

Государственное научное учреждение  
«Институт природопользования НАН Беларуси»  
Учреждение образования  
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУК О ЗЕМЛЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕГИОНОВ**

Сборник материалов  
IV Международной научно-практической конференции,  
приуроченной к 1000-летию города Бреста

Брест, 12–14 сентября 2019 года

В двух частях

Часть 1

Брест  
БрГУ имени А. С. Пушкина  
2019

УДК 551.1/4  
ББК 26.3  
А 43

*Рекомендовано редакционно-издательским советом Учреждения образования  
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»*

*Редакционная коллегия:*

**А. К. Карабанов**, М. А. Богдасаров, А. А. Волчек

*Рецензенты:*

доктор географических наук, профессор **И. И. Кирвель**  
доктор технических наук, профессор **В. С. Северянин**

А 43      **Актуальные** проблемы наук о Земле: исследования транс-  
граничных регионов : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ.  
конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сент. 2019 г. :  
в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т  
им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: **А. К. Карабанов**,  
М. А. Богдасаров, А. А. Волчек. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 1. – 299 с.  
ISBN 978-985-555-997-0 (ч. 1).  
ISBN 978-985-555-996-3.

В сборник включены материалы, посвященные различным вопросам  
геологии, географии, экологии и природопользования.

Издание адресовано ученым и специалистам, а также аспирантам,  
магистрантам и студентам соответствующего профиля.

**УДК 551.1/4  
ББК 26.3**

**ISBN 978-985-555-997-0 (ч. 1)  
ISBN 978-985-555-996-3**

© УО «Брестский государственный  
университет имени А. С. Пушкина», 2019

## ПАМЯТИ УЧЕНОГО



**Александр Кириллович Карabanов** (25.10.1952 – 03.08.2019) – выдающийся белорусский ученый в области региональной геологии, новейшей тектоники и геодинамики. Академик Национальной академии наук Беларуси (с 2014 г.; член-корреспондент с 2004 г.), профессор (с 2011 г.), доктор геолого-минералогических наук (с 2003 г.).

После окончания в 1974 г. географического факультета Белорусского государственного университета был направлен в аспирантуру Института геохимии и геофизики Академии наук БССР, по окончании которой с 1977 г. по 1979 г. работал в должностях младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, а с 1992 г. – в должности заведующего лабораторией. С 2008 г. его трудовая деятельность была связана с Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси, где он работал сначала заведующим лабораторией геодинамики и палеогеографии, а с 2009 г. – директором института.

А. К. Карabanов разработал концепцию и создал теоретическую модель новейшей и современной геодинамики территории Беларуси и сопредельных регионов Восточно-Европейской платформы, предложил методику составления неотектонических карт на основе картографирования структурно-формационных комплексов фундамента платформенного чехла. Эти научные труды имеют важное значение для практики проведения геолого-съёмочных и геолого-разведочных работ, обоснования выбора оптимальных площадок для строительства ответственных инженерных сооружений, оценки новейшей и современной тектонической активности разрывных нарушений в связи с задачами обеспечения безопасной эксплуатации и планирования горных работ.

Под руководством А. К. Карабанова выполнен комплекс инженерно-геологических работ по выбору площадки для размещения атомной электростанции и оценке ее воздействия на окружающую среду, разработан прогноз и основы формирования стратегии освоения минерально-сырьевых ресурсов Беларуси. Разработана тектоно-неогеодинамическая модель, выявлены закономерности глубинного строения и геодинамики земной коры и литосферы Беларуси и сопредельных регионов, составлена тектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 500 000, на которой уточнены границы региональных тектонических структур, проведена типизация и определена позиция платформенных и доплатформенных разломов, выполнено неотектоническое районирование территории.

А. К. Карабанов – автор свыше 300 научных работ, в том числе 13 монографий. Результаты его исследований получили признание научной общественности как в Беларуси, так и за ее пределами. За цикл работ «Разломы и линеаменты земной коры Беларуси: теоретические и прикладные аспекты» он удостоен премии Национальной академии наук Беларуси 2008 г.

