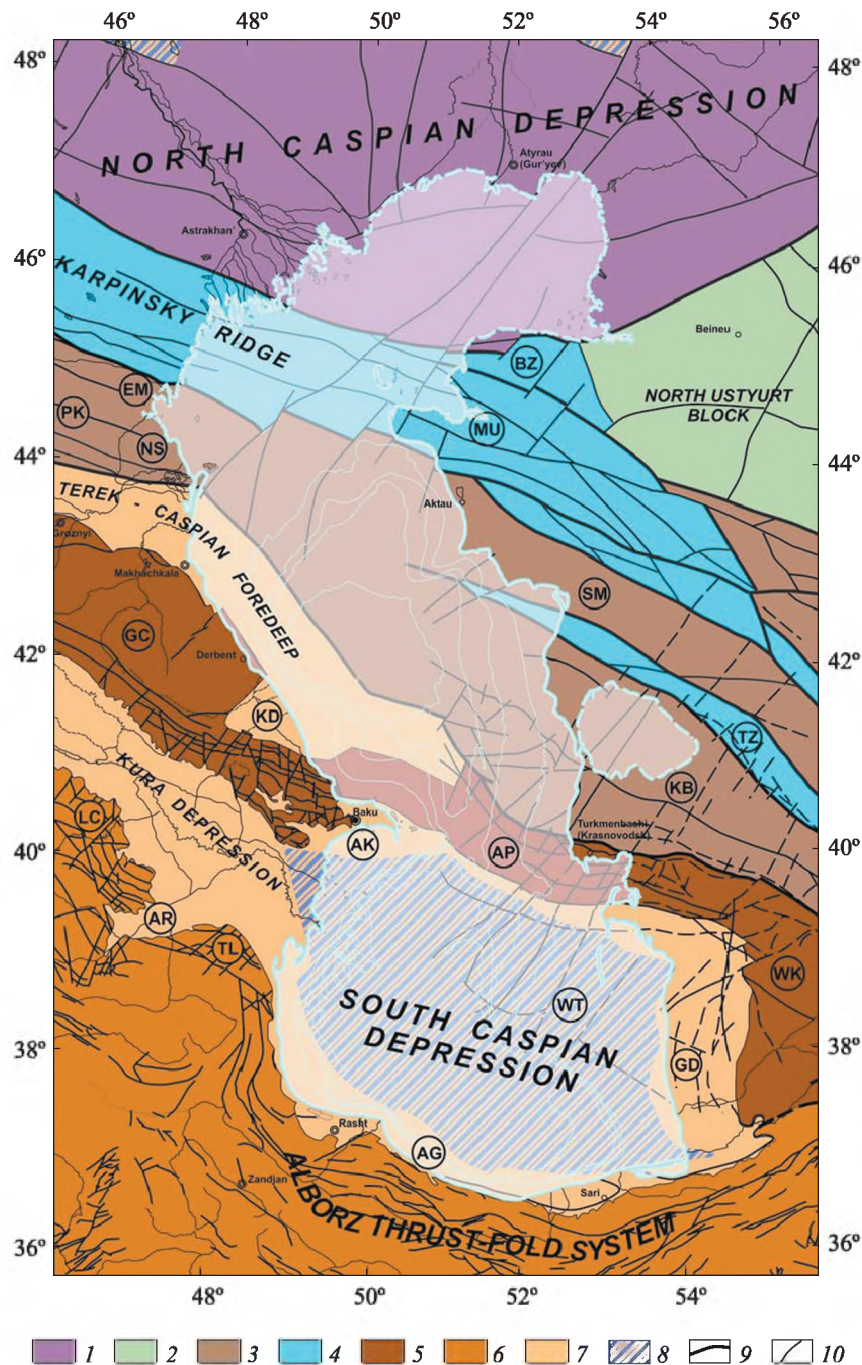


Fig. 1. Main structural elements of the Caspian Sea region.

Basement of platform areas (1–4): 1 – Early Precambrian; 2 – Baikalian; 3 – Hercynian; 4 – Early Cimmerian;
5, 6 – Alpine fold-thrust systems: 5 – Greater Caucasus and Kopet Dag, 6 – Lesser Caucasus, Talesh, Alborz;
7 – foredeeps and depressions; 8 – depressions with oceanic-type crust;
9 – tectonic lineaments corresponding to boundaries of large structures; 10 – other important lineaments.
Main structures (letters in circles): AK – Apsheron – Kobystan Periclinal Trough, BZ – Buzachi Arch,
MU – Mangyshlak – Central Ustyurt, SM – South Mangyshlak – Ustyurt system of troughs, TZ – Tuarkyr Zone,
KB – Middle Caspian Karabogaz Antecline, EM – East Manych Trough, PK – Kuma system of uplifts,
NS – Nogai Scarp, GC – Greater Caucasus Fold System, KD – Kusary – Divichi Trough,
AP – Apsheron Balkhan Zone, WK – West Kopet Dag Zone, LC – Lesser Caucasus Fold System,
AR – Lower Araks Trough, TL – Talesh Zone, AG – Alborz – Gorgan Foredeep,
WT – West Turkmen Trough, GD – Gograndagh – Okarem Zone.

Source: [24], modified

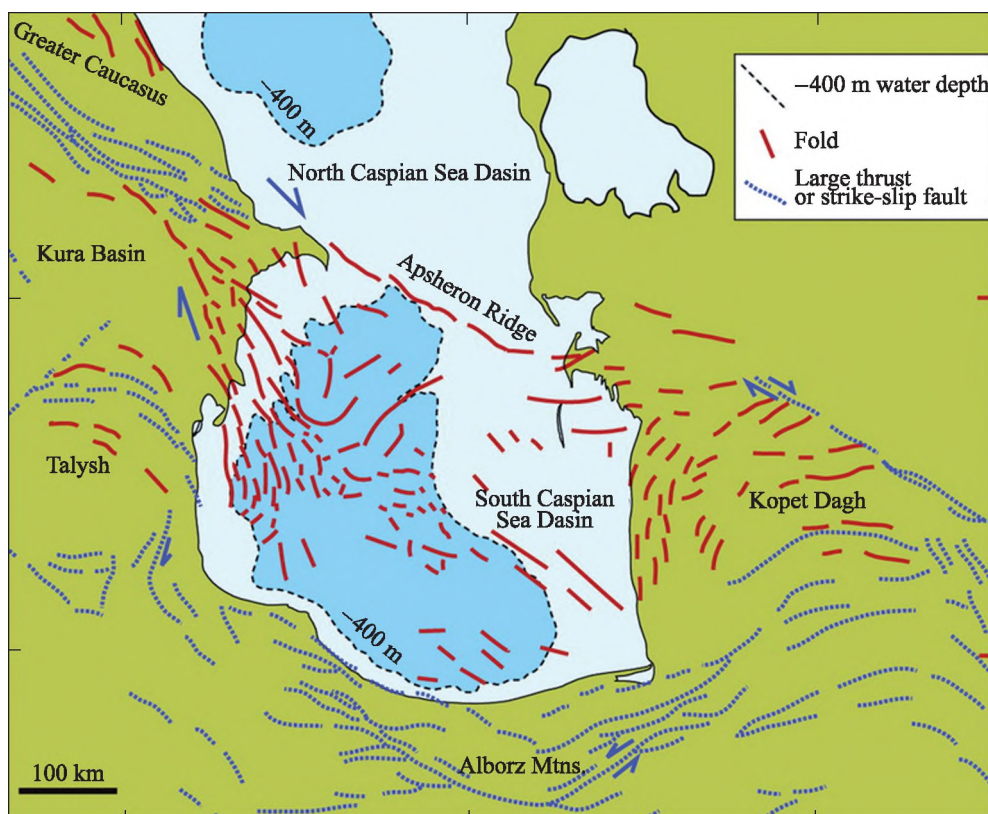


Fig. 2. Main faults and deep-water areas within the Central Caspian and South Caspian Basins, respectively.
Source: [29]

areas continued tendencies of the Jurassic. During Cretaceous it was 2.5–10 m/My. In the SCB the maximum thickness of Cretaceous deposits exceeds 4 km. It is reduced in the Middle Caspian Basin approximately to 2.4–2.5 km and within the NCB it is around 1.4 km. During the Oligocene – Miocene time the rate of sedimentation within the South Caspian Basin ranged from 0.025 till 0.4 km/My, during Pliocene – Quaternary time it changed from 0.75 to 1.75 m/My, respectively [24].

Total thickness of Neogene – Quaternary deposits in the SCB is estimated to be up to 10 km and in the NCB it is around 4 km [20].

Availability of heat flow data within the region

A number of researchers starting from early seventies studied the heat flow distribution within the considered area including the Caspian Sea [1; 8; 10–12; 30, and others] and adjacent land territory [2; 4; 9; 17; 18; 34, and others].

There are a sparse heat flow data from the adjoining territory of Iran and only several local parts of the country were studied in heat flow. Within this study region the heat flow determination is available for the Tehran well [22]. Others estimates were published for the Persian Gulf (18 heat flow values) [26]. 17 heat flow values were reported from the northwestern part of the country in the vicinity of the Sabalan Mountain [27], which is located in the Ardebil Province within the northwestern part of Iran. The heat flow data are available as well from a small area in the southwestern oil-bearing part of Iran [26]. However, in the northwestern part of the country the heat flow density estimates were derived using an indirect approach from the analysis of the magnetic field, where the depth to the Curie surface (+580 °C) and the top of the causative magnetic body was calculated. Thus, knowing the base of the causative body and its temperature it is possible to estimate the heat flow density.

Positions of well with determined heat flow density, as well as marine heat flow stations within the studied Caspian region are shown in fig. 4. Very uneven position for boreholes or marine stations with studied heat flow within this area is evident. There are very sparse HFD determinations within the land territory adjoining the northern part of the Caspian Sea, as well as marine data because the sea is shallow here. It was found experimentally that seasonal mixing of water during storms resulted in temperature perturbations reaching on average the depth up to c. a. 300 m, sometimes even more.

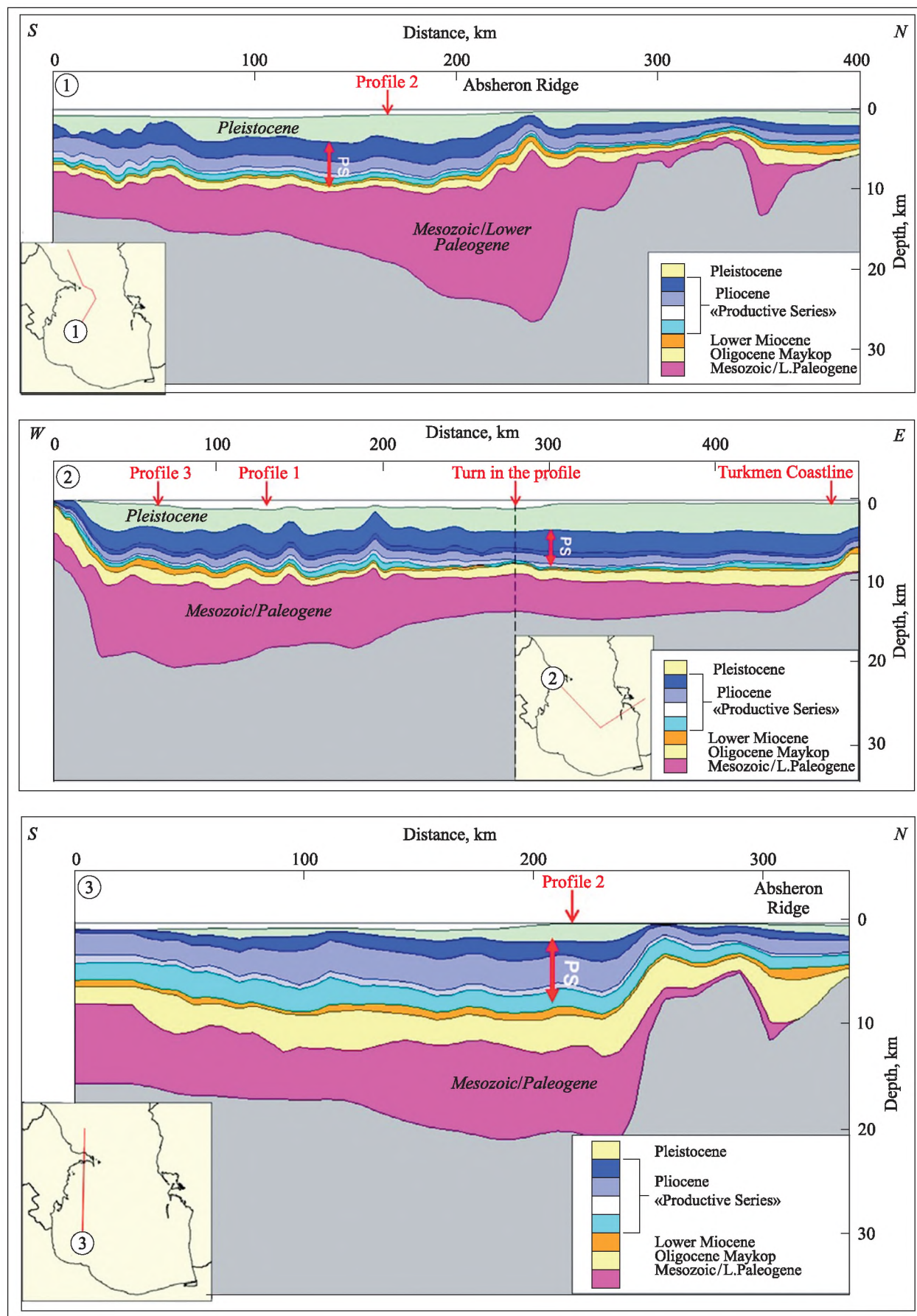


Fig. 3. Seismic profiles through the South Caspian Basin.
Source: [20], modified

Until now, the Iranian part of the sea was not studied in heat flow. Nevertheless its sparse data are available in the northern Iran, they are absent along the Turkmenistan border. A few data was published within the territory of Kazakhstan [7], as shown in the map. Territories of Azerbaijan, adjoining Russian area, excluding the Greater Caucasus are studied much better in geothermal respect in numerous wells drilled mainly in the process of oil exploration. Many heat flow determinations were fulfilled within Caspian Sea adjoining shores of Azerbaijan and Dagestan (Russian Federation). A number of oil wells were geothermally studied also within the West Turkmenian Depression.

The heat flow histogram for the marine territory of the region is shown in fig. 5. It includes available data from marine heat flow stations and boreholes drilled at shallow depths. The main portion of individual HFD data fall within intervals of 9–34 and 34–59 mW/m², in seldom cases the heat flow reaches high values (intervals 109–134; 134–159 and 184–209 mW/m²).

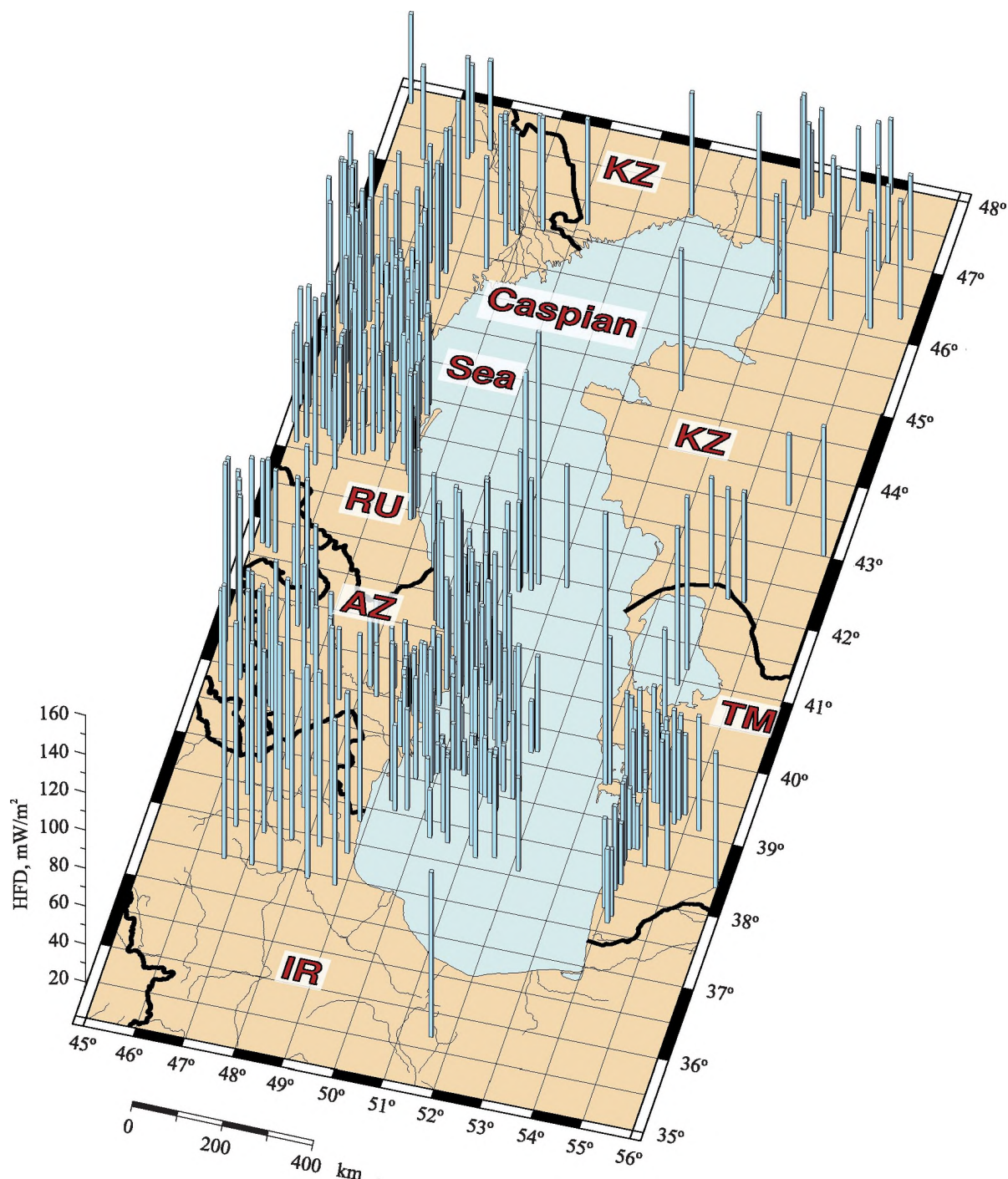


Fig. 4. Available heat flow data and locations of studied wells and marine HFD stations. Abbreviations for countries: AZ – Azerbaijan, IR – Iran, KZ – Kazakhstan, RU – Russia, TM – Turkmenistan. Source: [28], modified

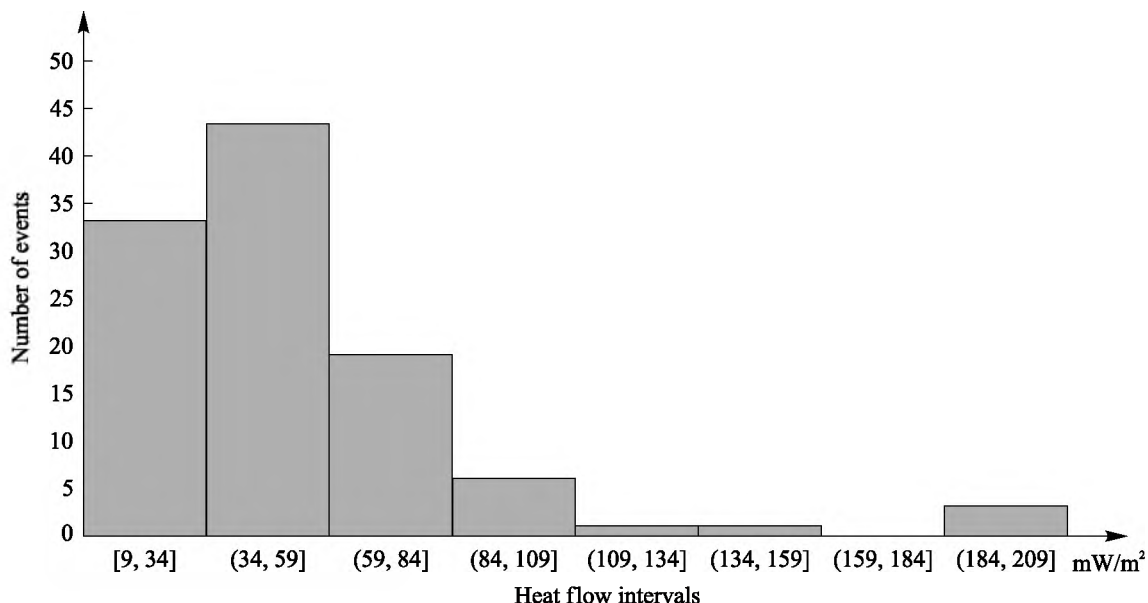


Fig. 5. Heat flow density histogram for the Caspian Sea

The heat flow interval 34–59 mW/m² belongs mainly to the central and central-northern areas of the Caspian Sea. At present, a number of marine boreholes were drilled within marine waters belonging to Russian, Kazakhstan, Turkmenistan and Iranian sectors of the Caspian Sea, but their geothermal data of investigations are not accessible yet from drilling companies.

The histogram for land areas adjoining the Caspian Sea within territories of Azerbaijan, Iran, Turkmenistan, Kazakhstan and Russia is shown in fig. 6. Practically all heat flow determinations here were fulfilled using thermograms and thermal conductivities of rock samples, collected from drill cores and measured in laboratory conditions by many researchers from Azerbaijan, Russia and Turkmenistan.

The heat flow is ranging from 17 until more than 120 mW/m² and the histogram has more symmetrical form. The maximal number of HFD determinations falls into intervals of 43–52 and 52–61 mW/m² after which the number of its observations gradually drops to values of 96–105 mW/m² and ceases further. A wide range of heat flow values reflects many factors, such as depths of studied intervals in boreholes, local tectonic activation, ground water circulation, folding, proximity of deep faults to studied boreholes and their activity, etc.

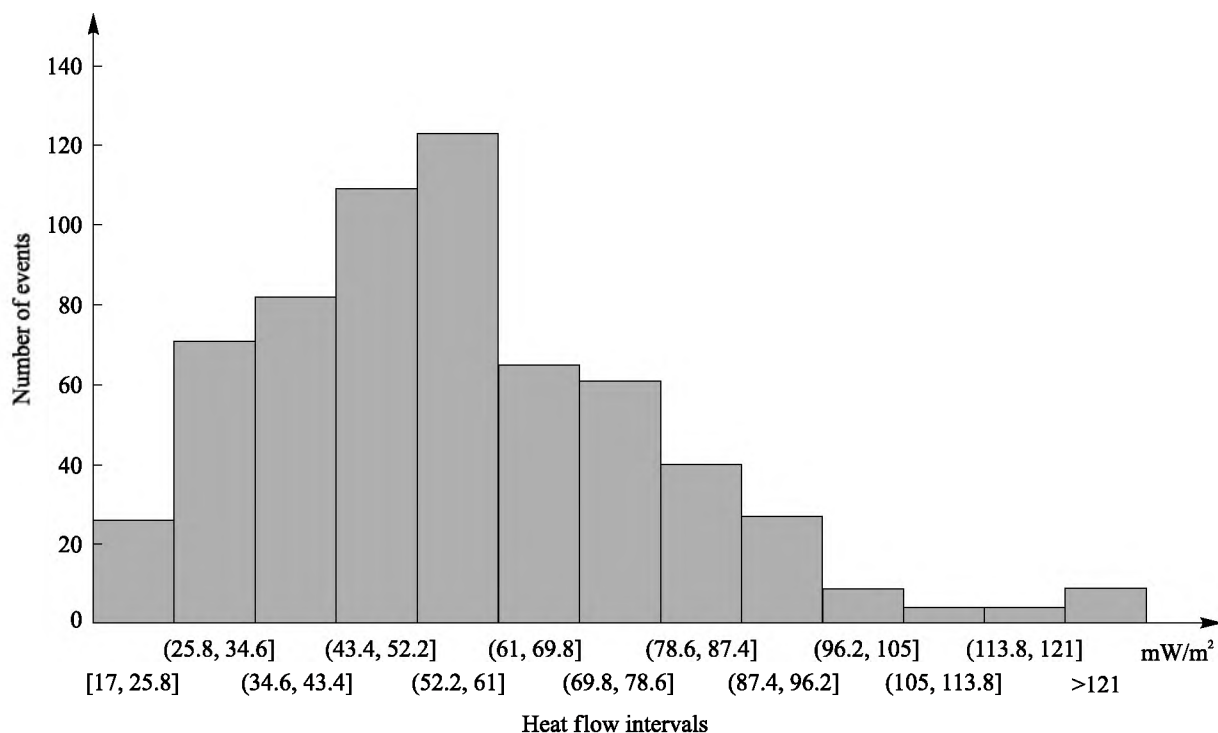


Fig. 6. Histogram of heat flow density for land territories around the Caspian Sea

A total histogram of heat flow density for the whole region under investigations is shown in fig. 7. It's configuration is close to the normal distribution of the considered parameter within the whole studied region with a trailing tail in the right side of the diagram, which is formed by a small number of high heat flow values exceeding 102 mW/m². The biggest number of heat flow observations fall into the following intervals: 37–46, 46–56 and 56–65 mW/m².

It is possible to conclude that the prevailing heat flow values within the whole considered region are close to 50 mW/m², which is typical also for adjoining Precambrian crustal blocks. The lowest and highest HFD values observed within the territory of the Caspian Sea are 9 and above 200 mW/m², respectively.

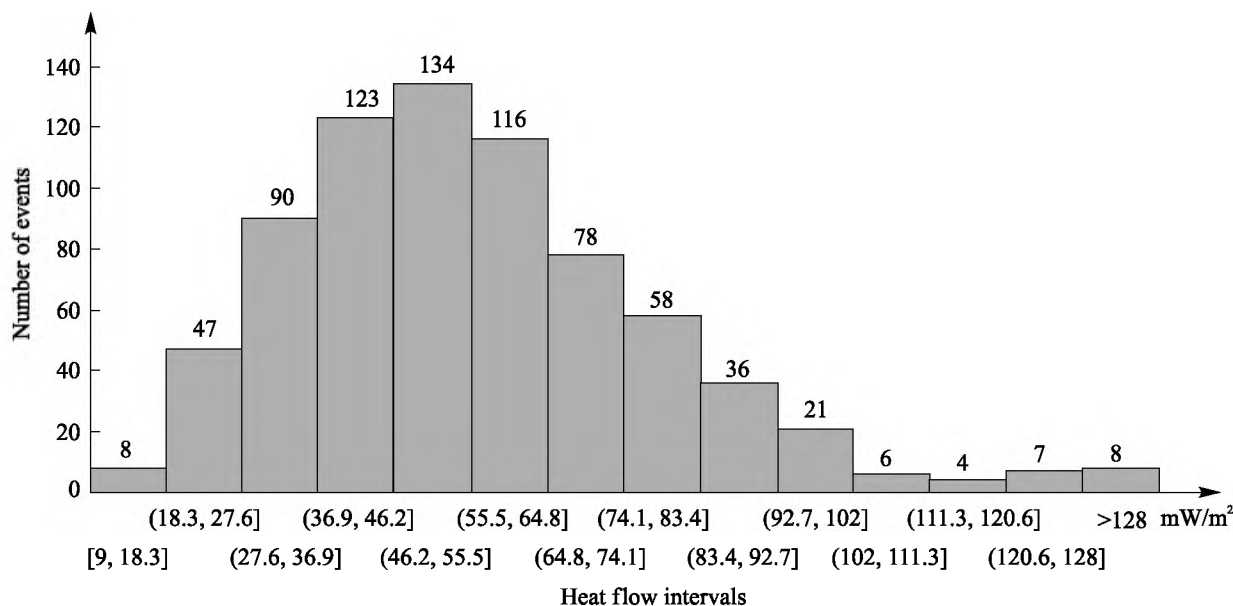


Fig. 7. Total HFD histogram for the Caspian Sea region

Heat flow density map

During a number of decades, geophysical investigations including geothermal observations were organized in relation to the growing attention to exploration for hydrocarbons within the Caspian Sea, as well as investigations of its internal structure.

A number of researchers discussed heat flow in the water area of the Caspian Sea earlier [11; 21]. Geothermal data from the region include results of measurements fulfilled by means of marine heat flow probes. They were supplemented by results of its determinations based on thermograms, recorded in wells, drilled in the shelf zone of Azerbaijan [30].

A few versions of heat flow sketches and maps were compiled within the studied region, both within the Caspian Sea waters and onshore parts of adjacent countries [6; 11; 13; 14; 30]. Their authors used different databases. In particular, in all heat flow maps of the Caspian Sea anomalies of differentiated, both high and low heat flow were shown. However, the geometry of HFD isolines are to some extent different. In all these maps, the southern part of the Caspian Sea within Iranian waters was left as a blank area. For many of maps HFD isolines were manually drawn and reflect opinions of their authors.

A new heat flow density map for the Caspian Sea region, which takes into account available HFD data including the Iranian territory within area E 45–56° and N 35–48° was recently compiled using the *Generic Mapping Tools (GMT) package*, release 5.1, developed in the Hawaii University, USA [33; 35] (fig. 8).

Two wide areas of elevated heat flow density above 60 mW/m² are clearly distinguished at the map and shown in warm colors, separated by moderate to low heat flow below 50–55 mW/m² in the center of the map and indicated by cold colors. Two very high heat flow areas exceeding 100 mW/m² are distinguished in the left lower corner of the map and within the central part of the Caspian Sea. The high heat flow in the northwestern part of the Iranian territory corresponds to the area of Alpine folding, accompanied by recent volcanic activity with a number of destructive earthquakes, periodically happened both in Iran, Armenia (e. g. Spitak earthquake), Turkey and adjoining Zagros Mountains.

Elongated heat flow strip of the NW – SE orientation is formed from the Trans Caspian Depression, which is crossing the Caspian Sea, stretched and continues into the West Turkmenian Basin and probably continues into the Iranian territory. An absence of heat flow determinations beyond the Turkmenistan-Iranian border do not permit to trace contours of this low heat flow zone to the southeast.