А. К. Карабанов вел большую научно-организационную работу по развитию наук о Земле, по решению проблем поиска, разведки и добычи полезных ископаемых, природопользования и охраны окружающей среды. Будучи директором Института природопользования НАН Беларуси, являлся организатором и научным руководителем ряда государственных программ разного уровня: Государственной программы социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья (2010–2015), государственной программы «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций» (2011–2015), государственных программ научных исследований «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» (2011–2015), «Природопользование и экология» (2016–2020).

Александр Кириллович выполнял обязанности главного редактора научного журнала «Природопользование», являлся членом редколлегии пяти зарубежных научных журналов. Много внимания уделял педагогической деятельности, являясь руководителем филиала кафедры динамической геологии географического факультета Белорусского государственного университета.

Награжден медалью «За трудовую доблесть» (1973), медалью Франциска Скорины (2018), нагрудным знаком Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Ганаровы экалаг» за высокий профессионализм и неоценимый личный вклад в дело рационального природопользования и охраны окружающей среды (2019).

А. К. Карабанов был многогранно эрудированным человеком, прекрасно владел немецким и английским языками, отличался любознательностью и оптимизмом, простотой и отзывчивостью. Обладая поистине широкой душой и добрым сердцем, он бескорыстно помогал многим людям науки словом и делом: вдохновлял молодых людей на первые свершения, поддерживал опытных сотрудников в их начинаниях, бережно заботился о старшем поколении белорусских ученых.

Геологическая наука нашей страны понесла невосполнимую утрату. Память об Александре Кирилловиче Карабанове навсегда сохранится в истории развития науки и в наших сердцах.

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 551.89

**А. К. КАРАБАНОВ**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

### **МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕГИОНОВ**

Международное сотрудничество по изучению проблем геологического строения стран Центральной и Восточной Европы является одним из важнейших направлений исследований трансграничных регионов Беларуси и соседних стран. К числу таких направлений относятся тектоника и геодинамика, корреляция стратиграфических подразделений, геологическое картирование, геофизические исследования.

**Тектоника и геодинамика.** Впервые комплексные исследования неотектоники и новейшей геодинамики территории Центральной и Восточной Европы были выполнены в 1993–1997 гг. геологами Германии, Дании, стран Балтии, Польши, Украины и Беларуси в рамках проекта IGCP (International Geological Correlation Programm) № 346 «Неогеодинамика депрессии Балтийского моря и сопредельных областей (Neogeodynamica Baltica)». Рабочей группой участников проекта во главе с Г. Швабом (Германия) и Р. Г. Гарецким (Беларусь) были впервые определены амплитуды неотектонических (олигоцен-четвертичных) движений, выделены разноранговые неотектонические структуры и проведено неотектоническое районирование Центральной и Восточной Европы, установлено, что формирование крупных неотектонических структур и перестройка гидрографической сети региона обусловлены развитием Балтийской системы рифтовых грабенов. Результаты этих исследований изложены в серии статей [1–3].

В области сейсмотектоники трансграничных регионов России и Беларуси в 2006–2007 гг. выполнены российско-белорусские исследования, полученные результаты изложены в коллективной монографии «Сейсмотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения» (2009) [5].

В области гляциотектоники в 1997–1998 гг. выполнен международный проект «Central European Glaciotectonic Database and Map Project». Реализован рабочей группой Комиссии по оледенениям INQUA (International Union for Quaternary Research, Commission on Glaciation). Координатором проекта был А. Бер (Польша), локальными координаторами – А. Битинас (Литва), М. Ханнеман (Германия), В. Калм (Эстония), В. Зелчс (Латвия), А. В. Матошко (Украина), А. К. Карабанов (Беларусь). Результатом реализации проекта стала серия публикаций и комплектов гляциотектонических карт по территориям стран-участниц [7; 8].