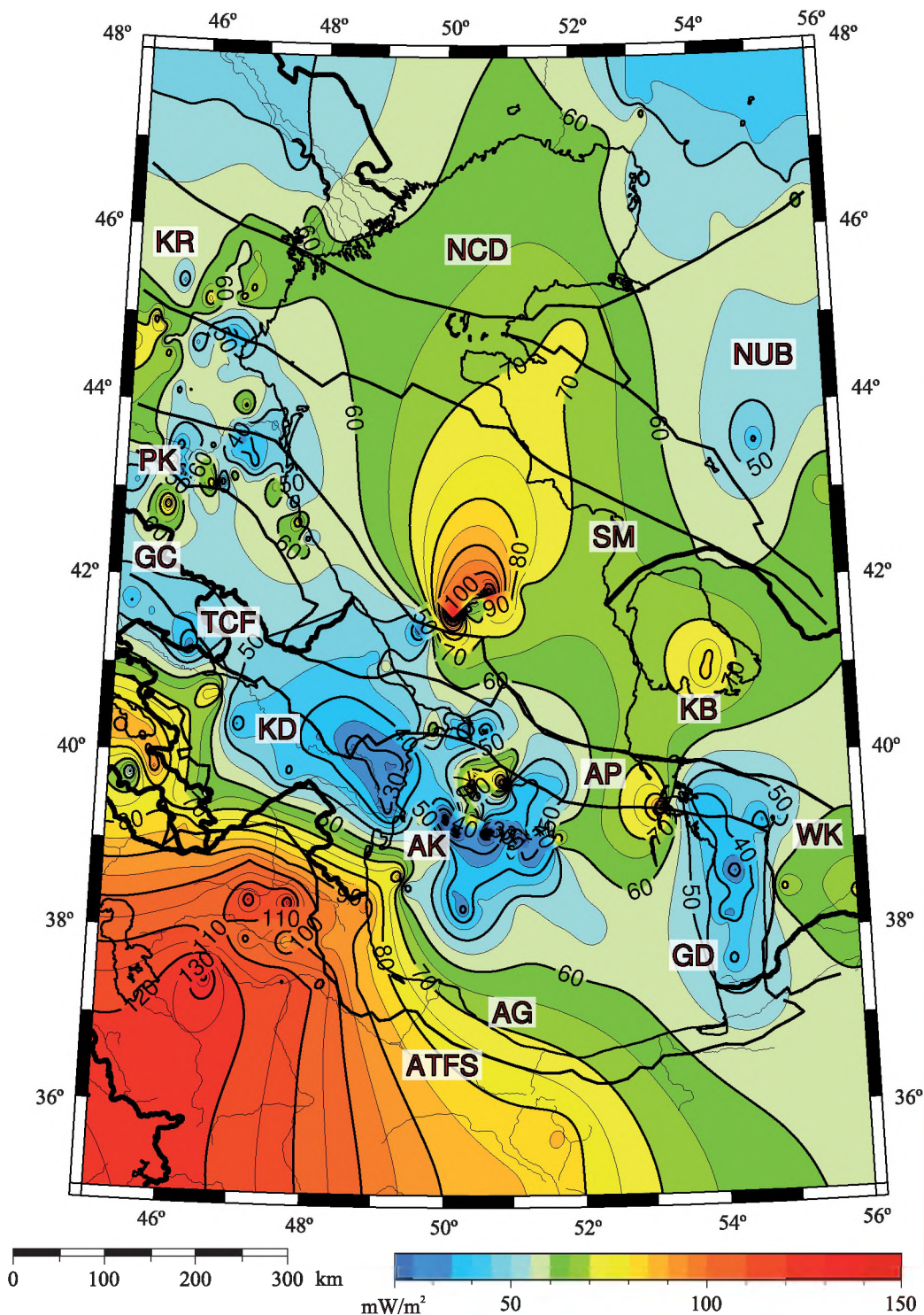


Fig. 8. Heat flow density distribution within the Caspian Sea region.

Source: [28], modified

Main structures: AK – Apsheiron – Kobystan Periclinal Trough; ATFS – Alborz Thrust Fold System; AG – Alborz – Gorgan Foredeep; AP – Apsheiron Balkhan Zone; GC – Greater Caucasus Fold System; GD – Go-grandagh – Okarem Zone; KB – Middle Caspian Karabogaz Antecline; KD – Kusary – Divichi Trough; KR – Karpinsky Ridge; NCD – North Caspian Depression; NUB – North Ustyurt Block; PK – Kuma System of Uplifts; SM – South Mangyshlak – Ustyurt System of Troughs; TCF – Terek – Caspian Foredeep; WK – West Kopet Dagh Zone.

Heat flow isolines within the North Caspian Depression showed only partly based on existing heat flow determinations, but within the prevailing part of this area, they were drawn in result of an interpolation. They require further refinement after new data will be accumulated.

Discussion

All accessible heat flow data were used for our analysis. Nowadays a number of oil companies drill wells in Azerbaijan, Russia, Kazakhstan, Turkmenistan, and Iran from marine platforms or overhead roads of steel constructed in some localities of shallow water. In most situations, thermograms of these marine wells are not accessible for geothermal analysis.

The heat flow within the Caspian shelf, adjoining its western shores, was studied using a special heat meter [3] in combination with a thermographic recorder, but detailed coordinates of HFD stations are absent, as well as their description, therefore they are not analyzed in this article. These authors mention that heat flow density varies along the HFD profile Makhachkala – Kyzylkum from as low as minus 41 until approximately plus 42 mW/m² depending on the depth of the sea. Measurements within shallow depths (below 70–80 m) give negative HFD values due to pronounced diurnal and seasonal temperature variations at the marine bottom, amplified by water circulation. Experimentally it was established, that diurnal temperature wave reached up to the depth of 10 m. It leads to a transient phenomenon within the water column. The HFD increases to approximately 42 mW/m² when the depth to the bottom sediments exceeds 100 m, which is considered as a shelf margin for the Caspian Sea [3].

Two very high heat flow anomalies exceeding 100 mW/m² are shown in the left lower corner of the map and within the central part of the Caspian Sea. The latter one is a result of a single heat flow determination received using a marine heat flow probe. A number of researchers interpret it as a warm water discharge into bottom sediments from a deep penetrating and active fault, which warms up sediments at the marine bottom [6; 17; 30].

A number of researchers indicate that besides conductive heat transfer, which we measure in boreholes or by marine heat flow probes, there are convective cells within the sedimentary cover including bottom sediments, which influence the heat flow pattern and form heat flow anomalies. They are typical near zones of active faults, other dislocations, and mud volcanoes within both marine areas and the land [15; 19].

The heat flow distribution has a good correlation with main tectonic features of the deep tectonic structure of the crust, such as deep penetrating faults, mud volcanoes, radiogenic heat production caused by a decay of long-living isotopes. As an example of such influences, it is necessary to mention that very high HFD value around 600 mW/m² was observed at one of heat flow stations within southern part of Caspian Sea. Similar unusually high heat flows were observed also near young rift zones within the Pacific Ocean. Another example of an extremely high heat flow was observed near the mud volcano Hakon Mosby within the Barents Sea (1045 mW/m² [23]).

Concerning the high value of 600 mW/m² recorded within the South Caspian Basin, there was put forward an opinion, that it was a result of a high temperature and partially melted mantle existed at rather shallow depth [13].

Accumulated sediments have rather low thermal conductivity, which results in blanketing of heat flow entering from below and warming up the uppermost sedimentary layer [32], finally resulting in observed relatively high thermal regime within it. A very high heat flow (209 mW/m²) value was observed also to the north of the Apsheron Ridge. It could be explained both by such blanketing and by the heat production produced by friction due to folding and subduction as well as an active warm water circulation near a deep fracture.

The HFD structure within western part at the south of the Caspian Sea shows a complex pattern due to its tectonic structure, complicated by faults and marine mud volcanoes. It ranges here from 20 until 70 mW/m². The eastern part of the sea has more uniform heat flow here. The middle part of the Caspian Sea evidences on average the heat flow around 50 mW/m². Nevertheless, within the Derbend Depression, increased heat flow up to 134 and even 210 mW/m² was also observed.

Several possibilities were considered to explain the observed anomalies. One of the most realistic one is a warm water discharge into the marine bottom. Besides this, it is not possible to reject other mechanisms of a heat generation that within the Derbend Depression, which could increase the observed heat flow additionally to around 40 mW/m², or even more, effects of organic matter oxidation and, as mentioned above, the mud volcanism [13].

It is considered [24] that beneath the South Caspian there is a crust of the oceanic type, which does not have the so-called granitic layer; reach in long-living radioactive elements, its cross section is shown in fig. 9. Heat flow values there range from 30 to 40 mW/m² [13] with a high thickness of sediments up to 30 km and their rapid accumulation [20]. At the same time heat flow, exceeding 60 and up to 200 mW/m², is typical for the northern part of the Caspian Sea with the crust of continental type.

According to available data on modeling of geothermal field of the Caspian Basin and taking into account its transient regime, the temperature at the base of the sedimentary cover could reach to 400–500 °C [15; 16; 31].

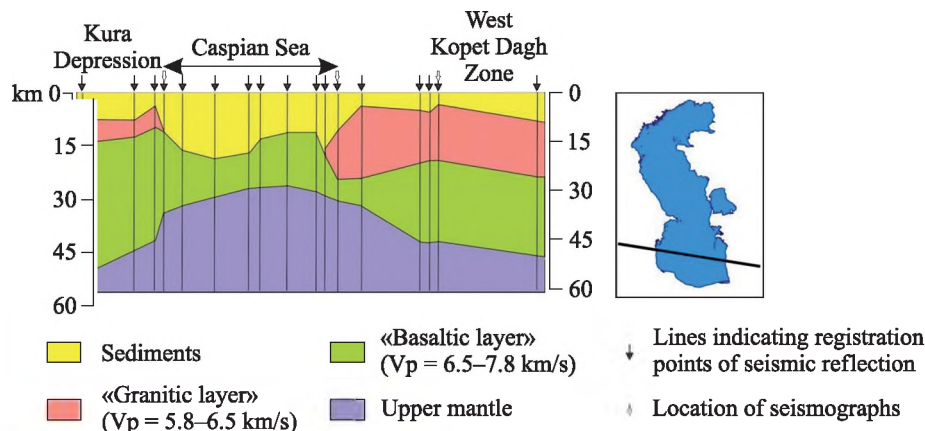


Fig. 9. Cross-section of the crust and upper mantle in the South Caspian Depression.

Source: [25]

It is necessary to mention that the sedimentation rate represents one of factors affecting its geothermal field parameters. Very rapid sedimentation results in relatively low observed heat flow values, as a transient geothermal regime takes place in accumulated sediments, which are slowly warmed up by heat flow from below. Heat flow determinations based on deep boreholes of the Baku Archipelago and the Apsheron-Balkhan Zone show low heat flow (usually $20\text{--}40\text{ mW/m}^2$) which is lower than the majority of values $30\text{--}50\text{ mW/m}^2$ [30] determined using marine probes, it requires the further analysis.

The general trend of heat flow density variations for better-studied and selected window within the South Caspian Basin is shown in fig. 10. This map was constructed by means of the software package *GMT* (subprograms «Grdtrend» and «Grdtrack»).

To both sides from the HFD trend (the isoline of 55 mW/m^2), the heat flow is increasing both to the southwest, where high heat flow zone above 100 mW/m^2 was observed, and to the northeast, where it exceeds 60 mW/m^2 . The Alpine folding exists in left corner of the map, when in its northern portion there is a gradual transfer to the Precambrian crustal blocs, which typically are colder.

Two profiles A–A and B–B of the heat flow density are shown in fig. 11. Along the A–A profile there are many heat flow observations. Here the heat flow varies considerably along the whole profile from around 25 until almost 90 mW/m^2 . The profile B–B shows smoother pattern of HFD variations. Its shape depends partly on the absence of heat flow data within its central part (no marine measurements) and it crosses another type of the crustal block, namely the Apsheron – Balkhan Ridge, where the heat flow is lower.

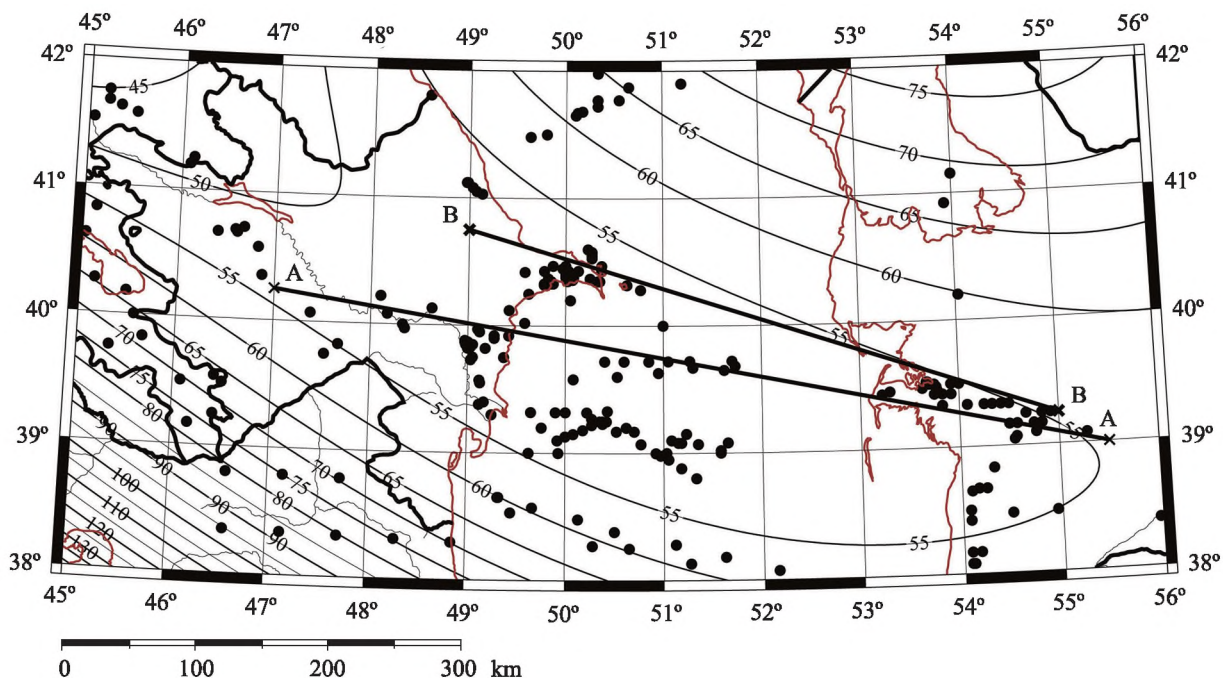


Fig. 10. Heat flow density trend (mW/m^2) within the selected window of the South Caspian Basin