**Корреляция стратиграфических подразделений** является важным аспектом исследований четвертичных отложений. С целью корреляции водно-ледниковых и аллювиальных образований и реконструкции условий миграции талых ледниковых вод и этапов формирования речной сети в позднеледниковье на территории восточной Польши и Беларуси были изучены серии озерно-ледниковых отложений средне- и позднеледникового возраста в трансграничном регионе на северо-западе Беларуси и северо-востоке Польши.

Совместные исследования озерно-ледниковых отложений во многих обнажениях в долине Немана у Гродно (Дубна, Богатыревичи, Лунна, Мосты и др.) позволили выполнить корреляцию разрезов и восстановить этапы изменения обстановок осадконакопления. В том же районе выявлены и исследованы отложения нескольких межледниковых эемских/муравинских изолированных озер. Проведенный седиментологический и литофациальный анализ позволил сделать важный вывод о том, что первые следы существования севернее Гродно крупной реки относятся к концу последнего оледенения. Формирование самого молодого участка долины Немана севернее Гродно было связано с последовательными эпизодами отступления ледника и последующего прорыва на север талых вод Скидельского и других приледниковых озер Неманской системы.

Всего выявлено пять дренажных эпизодов эволюции Скидельского приледникового водоема в позднеледниковое время, которые оказали решающее влияние на формирование современной гидросети бассейнов Немана и Вислы.

В рамках сотрудничества с Институтом геологии и географии Центра природных исследований Литвы (Вильнюс) были выполнены два литовско-белорусских проекта, еще два проекта находятся в стадии реализации. В результате проведенных исследований выполнено комплексное изучение ключевых разрезов межледниковых отложений плейстоцена на территории Литвы и Беларуси, проведена корреляция основных стратиграфических подразделений и предложена новая стратиграфическая схема плейстоцена юго-восточного сектора скандинавского материкового оледенения [9].

В последние годы выполнено несколько польско-белорусских проектов, в том числе проекты «Геологические и геодинамические корреляции плейстоцена запада Беларуси и востока Польши», «Реконструкция среды осадконакопления, растительности и климата на территории Беларуси и Польши в позднем плейстоцене (муравинский/эемский и раннеледниковый/ранневистулианский интервалы)», «Составление геологических и геоморфологических карт, объединенное с основными палеонтологическими и седиментологическими исследованиями в приграничном регионе Польши и Беларуси», «Модель геологической структуры, региональные опорные горизонты и палеоклиматы среднего плейстоцена южной части Польско-Белорусского приграничного региона», в 2018 г. начались исследования по новому польско-украинско-белорусскому проекту по территории трансграничного региона в зоне сочленения Подляско-Брестской впадины, Луковско-Ратновского горста и Волынской моноклинали.

В 2009–2011 гг. в рамках польско-белорусского проекта «Составление геологических и геоморфологических карт, объединенное с основными палеонто-

логическими и седиментологическими исследованиями в приграничном регионе Польши и Беларуси» международным коллективом геологов был выполнен комплекс полевых и лабораторных исследований, положивший начало обоснованию надежной корреляции границ разновозрастных ледниковых покровов и стратиграфических подразделений плейстоцена на трансграничной польско-белорусской территории (район Гродно и Сокулки).

В дальнейшем геологические исследования были продолжены в южной части польско-белорусского пограничного региона в рамках международного проекта «Модель геологической структуры, региональные опорные горизонты и палеоклиматы среднего плейстоцена южной части Польско-Белорусского приграничного региона (2014–2017)». В ходе реализации этого проекта были проведены комплексные исследования опорных разрезов ледниковых и межледниковых отложений (Речица, Оссувка, Чепели, Липница, Мокраны Нове и др.) и разработана новая геолого-геодинамическая модель структуры и динамики днепровского (заальского) ледника на территории приграничных областей Польши и Беларуси.

В результате работ по этому международному проекту прежние представления о геологическом строении и возрасте отложений и форм рельефа с обеих сторон границы существенно изменились. Анализ многочисленных архивных данных по скважинам, имеющимся на польской и белорусской стороне, прояснил и дополнил общую картину геологического строения четвертичных отложений и позволил сосредоточить полевые работы на нескольких ключевых участках с наиболее представительными обнажениями и разрезами буровых скважин. Собранные образцы были изучены комплексом литологических, палеонтологических, палеоэкологических и хроностратиграфических методов.