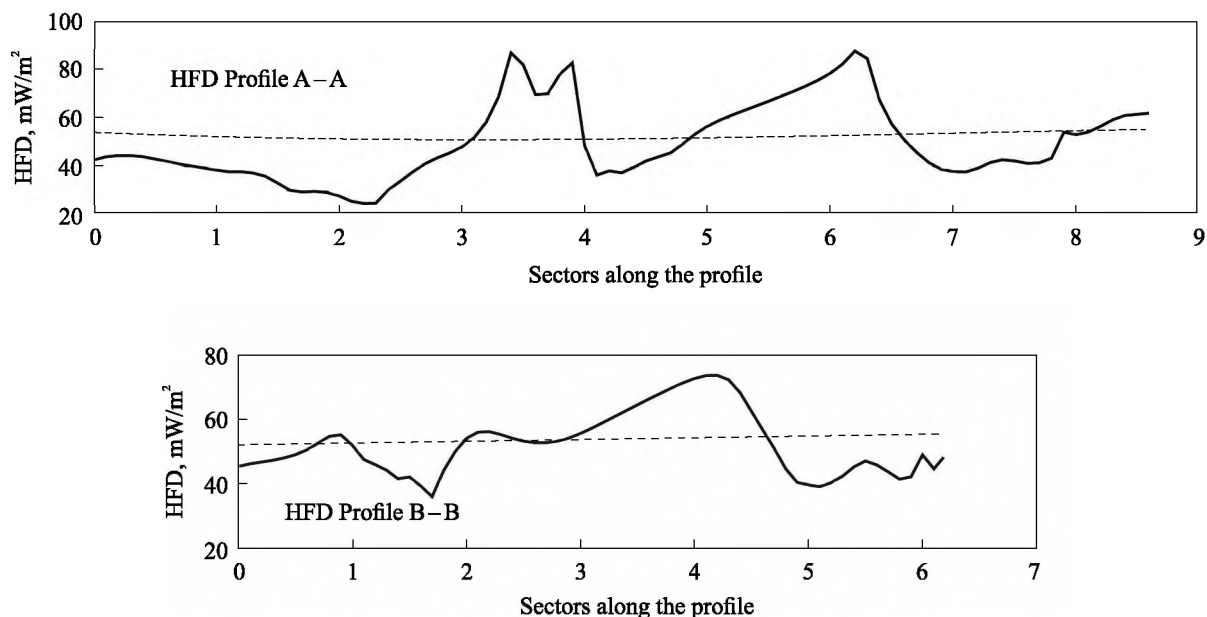


Fig. 11. Heat flow density profiles A–A and B–B

Conclusion

A new map of heat flow density distribution was compiled both for the marine area of the Caspian Sea and adjoining onshore zones of the countries adjacent to the sea: Iran, Azerbaijan, Russia, Kazakhstan and Turkmenistan. This map reflects a wide range of heat flow variations. The highest anomaly above 100 mW/m² exists within the northwestern part of Iran which belongs to the Alpine crustal folding. Lower values within the South Caspian Basin are typical for the Apsheron – Balkhan Ridge. A general tendency of its decrease is evident in the direction to Precambrian crustal blocks of the North Caspian Basin.

Highly differentiated heat flow density at relatively short distances is a typical feature for the Caspian Sea area. Very sharp changes also take place within the transition zone from Caspian Sea waters to the northwestern part of Iran, which represents young tectono-thermal activated crustal blocks of the Alpine-Himalayan mobile belt.

Библиографические ссылки

1. Алиев СА, Аширов Т, Липсиц ЮМ, Соппиев ВА, Судаков НП. Новые данные о тепловом потоке через дно Каспийского моря. *Известия Академии наук Туркменской ССР. Серия физико-технических, химических и геологических наук*. 1979;2: 124–126.
2. Алиев СА. *Геотермические поля депрессионных зон Южно-Каспийской впадины и их связь с нефтегазоносностью* [автореферат диссертации]. Баку: Институт геологии Академии наук Азербайджана; 1988. 30 с.
3. Амирханов ХИ, Ровнин ЛИ, Суэтнов ВВ, Гаирбеков ХА, Бойков АМ. *Опыт применения нефтегазовой терморазведки*. Махачкала: [б. и.]; 1975. 223 с.
4. Аширов Т. *Геотермическое поле Туркмении*. Москва: Наука; 1984. 160 с.
5. Аширов Т. О тепловом поле в пределах западного борта Южно-Каспийской депрессии. *Известия Академии наук Туркменской ССР. Серия физико-технических, химических и геологических наук*. 1985;2:70–74.
6. Глузов ИФ, Маливицкий ЯП, Новиков АА, Сенин БВ. *Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря*. Москва: Недра; 2004. 342 с.
7. Гордиенко ВВ, Завгородняя ОВ. Тепловой поток Прикаспийской впадины. В: Щербаков АВ, Дворов ВИ, редакторы. *Геотермические исследования в Средней Азии и Казахстане*. Москва: Наука; 1985. с. 251–255.
8. Любимова ЕА, Поляк БГ, Смирнов ЯБ. *Каталог данных по тепловому потоку на территории СССР*. Москва: Наука; 1973. 64 с.
9. Кашкай МА, Алиев СА. Тепловой поток в Куринской депрессии. В: Субботин СИ, Кутас РИ, редакторы. *Глубинный тепловой поток в Европейской части СССР*. Киев: Наукова Думка; 1974. с. 95–109.
10. Лебедев ЛИ, Томара ГА. О некоторых особенностях формирования теплового потока в Южном Каспии. В: Любимова ЕА, Глебовицкий ВА, редакторы. *Геотермометры и палеотемпературные градиенты*. Москва: Наука; 1981. с. 156–161.

11. Любимова ЕА, Томара ГА, Власенко ВИ, Смирнова ЕВ, Зекцер ИС, Месхетели АИ. Первые данные по изучению тепловых потоков через дно Каспийского моря. *Известия АН СССР. Серия: Физика Земли*. 1974;4:98–103.
12. Любимова ЕА, Никитина ВН, Томара ГА. Тепловые поля внутренних и окраинных морей СССР: Состояние наблюдений и теория интерпретации двумерных неоднородностей. Москва: Наука; 1976. 224 с.
13. Мухтаров АШ. Тепловой поток восточной части Кавказской зоны коллизии. В: Попов ЮА, редактор. *Тепловое поле Земли и методы его изучения*. Москва: Российский государственный геолого-разведочный университет; 2008. с. 155–160.
14. Мухтаров АШ. Некоторые аспекты формирования теплового поля в Каспийском регионе. *Труды Института геологии*. 2004;31:141–147.
15. Мухтаров АШ, Адигезов НЗ. Тепловая эволюция Нижне-Куринской впадины и условия для образования углеводородов (на примере месторождения Кюровдаг). *Известия Академии наук Азербайджана. Серия: Науки о Земле*. 1999;1:14–20.
16. Мухтаров АШ, Тагиев МФ, Имамвердиев РА. Модели нефтегазогенерации и прогноз фазового состояния углеводородов в Бакинском Архипелаге. *Известия Академии наук Азербайджана. Серия: Науки о Земле*. 2003;2:17–25.
17. Смирнов ЯБ, Аширов Т, Меркушов ВН, Сопиев ВА, Дубровская ЕВ. Каспийское море. В: Кропоткин ПН, Смирнов ЯБ, редакторы. *Методические и экспериментальные основы геотермии*. Москва: Наука; 1983. с. 129–134.
18. Сухарев ГМ, Власова СП, Тарануха ЮК. Теплофизические свойства горных пород и величины тепловых потоков некоторых районов Большого Кавказа и Предкавказья. *Доклады Академии наук СССР*. 1966;171(4):851–853.
19. Якубов АА, Ализаде АА, Зейналов ММ. Грязевые вулканы Азербайджанской ССР. Атлас. Баку: Издательство Академии наук Азербайджанской ССР; 1971. 257 с.
20. Abdullayev NA, Kadirov F, Guliyev IS. Subsidence history and basin-fill evolution in the South Caspian Basin. In: Brunet MF, McCann T, Sobel ER, editors. *Geological Evolution of Central Asian Basins and the Western Tien Shan Range*. London: Geological Society; 2015. 427 p. DOI: 10.1144/SP427.5.
21. Alexandrov AL, Lubimova EA, Tomara GA. Heat flow through the bottom of the inner seas and lakes in the USSR. *Geothermics*. 1972;1(2):73–80.
22. Coster HP. Terrestrial heat flow in Persia. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Geophysical Supplement*. 1947;5:131–145.
23. Eldholm O, Sundvor E, Vogt PR, Hjelstuen BO, Grane K, Nilsen AK, Gladchenko TP. SW Barents Sea continental margin heat flow and Hakon Mosby Mud Volcano. *Geo-Marine Letters*. 1999;19:29–37.
24. International Tectonic Map of the Caspian Sea Region (Khain V, Bogdanov N, editors. *Explanatory notes*). Moscow: Nauchnyi Mir; 2005. 1 : 2 500 000.
25. Jackson J, Priestley K, Allen M, Berberian M. Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophysical Journal International*. 2002;148:214–245.
26. Jahantigh Pak Z, Biyabangard H, Bakhshi MR, Shabani F. Hydrocarbon generation from candidate source rocks in the Persian Gulf. *Researcher*. 2014;6(2):8–19.
27. Khojamli A, Doulati Ardejani F, Moradzadeh A, Nejati Kalate A, Roshandel Kahoo A, Porkhial S. Estimation of Curie point depths and heat flow from Ardebil province, Iran, using aeromagnetic data. *Arab Journal Geosciences*. 2016;9:383. DOI: 10.1007/s12517-016-2400-3.
28. Mansouri-Far S. Geothermal field in the Caspian Sea region. В: Махнач АА, редактор. *Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси Александра Семёновича Махнач; 21–22 ноября 2018 г.; Минск, Беларусь*. Минск: СтройМедиаПроект; 2018. p. 140–144.
29. Morley CK, King R, Hillis R, Tingay M, Backe G. Deepwater fold and thrust belt classification, tectonics, structure and hydrocarbon prospectivity: a review. *Earth-Science Reviews*. 2011;104:41–91.
30. Mukhtarov ASH. Heat flow distribution and some aspects of formation of thermal field in the Caspian region. In: Akif A. Ali-Zadeh, editor. *South-Caspian Basin: geology, geophysics, oil and gas content. 32nd International Geological Congress; 2004 August 20–28; Florence, Italy*. Baku: Nafta-Press; 2004. p. 165–172.
31. Mukhtarov ASH, Adigezalov NZ. Thermal regime of mud volcanos in the East Azerbaijan. *Proceedings of Geology Institute*. 1997;26:221–228.
32. Sass JH, Lachenbruch AH, Munroe RJ. Thermal conductivity of rocks from measurements on fragments and its application to heat flow determinations. *Journal of Geophysical Research*. 1971;76:3391–3401.
33. Smith WHF, Wessel P. Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*. 1990;55:293–305.
34. Hurtig E, editor. *USSR, Black Sea and Caspian Sea. Geothermal Atlas of Europe*. Gotha: Geographisch-Kartographische Anstalt; 1991. p. 132–152.
35. Wessel P, Smith WHF. Free software helps map and display data. *Eos Transactions American Geophysical Union*. 1991;72:441, 445–446.

References

1. Aliev SA, Ashirov T, Lipsits YuM, Sopiev VA, Sudakov NP. [New data on heat flow through the Caspian Sea bottom]. *Izvestiya Akademii nauk Turkmenskoi SSR. Seriya fiziko-tekhnicheskikh, khimicheskikh i geologicheskikh nauk*. 1979;2:124–126. Russian.
2. Aliev SA. *Geotermicheskie polya depressionnykh zon Yuzhno-Kaspiiskoi vpadiny i ikh svyaz's neftegazonosnost'yu* [Geothermal field of depressional zones of the South Caspian Depression and their relation to oil and gas bearing capabilities] [dissertation]. Baku: Institut geologii Akademii nauk Azerbaidzhana; 1988. 30 p. Russian.
3. Amirkhanov KhI, Rovnin LI, Suetnov VV, Gairbekov KhA, Boikov AM. *Opyt primeneniya neftegazovoi termorazvedki* [An experience to use oil and gas thermal exploration]. Makhachkala: [publisher unknown]; 1975. 223 p. Russian.

4. Ashirov T. *Geotermicheskoe pole Turkmenii* [Geothermal field of Turkmenia]. Moscow: Nauka; 1984. 160 p. Russian.
5. Ashirov T. [On the thermal field within the western side of the South Caspian Depression]. *Izvestiya Akademii nauk Turkmenskoi SSR. Seriya fiziko-tekhnicheskikh, khimicheskikh i geologicheskikh nauk*. 1985;2:70–74. Russian.
6. Glumov IF, Malovitskii YaP, Novikov AA, Senin BV. *Regional'naya geologiya i neftegazonosnost' Kaspiiskogo morya* [Regional geology and oil and gas bearing capabilities of the Caspian Sea]. Moscow: Nedra; 2004. 342 p. Russian.
7. Gordienko VV, Zavgorodnyaya OV. [Heat flow in the North Caspian Depression]. In: Shcherbakov AV, Dvorov VI, editors. *Geotermicheskie issledovaniya v Srednei Azii i Kazakhstane* [Geothermal investigations in the Middle Asia and Kazakhstan]. Moscow: Nauka; 1985. p. 251–255. Russian.
8. Lyubimova EA, Polyak BG, Smirnov YaB. *Katalog dannykh po teplovomu potoku na territorii SSSR* [Heat flow data catalogue within the territory of the USSR]. Moscow: Nauka; 1973. 64 p. Russian.
9. Kashkai MA, Aliev SA. [Heat flow within the Kura Depression]. In: Subbotin SI, Kutas RI, editors. *Glubimyyi teplovoi potok v Evropeiskoi chasti SSSR* [Terrestrial heat flow within the European part of the USSR]. Kyiv: Naukova Dumka; 1974. p. 95–109. Russian.
10. Lebedev LI, Tomara GA. [On some features of the heat flow generation in the South Caspian]. In: Lyubimova EA, Glebovitskii VA, editors. *Geotermometriya i paleotemperaturnye gradienty* [Geothermometers and paleo temperature gradients]. Moscow: Nauka; 1981. p. 156–161. Russian.
11. Lyubimova EA, Tomara GA, Vlasenko VI, Smirnova EV, Zektser IS, Meskheteli AI. [First data on heat flows studying through the bottom of the Caspian Sea]. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya: Fizika Zemli*. 1974;4:98–103. Russian.
12. Lyubimova EA, Nikitina VN, Tomara GA. *Teplovyie polya vnutrennykh i okrainnykh morei SSSR: Sostoyanie nablyudenii i teoriya interpretatsii dvumernykh neodnorodnostei* [Thermal fields of the inner and marginal seas of the USSR: Status of observations and the theory of interpretation of two-dimensional heterogeneities]. Moscow: Nauka; 1976. 224 p. Russian.
13. Mukhtarov ASH. [Heat flow in eastern part of the Caucasian collision zone]. In: Popov YuA, editor. *Teplovoe pole Zemli i metody ego izucheniya* [Thermal field of the Earth and methods of its investigations]. Moscow: Russian State Geologic Exploration University; 2008. p. 155–160. Russian.
14. Mukhtarov ASH. [Some aspects of the heat flow generation within the Caspian Region]. *Proceedings of the Geology Institute*. 2004;31:141–147. Russian.
15. Mukhtarov ASH, Adigezov NZ. [Thermal evolution of the Lower-Kura Depression and conditions for generation of hydrocarbons an example of the Kyurovdag deposit]. *Izvestiya Akademii nauk Azerbaidzhana. Seriya: Nauki o Zemle*. 1999;1:14–20. Russian.
16. Mukhtarov ASH, Tagiyev MF, Imamverdiyev RA. [Models of oil and gas generation and prognosis of the phase condition of hydrocarbons in the Baku Archipelago]. *Izvestiya Akademii nauk Azerbaidzhana. Seriya: Nauki o Zemle*. 2003;2:17–25. Russian.
17. Smirnov YaB, Ashirov T, Merkushov VN, Sopiev VA, Dubrovskaya EV. [Caspian Sea]. In: Kropotkin PN, Smirnov YaB, editors. *Metodicheskoe i eksperimental'nye osnovy geotermii* [Methodical and experimental basis of geothermics]. Moscow: Nauka; 1983. p. 129–134. Russian.
18. Sukharev GM, Vlasova SP, Taranukha YuK. [Thermophysical properties of rocks and heat flow values within some of regions of the Great Caucasus and Ciscaucasia]. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1966;171(4):851–853. Russian.
19. Yakubov AA, Alizade AA, Zeynalov MM. *Gryazevyie vulkany Azerbaidzhanskoi SSR. Atlas* [Mud volcanoes of the Azerbaijan SSR. Atlas]. Baku: Izdatel'stvo Akademii nauk Azerbaidzhanskoi SSR; 1971. 257 p. Russian.
20. Abdullayev NA, Kadirov F, Guliyev IS. Subsidence history and basin-fill evolution in the South Caspian Basin. In: Brunet MF, McCann T, Sobel ER, editors. *Geological Evolution of Central Asian Basins and the Western Tien Shan Range*. London: Geological Society; 2015. 427 p. DOI: 10.1144/SP427.5.
21. Alexandrov AL, Lyubimova EA, Tomara GA. Heat flow through the bottom of the inner seas and lakes in the USSR. *Geothermics*. 1972;1(2):73–80.
22. Coster HP. Terrestrial heat flow in Persia. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. Geophysical Supplement*. 1947;5: 131–145.
23. Eldholm O, Sundvor E, Vogt PR, Hjelstuen BO, Grane K, Nilsen AK, Gladchenko TP. SW Barents Sea continental margin heat flow and Hakon Mosby Mud Volcano. *Geo-Marine Letters*. 1999;19:29–37.
24. International Tectonic Map of the Caspian Sea Region (Khain V, Bogdanov N, editors. *Explanatory notes*). Moscow: Nauchnyi Mir; 2005. 1 : 2 500 000.
25. Jackson J, Priestley K, Allen M, Berberian M. Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophysical Journal International*. 2002;148:214–245.
26. Jahantigh Pak Z, Biyabangard H, Bakhshi MR, Shabani F. Hydrocarbon generation from candidate source rocks in the Persian Gulf. *Researcher*. 2014;6(2):8–19.
27. Khojamli A, Doulati Ardejani F, Moradzadeh A, Nejati Kalate A, Roshandel Kahoo A, Porkhial S. Estimation of Curie point depths and heat flow from Ardebil province, Iran, using aeromagnetic data. *Arab Journal Geosciences*. 2016;9:383. DOI: 10.1007/s12517-016-2400-3.
28. Mansouri-Far S. Geothermal field in the Caspian Sea region. In: Mahnach AA, editor. *Problemy geologii Belarusi i smezhnykh territorij: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija akademika NAN Belarusi Aleksandra Semjonovicha Mahnach; 21–22 nojabrja 2018 g.; Minsk, Belarus'* [Problems of geology of Belarus and adjacent territories: materials of the International Scientific Conference dedicated to centenary of academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus Alexander S. Mahnach; 2018 November 21–22; Minsk, Belarus]. Minsk: StrojMediaProekt; 2018. p. 140–144. Russian.
29. Morley CK, King R, Hillis R, Tingay M, Backe G. Deepwater fold and thrust belt classification, tectonics, structure and hydrocarbon prospectivity: a review. *Earth-Science Reviews*. 2011;104:41–91.
30. Mukhtarov ASH. Heat flow distribution and some aspects of formation of thermal field in the Caspian region. In: Akif A, Ali-Zadeh, editor. *South-Caspian Basin: geology, geophysics, oil and gas content. 32nd International Geological Congress; 2004 August 20–28; Florence, Italy*. Baku: Nafta-Press; 2004. p. 165–172.

31. Mukhtarov ASh, Adigezalov NZ. Thermal regime of mud volcanos in the East Azerbaijan. *Proceedings of Geology Institute*. 1997;26:221–228.
32. Sass JH, Lachenbruch AH, Munroe RJ. Thermal conductivity of rocks from measurements on fragments and its application to heat flow determinations. *Journal of Geophysical Research*. 1971;76:3391–3401.
33. Smith WHF, Wessel P. Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*. 1990;55:293–305.
34. Hurtig E, editor. *USSR, Black Sea and Caspian Sea. Geothermal Atlas of Europe*. Gotha: Geographish-Kartographische Anstalt; 1991. p. 132–152.
35. Wessel P, Smith WHF. Free software helps map and display data. *Eos Transactions American Geophysical Union*. 1991;72:441, 445–446.

Received by editorial board 09.12.2018.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ТУФОГЕННОГО ПЕПЛОВОГО ГОРИЗОНТА
ПЕТРИКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙВ. П. САМОДУРОВ¹⁾, А. И. ДРУК²⁾, К. Ю. БАЛАШОВ²⁾, Ю. Н. ЕЛЕНСКИЙ²⁾¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь²⁾ОАО «Белгорхимпром», пр. Машерова, 17, 220029, г. Минск, Беларусь

Обобщены результаты исследований строения и вещественного состава маркирующего пеплового горизонта верхнефаменских отложений в пределах Северо-Шестовичской синклинальной зоны Припятского прогиба. Показана связь строения этого горизонта с этапом активизации вулканической деятельности. Установлено, что преобладающими минералами глинизированных туфов являются структурно упорядоченные иллиты поли типа 1М. Маркирующий туфогенный горизонт залегает внутри верхнесоленосной толщи в пределах Петриковской синклинали и выходит в надсолевую верхнедевонскую толщу на окружающих территориях.

Ключевые слова: вулканический туф; вулканическая активность; иллит поли типа 1М; литологический маркер.

STRUCTURE AND MINERALOGICAL COMPOSITION
OF THE TUFF HORIZON OF PETRIKOV POTASH DEPOSITV. P. SAMODUROV^a, A. I. DRUK^b, K. Yu. BALASHOV^b, Yu. N. YALENSKI^b^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus^bBelgorkhimprom JSC, 17 Mašeraŭ Avenue, Minsk 220029, Belarus

Corresponding author: V. P. Samodurov (vladimir_samodurov@tut.by)

Integrated data of the structure and mineralogical composition of the marking tuff horizon in the Upper-Devonian bed of the North-Shestovich synclinal zone are presented in this paper. Dependence of the tuff bed structure on the volcanic activity stage is revealed. Find out that the prevailing mineral of tuff is the structure-ordered illite 1M. Marked tuff horizon is situated inside the Upper-Devonian salt bed within Petrikov synclinal zone and comes up into the overlaying clay-marl formation of the surrounding geological beds.

Keywords: volcanic tuff; volcanic activity; illite 1M; lithological marker.

Образец цитирования:

Самодуров ВП, Друк АИ, Балашов КЮ, Еленский ЮН. Строение и состав туфогенного пеплового горизонта Петриковского месторождения калийных солей. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;1:119–127.

<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-119-127>

For citation:

Samodurov VP, Druk AI, Balashov KYu, Yalenski YuN. Structure and mineralogical composition of the tuff horizon of Petrikov potash deposit. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;1:119–127. Russian.

<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-1-119-127>

Авторы:

Владимир Петрович Самодуров – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики.

Анатолий Иванович Друк – заведующий лабораторией геологических исследований.

Константин Юрьевич Балашов – заведующий лабораторией гидрогеологических исследований и экологии.

Юрий Николаевич Еленский – ведущий инженер лаборатории геологических исследований.

Authors:

Vladimir P. Samodurov, PhD (geology and mineralogy), doцент; associate professor at the department of regional geology, faculty of geography and geoinformatics.

vladimir_samodurov@tut.by

Anatoly I. Druk, head of the laboratory of geological investigation.

anatolijdruk@mail.ru

Konstantin Yu. Balashov, head of the laboratory of hydrogeological investigation and ecology.

kbalashov@bmci.by

Yuriy N. Yalenski, leading engineer at the laboratory of geological investigation.

jelenskiy@bmci.by

Введение

Туфогенные пепловые горизонты являются наиболее надежными региональными маркерами: они образовывались одновременно и распространялись по всей изучаемой территории Припятской впадины. Количество туфогенных прослоев в разрезах скважин и их мощность заметно увеличиваются в восточной части впадины, но и в западной части, в разрезах фаменской соленосной формации Старобинского и Петриковского месторождений, также отмечены туфы и туффиты [1; 2]. Этапы активизации вулканизма, как правило, обусловлены активизацией тектонических процессов, которые оказывали влияние на условия осадконакопления в различных литофациальных зонах Припятской впадины. Именно поэтому самые мощные туфогенные горизонты приурочены в основном к границам литологических толщ и ритмопачек.

Цель данной работы – изучение особенностей строения и состава туфогенного горизонта в разрезе Петриковского месторождения, а также его влияния на водоупорные свойства надсолевой верхнедевонской толщи.

Объект и методика исследований

Глинизированный туфогенный горизонт отмечен во многих литологических разрезах скважин Петриковского месторождения [2; 3], но здесь приводятся результаты исследований строения и вещественного состава по керну скважины № 1Д и в штучках пород проходки ствола № 1 Петриковского месторождения калийных солей. Горизонт расположен на границе V и VI ритмопачек (репер Д) сводной литолого-геофизической колонки Петриковского месторождения [4].

Для изучения вещественного состава глинизированного туфа использованы рентгенодифрактометрический анализ (XRD), сканирующая электронная микроскопия (SEM), энергодисперсионный микронзондовый анализ (EDX). Литологическое строение туфогенного горизонта исследовано методами цифровой литостратиграфии [5]. Особенностью этого метода является возможность представлять количественные параметры цветности пород в виде непрерывных диаграмм по разрезу скважин аналогично диаграммам ГИС.

Для анализа цветности пород использовано цветовое пространство HSV , где H – тон цвета; S – насыщенность цвета; V – величина яркости. В сероцветных породах насыщенность S цвета мала (менее 5 %) и тон H становится неопределенным. Тем не менее породы сероцветной надсолевой толщи Припятской впадины хорошо дифференцируются по величине яркости V . Сульфатные и карбонатные породы выделяются повышенной яркостью по отношению к глинистым породам. Этот эффект позволяет исследовать ритмичность сероцветной формации, основываясь на количественных параметрах цветности пород.

Различные цветовые параметры связаны с разными свойствами пород. Тон и насыщенность цвета осадочных пород в основном обусловлены присутствием в них окислов железа – сильнейших природных хромофоров. Закисное железо имеется во многих глинистых минералах. Оно придает породам зеленоватый оттенок, но насыщенность цвета этих минералов незначительна по сравнению с оксидами железа. Для большинства осадочных пород тон H сосредоточен в узком диапазоне (10 – 60°) преобладания красных оттенков, но насыщенность S цвета значительно возрастает в красноцветных породах пропорционально содержанию в них гематита. Этот эффект позволяет выявлять погребенные коры выветривания по профилям окисления пород в надсолевой толще Петриковского месторождения.

Цифровая литостратиграфия не ограничивается использованием какого-то одного цветового пространства. Она использует индикаторы разных свойств пород в виде количественных коэффициентов цветности. Так, на рис. 1 приведены диаграммы R и G , отражающие превалирование красных и зеленых оттенков в породах. Диаграмма R показывает результаты определения коэффициента $R/B - 1$. Средняя линия соответствует нулевому значению этого коэффициента, характерному для истинно серых пород, в которых $R = B$. Значения $R > 0$ отражают преобладание красных оттенков в породе. Аналогично диаграмма G показывает значения $G/B - 1$ и связана с преобладанием зеленых оттенков вулканогенных пород.

Строение туфогенного маркирующего горизонта

Строение туфогенного маркирующего горизонта в скважине № 1Д в интервале глубин $481,80$ – $486,65$ м представлено на рис. 1. Ритмопачка активизации тектонической и эксплозивной активности хорошо выделяется в разрезе по параметрам цветности. Эта ритмопачка состоит из сероцветных сульфатно-карбонатно-глинистых пород с параметром насыщенности S менее 5 %, и по этому параметру элементарные слои не выделяются. Однако ритмичность осадконакопления надежно определяется по цветовому параметру V , связанному с вариацией отражательной способности пород. Вертикальная линия

на диаграмме V отмечает среднее значение величины яркости, и можно видеть, что зона активизации сейсмостектонической активности характеризуется мелкой ритмичностью сульфатно-карбонатно-глинистых пород и туффов, выделяющихся повышенной яркостью по отношению к элементарным слоям глинистых пород. В темноцветных глинистых породах перекрывающей пачки мелкая ритмичность отсутствует, так как эта зона формировалась в тектонически стабильных условиях. Аналогичная пачка темноцветных глинистых пород отмечается в подстилающих породах изучаемого интервала (на рис. 1 эта пачка не показана).

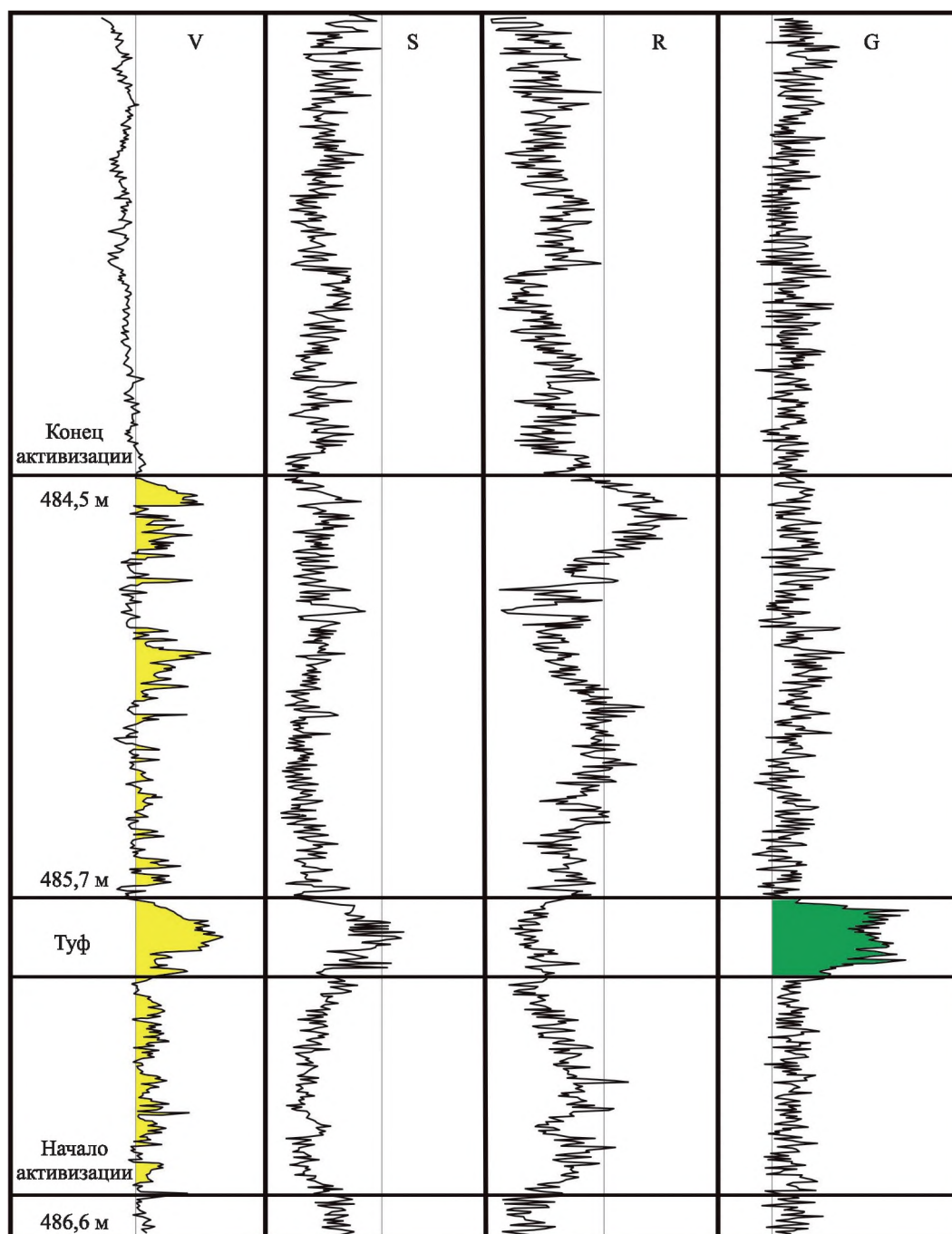


Рис. 1. Цветовые параметры туфогенного маркирующего горизонта в Петриковской скважине № 1Д (глубина 485,70 м):
V – величина яркости; S – насыщенность; R – параметр $R/B - 1$; G – параметр $G/B - 1$
Fig. 1. Color parameters of the tuff marker horizon in the borehole Petrikovskaya 1D (depth 485.70 m):
V – brightness of the rocks; S – saturation; R – parameter $R/B - 1$; G – parameter $G/B - 1$

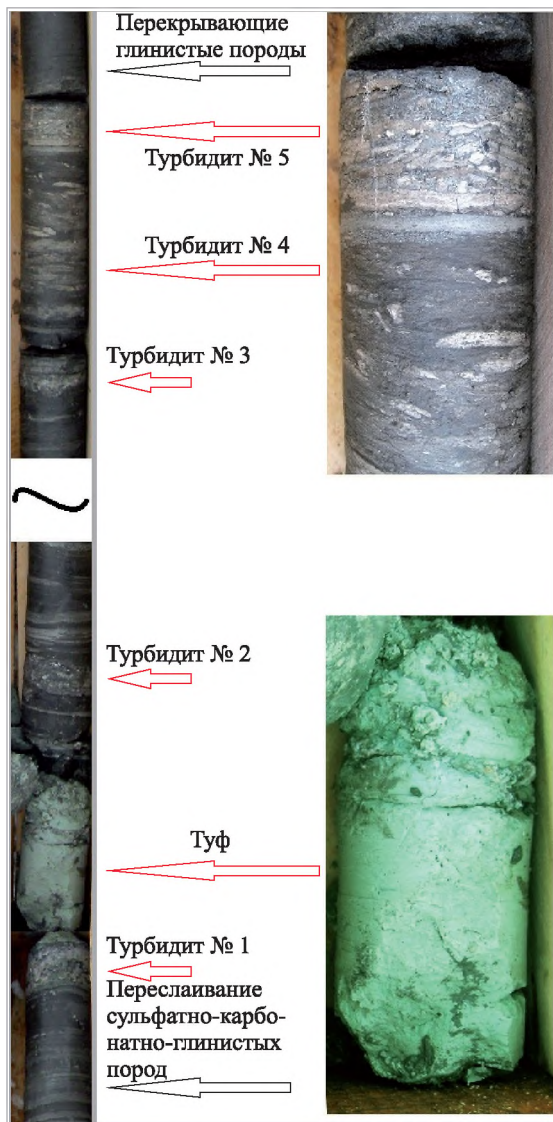


Рис. 2. Распределение турбидитов в пределах туфогенного маркирующего горизонта

Fig. 2. Distribution of the turbidities within tuff marker horizon

Глинизированный туф мощностью 28 см залегает внутри тектонически активной ритмопачки. В полевых условиях он хорошо выделяется по своей массивной текстуре и зеленоватым оттенкам и описывается разными исследователями как бентонит, глина монтмориллонитовая, туф и др. Этот туф хорошо выделяется также и по данным фотограмметрии керн. В цветовом пространстве *HSV* параметры цветности туфа имеют следующие значения: тон $H = 52^\circ$, насыщенность $S = 12\%$, величина яркости $V = 60\%$. В результате на диаграммах цветности туф хорошо определяется визуально как порода специфической цветности.

Обычно туфогенные горизонты рассматриваются как эксплозивные породы однократной генерации, что и определяет их маркирующее значение для расчленения и корреляции разрезов. Вмещающие нормально-осадочные породы при этом не принимаются во внимание, так как их фациальные особенности различны в разных зонах Припятской впадины. Методика цифровой литостратиграфии совмещает цифровые фотографии керн и параметры цветности на единой диаграмме. Это позволяет выполнять интерпретацию фациальных условий формирования пород.

Детали строения и основные разновидности пород маркирующего туфогенного горизонта показаны на рис. 2, из которого видно, что этот горизонт формировался не в виде одноактной эксплозии, а имеет предварительную стадию, отражающуюся в текстурах подстилающих пород, и также стадию затухания вулканической активности, которая отражается в текстурах перекрывающих пород.

Подстилающие породы имеют тонкослоистое (мощностью 1–10 мм) строение с горизонтально-слоистой текстурой. В подошве туфа залегает вулканогенно-осадочный турбидит № 1, образовавшийся в результате дробления и перемешивания донных пород. Причиной возникновения турбидитов служат землетрясения и цунами – мощные волновые явления, вызванные сейсмотектонической активизацией. К турбидиту № 1 непосредственно примыкает туф мощностью 28 см, который составляет центральную часть этой ритмопачки и соответствует наиболее активной фазе ее формирования.

Расчеты показывают, что масса выпавшего пеплового материала здесь $0,75 \text{ т/м}^2$.

В верхах ритмопачки можно видеть затухающую фазу сейсмотектонической активности. Здесь присутствуют турбидиты (№ 2–5), а также переслаивание туффитов и нормально-осадочных пород. Наличие сульфатов, карбонатов и туфогенного материала повышает отражательную способность пород, в результате чего диаграмма величины яркости V в изучаемой ритмопачке может рассматриваться как запись сейсмотектонической активности. Турбидит № 5 завершает фазу сейсмотектонической активности. Перекрывающие темноцветные глины известковистые, аргиллитоподобные, имеют неяснослоистую или массивную текстуру и формировались в спокойной сейсмотектонической обстановке.

Вещественный состав маркирующего туфогенного горизонта

Вещественный состав глинизированного туфа существенно отличается от состава вмещающих нормально-осадочных пород. Структурно-минералогические исследования показали, что туфы надсолевой верхнедевонской толщи Припятской впадины представлены не смектитам (монтмориллонитами), а структурно упорядоченными иллитам политипа 1М в отличие от структурно неупорядоченных диоктаэдрических иллитов 1Мd нормально-осадочных пород. Структурные различия этих минералов лучше всего проявляются на электронограммах косых текстур (рис. 3).

Диоктаэдрические структурно упорядоченные иллиты в пределах Припятской впадины являются самыми распространенными минералами вулканогенных пород. Соотношение порядка и беспорядка

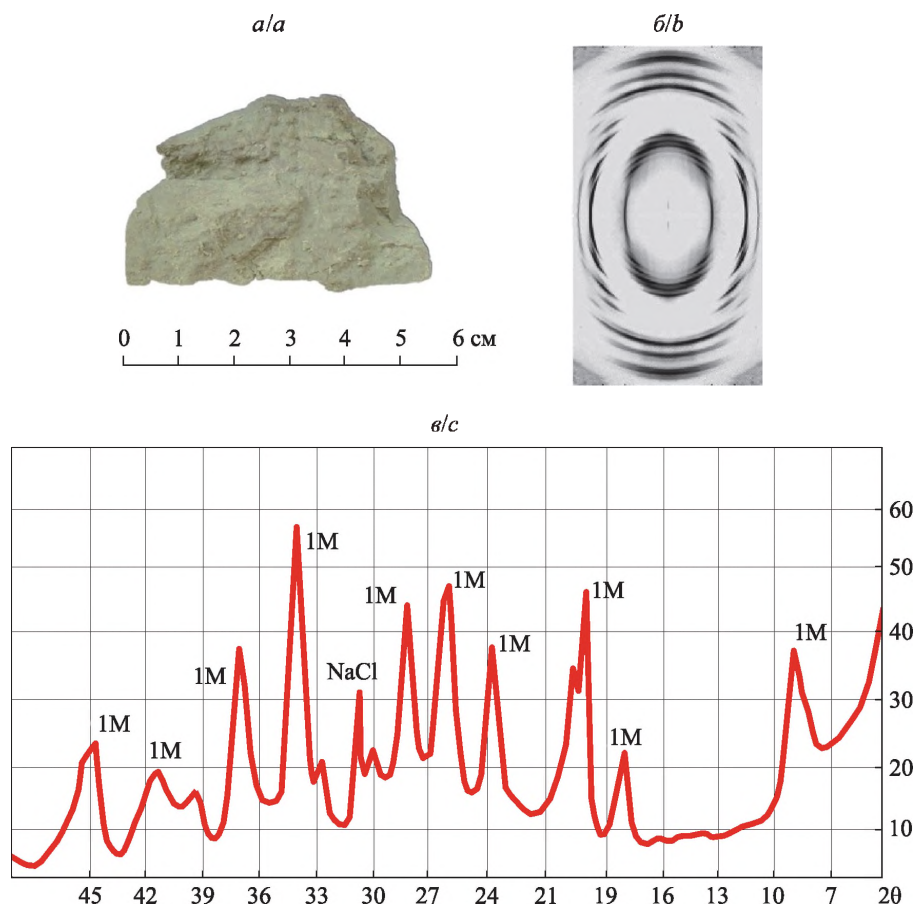


Рис. 3. Цифровая фотография туфа (а) (скважина № 1Д-9, глубина 481,50 м), электронограмма кривой текстуры (б) и дифрактограмма (в). Образец состоит из структурно упорядоченного диоктаэдрического иллита 1М

Fig. 3. Digital photo of the tuff (a) (Petrikov 1D-9, depth 481.50 m), electron diffraction pattern of the texture (b) and X-ray diffraction diagram (c). The sample consists of the structure-ordered dioctahedral illite 1M

в структурах иллитов лучше всего идентифицируется по группе рефлексов $021^{\pm}$, $111^{\pm}$. Присутствие этих рефлексов на электронограммах и дифрактограммах позволяет выявлять даже незначительные содержания вулканогенного материала в туффидах. Следует заметить, что распределение интенсивностей рефлексов $021^{\pm}$, $111^{\pm}$ структурно упорядоченных иллитов вулканогенных пород не совпадает с интенсивностью 1М-диоктаэдрических слюд. Этот эффект отмечается в глинизированных туфах многих вулканогенных формаций.

В работах [6; 7] особенности электронограмм туфов объясняются комбинацией двух структурных разновидностей иллитов – *цис*- и *транс*-октаэдрическими иллитами поли типа 1М. Эти разновидности отличаются позицией двух катионов в трех возможных октаэдрических позициях слоистых силикатов. В результате *транс*-октаэдрические силикаты имеют идеальную симметрию $C2/m$ и широко распространены в слюдах. *Цис*-октаэдрические структуры имеют симметрию $C2$ и известны в иллитах поли типа 1М. *Цис*- и *транс*-октаэдрические структуры известны и в диоктаэдрических смектитах. По нашему мнению, это свидетельствует о том, что 1М-иллиты туфов в процессе их формирования проходят стадию монтмориллонитизации, т. е. образуются из смектитовых бентонитов.

Водоупорные свойства маркирующих туфогенных горизонтов

Глинизированные туфы считаются хорошими покрышками в нефтяной геологии [8], что позволяет рассматривать их как региональные водоупорные горизонты. Для оценки водопроницаемости пород надсолевой верхнедевонской толщи было выполнено исследование образца туфа из скважины № 1Д (глубина 481,50 м) методами SEM и EDX.

На микрофотографии SEM можно видеть темные и светлые участки (рис. 4). Как известно, темные минералы состоят из легких химических элементов, а светлые – из тяжелых, что позволяет изучить структурно-текстурные характеристики туфа. На рис. 4 темные минералы – это алюмосиликаты,

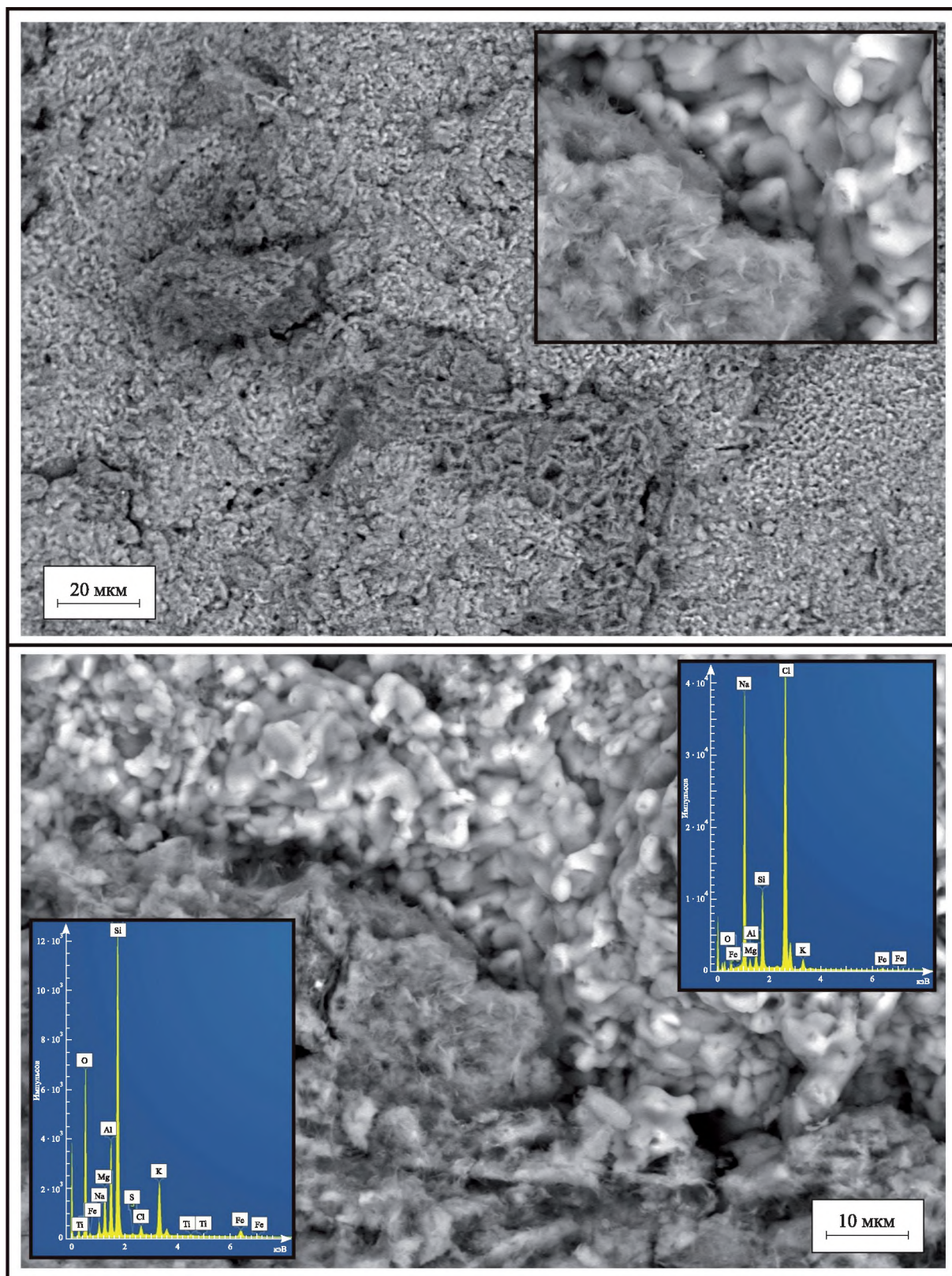


Рис. 4. Микрофотографии SEM и спектры EDX туфа
 (светлый участок – галит, темный – иллит)

Fig. 4. Photomicrograph SEM and EDX-spectra of the different parts of the tuff
 (light mineral – halite and dark – illite)

состоящие из 9 % Al, 25 % Si и 55 % O с примесями K и Fe, а светлый минерал – галит, содержащий 39,3 % Na и 60,7 % Cl. Глинизированные пепловые частицы на микрофотографиях SEM имеют величину от 0,01 до 0,12 мм. Незначительные размеры пепловых частиц указывают на то, что взрывной источник пеплового материала не находился в непосредственной близости от Петриковского месторождения, но достоверно определить положение вулкана не представляется возможным.

Как видно из микрофотографий SEM, структура туфа – реликтовая литокластическая, с примесью микрокристаллов и глинизированного вулканического стекла. Большинство частиц вулканогенного материала гипидиоморфны, ксеноморфны или остроугольной формы. В связи с тем что пепловые частицы глинизированы, они представляют собой псевдоморфозы иллитита по туфогенному материалу. На врезке рис. 4 можно видеть, что иллит 1М образует войлокоподобные агрегаты. Известно, что, несмотря на значительную микропористость глинизированных туфов, они практически непроницаемы для флюидов [9].

Светлые области на микрофотографиях SEM состоят из микрокристаллического галита с размерами кристаллов 2–5 мкм (см. рис. 4, внизу). Галит здесь является эпигенетическим образованием, так как распределен в породе локально и приурочен к системе микротрещин. Он кристаллизовался из насыщенных рассолов по микротрещинам в туфе в виде микрокристаллов кубического габитуса. Отсутствие галита в основной массе туфа свидетельствует о повышенных противифльтрационных свойствах этой породы.

Условия залегания маркирующего туфа

Туфы являются идеальными маркирующими горизонтами, так как формируются единовременно в результате вулканической взрывной деятельности. На рис. 5 представлена схематическая карта

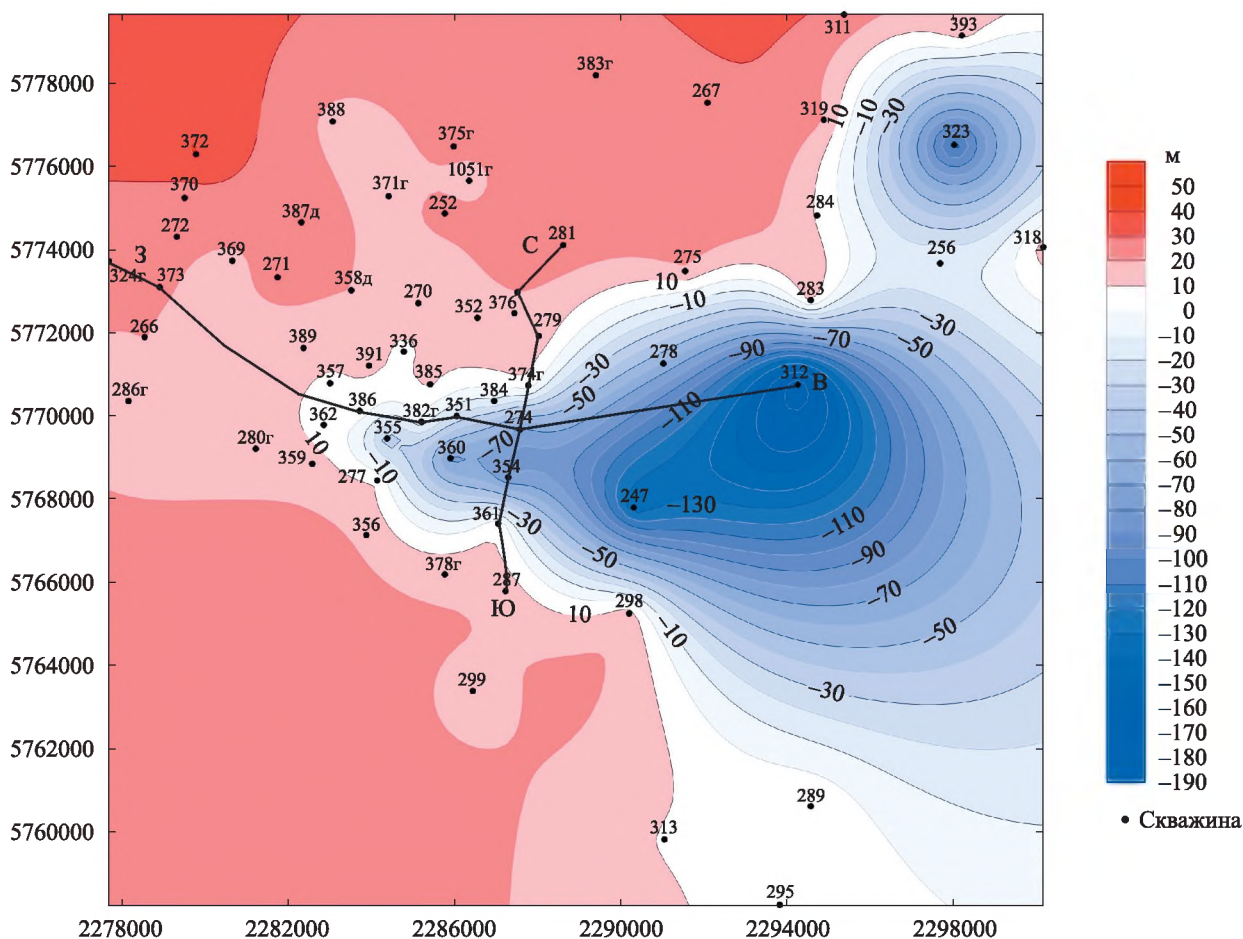


Рис. 5. Схематическая карта расстояний между подошвой туфогенного маркирующего горизонта и кровлей верхней соленосной толщи Петриковского месторождения калийных солей. Карта представлена в координатах широты и долготы системы 1963 г., система высот – Балтийская. Ю – С и 3 – В – линии геологических разрезов, представленных на рис. 6

Fig. 5. Schematic map of the spacing interval between the tuff ground and the roof of the salt bed in Petrikov potash deposits. Map presents in latitude and longitude, Baltic-1963 coordinate system. Color scale of the spacing interval between tuff and the top of the salt deposit presents in meters. Tuff underlies within salt deposit at the west and overlays in the other directions. Ю – С and 3 – В – the geological cross-sections, presented in fig. 6

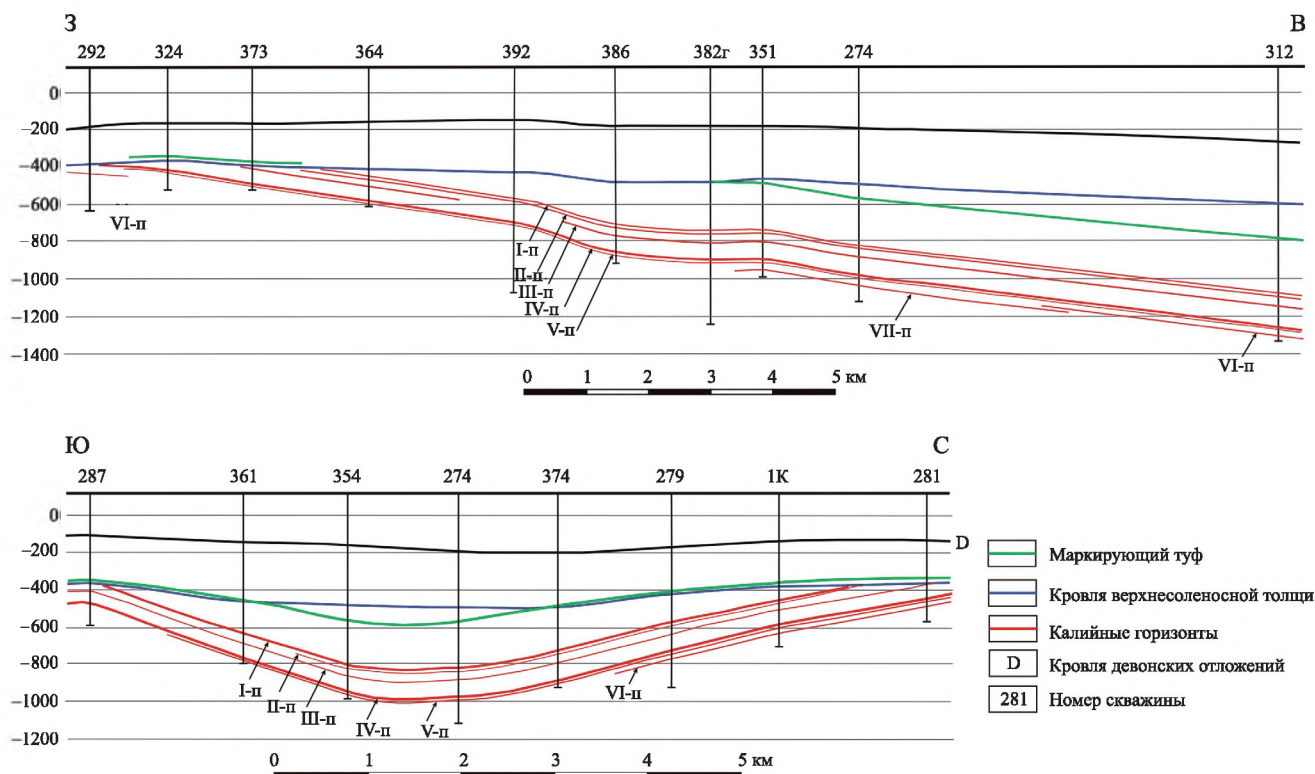


Рис. 6. Геологические разрезы Петриковского месторождения калийных солей

Fig. 6. Geological cross-sections of the Petrikov potash salt deposit

в пределах Северо-Шестовичской синклинальной зоны, из которой видно, что на востоке туф залегает внутри верхней соленосной толщи (ВСТ) Петриковской синклинали на глубинах до 192,80 м ниже кровли ВСТ, а на остальной территории туф залегает выше кровли ВСТ на расстояниях 7–24 м. Полоса совпадения глубин залегания туфа с глубиной ВСТ при переходе его из надсолевой толщи в ВСТ очерчивает наиболее погруженную часть Петриковской синклинальной зоны.

На рис. 6 представлены субширотный (3–В) и субмеридиональный (Ю–С) геологические разрезы через Петриковское месторождение калийных солей, показывающие особенности залегания туфа. Можно видеть, что в крайних частях разрезов калийные горизонты отсутствуют, а туф переходит из верхней соленосной в надсолевую глинисто-мергельную толщу (ГМТ2).

Закключение

Многочисленные маркирующие туфогенные горизонты верхнедевонской толщи Припятской впадины имеют региональное распространение и хорошо определяются визуально в полевых условиях и по данным фотограмметрии керна скважин. Они имеют зеленоватый оттенок и специфические структурно-текстурные характеристики – реликтовую витрокластическую или литокластическую структуру и массивную текстуру. На диаграммах цветности пород туфы выделяются повышенными значениями величины яркости, насыщенности, увеличением тона зеленых оттенков на цветовом круге тона *H*.

Использование методических подходов цифровой литостратиграфии позволило уточнить строение туфогенного маркирующего горизонта, залегающего в подошве ритмопачки VI Петриковского месторождения калийных солей (геофизический репер Д). Установлены начало и конец сеймотектонической активизации этой ритмопачки. Максимум активизации приурочен к литокластическому туфу – эксплозивной породе регионального распространения. Кроме этого, в составе изучаемого горизонта выделены 5 турбидитов, которые определяют этапы землетрясений и цунами, при этом турбидит № 1 расположен в подошве туфа, а остальные турбидиты сосредоточены в верхней части маркирующего горизонта. Их распределение свидетельствует о периодическом характере затухающей сеймотектонической активности.

Глинистые минералы туфов представлены *цис*- и *транс*-октаэдрическими иллитами политипа 1М. Эта разновидность диоктаэдрических структурно упорядоченных иллитов характерна для туфов не только в пределах Припятской впадины, но и в других регионах мира [10; 11]. Наличие рефлексов 021[±], 111[±] на дифрактограммах и электронограммах позволяет надежно выявлять присутствие вулканогенного материала в составе туффигов, так как в иллитах 1Мd нормально-осадочных пород эти рефлексы отсутствуют.

Изучаемый глинизированный туф является региональным гидроизолирующим слоем. В шахтном стволе № 1 Петриковского месторождения калийных солей он расположен в 17,85 м выше кровли ВСТ, что служит благоприятным фактором для включения этой зоны в состав водоупорного горизонта Петриковского месторождения. Однако мощность туфа здесь невелика (до 0,35 м), при этом он залегает под углом 10–15° с падением на юг. Кроме отмеченной выше микротрещиноватости, в скиповом стволе № 1 туф разорван сбросом амплитудой 15 см. Трещиноватость и разрывы сплошности туфа являются негативными факторами для оценки этого слоя с точки зрения его гидроизолирующих свойств, а значение его понижается с регионального до локального.

Библиографические ссылки

1. Корзун ВП, Махнач АС. *Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятского прогиба*. Минск: Наука и техника; 1977. 161 с.
2. Петрова НС, Шабловская РК. Об участии вулканического материала в формировании позднефамениских калиеносных отложений Припятского прогиба. В: Мерзляков Г, Жарков М, редакторы. *Условия образования месторождений калийных солей*. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение; 1990. с. 112–119.
3. Обровец СМ, Шабловская РК. Минералогия и закономерности распределения глинистых минералов в соленосных и надсолевых отложениях Петриковского месторождения калийных солей. В: *Проблемы поисков твердых полезных ископаемых в БССР*. Минск: БелНИГРИ; 1977. с. 137–142.
4. Гарецкий РГ, Высоцкий ЭА, Кислик ВЗ и др. Калийные соли Припятского прогиба. Минск: Наука и техника; 1984. 182 с.
5. Самодуров ВП, Гречко АМ, Кутырло ВЭ. Изучение фациальных особенностей и стадий галогенеза эвапоритовых формаций методом анализа цветности пород и минералов. *Природные ресурсы*. 2014;2:43–48.
6. Жухлистов АП, Викентьев ИВ, Русинова ОВ. Электронографическое исследование иллитов 1М с переслаивающимися транс- и цис-вакантными 2 : 1 слоями. *Кристаллография*. 2012;57(2):319–324.
7. Drits VA, Zviagina BB. Trans-vacant and cis-vacant 2 : 1 layer silicates: structural features, identification and occurrence. *Clays and Clay Minerals*. 2009;57(4):405–415.
8. Осипов ВИ, Соколов ВН, Еремеев ВВ. *Глинистые покрывки нефтяных и газовых месторождений*. Москва: Наука; 2001. 238 с.
9. Фролова ЮВ, Гвоздева ИЛ, Чернов МС, Кузнецов НЛ. Инженерно-геологические аспекты гидротермальных преобразований туфогенных пород долины гейзеров (полуостров Камчатка). *Инженерная геология*. 2015;6:30–42.
10. Cuadros J, Altaner SP. Compositional and structural features of the octahedral sheet in mixed-layer illite-smectite from bentonites. *European Journal of Mineralogy*. 1998;10:111–124.
11. Lindgreen H, Surlyk F. Upper Permian-Lower Cretaceous clay mineralogy of East Greenland: provenance, paleoclimate and volcanicity. *Clay Minerals*. 2000;35:791–806.

References

1. Korzun VP, Makhnach AS. *Verkhnedevonskaya shchelochnaya vulkanogennaya formatsiya Pripyatskogo progiba* [Upper-Devonian alkaline volcanic formation of Pripyat Trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1977. 161 p. Russian.
2. Petrova NS, Shablovskaya RK. [On volcanic matter participation in Upper-Famenian potash deposit of Pripyat Trough]. In: Merzlyakov G, Zharkov M, editors. *Usloviya obrazovaniya mestorozhdenii kaliinykh soley* [Conditions of the potash deposit formation]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie; 1990. p. 112–119. Russian.
3. Obrovets SM, Shablovskaya RK. [Mineralogy and clay minerals distribution in the salt and overburden rocks of Petrikov potash field]. In: *Problemy poiskov tverdykh poleznykh iskopaemykh v BSSR* [Problems of the mineral resources exploration in the BSSR]. Minsk: BelNIGRI; 1977. p. 137–142. Russian.
4. Garecky RG, Vysocky EA, Kislik VZ, et al. *Kaliinye soli Pripyatskogo progiba* [Potash deposits of Pripyat Trough]. Minsk: Nauka i tekhnika; 1984. 182 p. Russian.
5. Samodurov VP, Grechko AM, Kutyrlo VE. [Evaporite beds facies and rock sequences study by the rock and mineral color analysis]. *Natural resources*. 2014;2:43–48. Russian.
6. Zhukhlistov AP, Viken'tiev IV, Rusinova OV. Elektronograficheskoe issledovanie illitov 1M s pereslaivayushchimisya trans- i tsis-vakantnymi 2 : 1 sloями. *Kristallografiya*. 2012;57(2):319–324. Russian.
7. Drits VA, Zviagina BB. Trans-vacant and cis-vacant 2 : 1 layer silicates: structural features, identification and occurrence. *Clays and Clay Minerals*. 2009;57(4):405–415.
8. Osipov VI, Sokolov VN, Eremeev VV. *Glinistye pokryshki neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii* [Clay blanked beds of the oil and gas deposits]. Moscow: Nauka; 2001. 238 p. Russian.
9. Frolova YuV, Gvozdeva IL, Chernov MS, Kuznetsov NL. [Engineering geology aspects hydrothermal alteration tuff rocks of the Geyser valley (Kamchatka)]. *Inzhenernaya geologiya*. 2015;6:30–42. Russian.
10. Cuadros J, Altaner SP. Compositional and structural features of the octahedral sheet in mixed-layer illite-smectite from bentonites. *European Journal of Mineralogy*. 1998;10:111–124.
11. Lindgreen H, Surlyk F. Upper Permian-Lower Cretaceous clay mineralogy of East Greenland: provenance, paleoclimate and volcanicity. *Clay Minerals*. 2000;35:791–806.

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

УДК 559.79(476)+561:581.33:559.79(476)

Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси [Электронный ресурс] : к 100-летию Белорус. гос. ун-та : в 5 т. Т. 1. Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд. Бассейны Западного Буга и Нарева; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2018. 107 с. : ил. Библиогр.: с. 104–106. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/207594>. Загл. с экрана. Деп. 23.10.2018, № 008223102018.

В монографии представлены разрезы гляциоплейстоцена и голоцена, которые были палинологически исследованы на территории Беларуси в пределах бассейнов Нарева и Западного Буга, относящихся в целом к бассейну Балтийского моря. Их описание в едином издании обусловлено необходимостью наиболее полно представить степень палинологической изученности территории бассейнов указанных рек по 67 разрезам, а также отразить взгляд авторов на решение проблем стратиграфии и палеогеографии квартера в современном понимании развития природной среды и межрегиональной геологической корреляции. Приведены расширенная библиография по всем имеющимся публикациям палинологически изученных разрезов, а также использованные материалы фондовых исследований, находящихся в палинологической базе данных Беларуси.

Работа предназначена для ученых в области четвертичной геологии, палеонтологии, палеогеографии, специалистов производственных геологических организаций при ведении крупномасштабной геологической съемки, а также обширного круга специалистов-стратиграфов, палинологов, палеогеографов, климатологов, палеоэкологов научно-исследовательских и учебных учреждений.

УДК 911.2(082)+913(082)

Региональная физическая география в новом столетии [Электронный ресурс] : сб. науч. ст. Вып. 11 / редкол.: Е. Г. Кольмакова (гл. ред.), В. А. Жибуль ; БГУ, Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова, БГПУ им. Максима Танка. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2018. 193 с. : ил. Библиогр. в тексте. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/210064>. Загл. с экрана. Деп. 05.12.2018, № 010505122018.

Сборник содержит новые результаты научных исследований сотрудников и студентов кафедры физической географии мира и образовательных технологий географического факультета Белорусского государственного университета, Международного государственного экологического института имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета и кафедры географии и методики преподавания географии факультета естествознания Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка в области физической географии и смежных с ней наук, а также учебно-методические разработки по актуальным вопросам совершенствования преподавания географии в учреждениях высшего и среднего образования за 2018 г. Тематические разделы сборника: физическая и эволюционная география, биогеография, топонимика и краеведение, геоэкология, методика преподавания географии.

Рекомендуется преподавателям географических дисциплин вузов и студентам географических и смежных факультетов.

УДК 561:551.79(476)

Еловичева Я. К. Палинология Беларуси [Электронный ресурс] : к 100-летию Белорус. гос. ун-та : в 4 ч. / Я. К. Еловичева ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2018. 831 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 685–827. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>. Загл. с экрана. Деп. 08.01.2019, № 000308012019.

Монография содержит материал по истории развития палинологического метода, его применению в Беларуси при геологических исследованиях четвертичной толщи с целью решить научные (морфология пыльцы и спор, палеогеография природной среды региона) и практические (стратиграфия гляциоплейстоцена и голоцена, корреляция основных природных событий) задачи. Рассмотрены вопросы усовершенствования методики опробования и лабораторной обработки пород, интерпретации данных палинологического анализа и обоснования стратиграфической схемы и хронологии природных событий за последние 800 тыс. лет.

Представлена характеристика развития растительности основных стратиграфических подразделений гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси (9 межледниковых и 8 ледниковых), объединяющих 19 изотопно-кислородных ярусов геохронологической шкалы Северного полушария и отражающих динамику основных компонентов природной среды региона.

Работа предназначена для ученых в области четвертичной геологии, палеонтологии, эволюционной географии, а также для специалистов-стратиграфов, палинологов, палеогеографов, климатологов, палеоэкологов научно-исследовательских, производственных организаций, преподавателей и студентов учебных учреждений (дисциплины «Основы палинологии», «Палеогеография»).

УДК 631.4(075.8)

Почвоведение и земельные ресурсы [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы» / сост.: Н. В. Клебанович [и др.] ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2019. 70 с. : табл. Библиогр.: с. 70. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/218079>. Загл. с экрана. Деп. 03.04.2019, № 004903042019.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1-31 02 02 «Гидрометеорология», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография», 1-56 02 02 «Геоинформационные системы». Содержание ЭУМК предполагает повышение эффективности управления образовательным процессом и самостоятельной работой студентов по освоению учебной дисциплины «Почвоведение и земельные ресурсы» с помощью внедрения в образовательный процесс инновационных технологий, обеспечение качественной подготовки высококвалифицированных специалистов.

УДК 913(075.3)

География. Страны и народы [Электронный ресурс] : учеб. материалы по географии для 8-го класса учреждений общ. сред. образования / П. С. Лопух [и др.] ; Нац. ин-т образования. Электрон. текстовые дан. Минск : НИО, 2019. 221 с. : ил. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/219232>. Загл. с экрана. Деп. 04.05.2019, № 005804052019.

Учебные материалы для проведения занятий по географии в 8-м классе учреждений общего среднего образования по курсу «Страны и народы» включают: раздел I «Население и его хозяйственная деятельность» (темы: «Политическая карта мира», «Население мира», «Природные ресурсы и их роль в жизни человека», «Общая характеристика хозяйства», «Сельское хозяйство», «Промышленность», «Сфера услуг») и раздел II (темы: «Европа», «Российская Федерация», «Азия»).

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОГРАФИЯ

<i>Антипова Е. А., Шавель А. Н., Запрудский И. И.</i> Экономико-географические и социально-экономические различия регионов Республики Беларусь как основа совершенствования административно-территориального деления.....	3
<i>Жуковская Н. В., Власов Б. П., Ковальчик Н. В.</i> Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси: пространственные и видовые особенности	22
<i>Лопух П. С., Бережкова Е. С.</i> Анализ и прогноз пространственно-временного распределения гроз и града на территории Беларуси	35
<i>Давыденко О. В., Лопух П. С.</i> Влияние термических условий на урожайность картофеля в административных районах Республики Беларусь.....	46
<i>Шелег Н. С., Белохвост П. Л.</i> Региональные особенности развития торговых сетей в Республике Беларусь.....	63
<i>Карабинюк Н. Н., Пересоляк В. Ю.</i> Оптимизация системы землепользования альпийско-субальпийского высокогорья Черногоры на основе ландшафтного подхода	73

ГЕОЛОГИЯ

<i>Петрова Н. С., Денисова Н. Ю., Кирикович А. В.</i> Микропетроструктурная характеристика калийных руд Припятского калиеносного бассейна	82
<i>Шеринёв О. В., Павловский А. И.</i> Генетическая и фациальная структура четвертичных отложений на территории ОАО «Гомельский химический завод».....	95
<i>Мансури Фар Сиамак, Зуй В. И.</i> Геотермическое поле и геология региона Каспийского моря	104
<i>Самодуров В. П., Друк А. И., Балашов К. Ю., Еленский Ю. Н.</i> Строение и состав туфогенного пеплового горизонта Петриковского месторождения калийных солей.....	119
Аннотации депонированных в БГУ работ.....	128

CONTENTS

GEOGRAPHY

<i>Antipova E. A., Shavel A. N., Zaprudskij I. I.</i> Economic and geographical and socio-economic differences of regions of the Republic of Belarus as a basis for improvement of administrative-territorial division	3
<i>Zhukovskaya N. V., Vlasov B. P., Kavalchuk N. V.</i> Heavy metals contents in higher aquatic plants of Belarusian reservoirs and rivers: spatial and species features	22
<i>Lopukh P. S., Berazhkova K. S.</i> Analysis and forecast spatiotemporal distribution of thunderstorms and hail the territory of Belarus	35
<i>Davydenko O. V., Lopukh P. S.</i> The influence of thermal conditions on potato yield in the administrative regions of the Republic of Belarus.....	46
<i>Sheleg N. S., Belakhvost P. L.</i> Regional features of development of retail in the Republic of Belarus	63
<i>Karabiniuk M. M., Peresolyak V. Yu.</i> Optimization of land use of alpine-subalpine highlands Chornohora on the basis of the landscape principles	73

GEOLOGY

<i>Petrova N. S., Denisova N. Yu., Kirykovich A. V.</i> Microfabric characteristics of potash ore of the Pripyat potash-bearing basin.....	82
<i>Shershnyov O. V., Pavlovskii A. I.</i> Genetic and facial structure of quaternary deposits on the territory of the Gomel chemical plant.....	95
<i>Mansouri Far Siamak, Zui V. I.</i> Geothermal field and geology of the Caspian Sea region...	104
<i>Samodurov V. P., Druk A. I., Balashov K. Yu., Yalenski Yu. N.</i> Structure and mineralogical composition of the tuff horizon of Petrikov potash deposit.....	119
Indicative abstracts of the papers deposited in BSU.....	128

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).

**Журнал Белорусского
государственного университета. География. Геология.
№ 1. 2019**

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск.

Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск.

Тел. 259-70-74, 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by

«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 *Т. Р. Джум, А. С. Люкевич*
Технические редакторы *В. В. Пишкова,*
Ю. А. Тарайковская
Корректор *Л. А. Меркуль*

Подписано в печать 31.05.2019.
Тираж 100 экз. Заказ 185.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».
ЛП № 02330/89 от 03.03.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

© БГУ, 2019

**Journal
of the Belarusian State University. Geography and Geology.
No. 1. 2019**

Founder:
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliežnasci Ave.,
Minsk 220030.

Correspondence address: 4 Niezaliežnasci Ave.,
Minsk 220030.

Tel. 259-70-74, 259-70-75.

E-mail: jgeo@bsu.by

«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 *T. R. Dzhum, A. S. Lykevich*
Technical editors *V. V. Pishkova,*
Yu. A. Taraikouskaya
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 31.05.2019.
Edition 100 copies. Order number 185.

Republican Unitary Enterprise
«Informatsionno-vychislitel'nyi tsentr
Ministerstva finansov Respubliki Belarus'».
License for publishing No. 02330/89, 3 March, 2014.
17 Kal'varyjskaja Str., Minsk 220004.

© BSU, 2019