В изученных ключевых разрезах были прослежены важнейшие события среднего плейстоцена. В разрезах с отложениями александрийского (мазовецкого, гольштейнского) межледниковья было выполнено подробное исследование как межледниковых, так и подстилающих и вышезалегающих слоев.

Результаты проведенного исследования дали основание пересмотреть положение границ максимального продвижения ледниковых покровов днепровской и сожской стадий Припятского оледенения (оледенение Odra в Польше) и доказать, что ледник днепровской стадии имел значительно более ограниченное распространение, чем считалось ранее, в частности меньшее, чем ледник более молодой сожской стадии (стадиал Warta в Польше) на территории между-речья средней Вислы и Среднего Днепра. Эти выводы были представлены на XIX конгрессе ИНКВА в Японии и в 2018 г. опубликованы в международном журнале «Quaternary International» [13].

**Геологическое картирование.** В 2005–2007 гг. по инициативе Комиссии по геологической карте мира (Commission of the Geological Map of the World, CGMW) реализован крупный международный проект по составлению и изданию новой геологической карты Северной Европы [10].

В настоящее время Комиссией по геологической карте мира (CGMW) и Международной ассоциацией по четвертичной геологии (INQUA) реализуется

международный проект в области геологического картирования четвертичных отложений Европы под названием «Therevision and digitalisation of the International Quaternary Map of Europe (IQUAME)». Координатором проекта является представитель Федеральной геологической службы Германии К. Аш (Dr. Kristine Asch, IQUAMEcoordinator, CGMW vice-president Europe). В проекте принимают участие специалисты большинства европейских стран. Беларусь в проекте представляют А. К. Карабанов и А. В. Матвеев.

По результатам комплексных совместных польско-белорусских исследований составлены и изданы два комплекта геологических карт масштаба 1:250 000 трансграничных районов Сокулка – Гродно и Бяла-Подляска – Брест [11; 12].

**Геофизика.** В 2000 г. в рамках международного проекта «Celebration» на территории Украины, Беларуси и России выполнен глубинный профиль ГСЗ, ориентированный с юго-запада на северо-восток. По результатам глубинных сейсмических исследований земной коры Беларуси и прилегающей территории впервые был выполнен тектонофизический анализ зоны сочленения главных сегментов фундамента Восточно-Европейской платформы – Фенноскандии, Сарматии, Волго-Уралии. В 2013 г. на территории Беларуси и Украины выполнен международный геофизический профиль Георифт-2013 по направлению Несвиж – Брагин – Полтава общей протяженностью 670 км, пересекающий Припятско-Днепровско-Донецкий палеорифт, к которому приурочены Припятский и Днепровско-Донецкий нефтегазоносные бассейны. В 2017 г. завершилась окончательная обработка и составление модели глубинного строения земной коры и верхней мантии. В результате проведенных исследований были установлены новые важные особенности структуры консолидированной коры и верхней мантии в зоне, подстилающей Припятский и Днепровский нефтегазоносные осадочные бассейны. Основные результаты реализации проекта представлялись в 2016 г. на XVII Международном сейсмическом симпозиуме в Шотландии, в 2017 г. на Генеральной Ассамблее EGU в Вене и опубликованы в 2018 г. в журнале «Geophysical Journal International» [13].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zur Neogeodynamik des nordlichen Mitteleuropas – Erdgebnisse aus dem IGCP-Project 346 “Neogeodynamica Baltica” / R. Aizberg [et. al.] // Zeitschrift fur geologische Wissenschaften. – 2001. – В. 29, Н. 1/2. – S. 13–16.
2. Neogeodynamic state of the Baltic Sea depression and adjacent areas: some conclusions from the IGCP-Project 346 “Neogeodynamica Baltica” / R. G. Garetzky [et. al.] // Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereinsin Hamburg. – Hamburg, 2003. – Н. 40. – S. 109–116.
3. Main problems of neogeodynamics phenomena investigation and mapping / A. Karabanov [et. al.] // Technica Poszukiwan Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia. – 2003. – № 6. – S. 27–36.
4. Seismotectonic of Belarus and the Baltic sea region / R. Aizberg [et. al.] // Technica Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia. – 1999. – № 1 (195). – S. 28–37.
5. Сейсмотектоника древних платформ в области четвертичного оледенения / под ред. Р. Г. Гарецкого, С. А. Несмеянова. – М., 2009. – 288 с.



6. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. Землетрясения / Карел. науч. центр РАН ; под ред. Н. В. Шарова, А. А. Маловичко, Ю. К. Щукина. – Петрозаводск, 2007. – 381 с.

7. Ber, A. Glaciotectonic origin of Elblag Upland, northern Poland and glacial dynamics in the southern Baltic region / A. Ber, H. Ruszczynska-Szenajch // *Sedim. Geol.* – 2007. – Vol. 111. – P. 119–134.

8. Карабанов, А. К. О влиянии неотектонических и гляциотектонических процессов на формирование толщи плейстоценовых отложений и рельефа Беларуси и Польши / А. К. Карабанов // *Проблемы региональной геологии Беларуси.* – Минск : БГУ, 2010. – С. 18–22.

9. The Pleistocene stratigraphy of the southeastern sector of the Scandinavian glaciations (Belarus and Lithuania) : a review / V. Seriene [et. al.] // *Baltica.* – 2015. – Vol. 28 (1). – P. 51–60.

10. Matveev, A. Geology of Belarus / A. Matveev, A. Karabanov, G. Ilkevich // *Geology of the Land and Sea areas of Northern Europe. A collection of short descriptions of the geology of countries and sea areas within the region covered by the 1 : 4 million bedrock geological map / Norges geologiske undersokelse.* – Trondheim, 2007. – Spec. publ. 10. – P. 15–18.

11. Geological Map of Northern part of Polish-Belarusian cross-border area 1 : 250 000. Explanatory Text / eds. L. Marks, A. K. Karabanov. – Polish Geological Institute – National Research Institute, 2011. – 76 P.

12. Geological Map of Southern part of Polish-Belarusian cross-border area. Biala Podlaska and Brest region 1 : 250 000. Explanatory Text / eds. L. Marks, A. K. Karabanov ; Polish Geological Institute – National Research Institute. – Warszawa, 2017. – 129 P.

13. Revised limit of the Saalian ice sheet in central Europe / L. Marks [et. al.] // *Quaternary International.* – 2018. – № 478. – P. 59–74.

УДК 504.55.052+504.062

**И. В. ВОЙТОВ, С. О. МАМЧИК**

Беларусь, Минск, БГТУ

E-mail: rector@belstu.by; mcnmit@belstu.by

## **НЕДРА В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Понимание взаимосвязи социальных проблем, необходимости сохранения окружающей среды и экономического развития является основополагающим в системе устойчивого развития. В этой связи в настоящее время вследствие загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов устанавливаются пределы допустимых нагрузок на природную среду, внедряются технологии, ориентированные на снижение выбросов и экономное использование природных ресурсов. При оценке экономических эффектов, в том числе при разработке макроэкономических моделей роста, учитываются эколого-экономические риски.

Значимая роль в системе устойчивого развития и рационального природопользования должна отводиться недрам.

Геологическая информация воспринимается как источник данных о полезных ископаемых, что само по себе позволяет относить геологоразведочное производство, нацеленное на прирост запасов полезных ископаемых, к одному из направлений обеспечения устойчивого развития, удовлетворения потребностей экономики в минерально-сырьевых ресурсах. Освоение сырьевых ресурсов является одним из ключевых направлений для создания новых производств, что способствует экономическому росту и ликвидации нищеты в развивающихся странах.

В условиях истощения запасов полезных ископаемых проблема обеспечения минеральным сырьем требует освоения новых территорий, перехода на большие глубины при разведке и разработке месторождений, поиска новых месторождений, выявления новых видов полезных ископаемых, вовлечения в оборот некондиционных запасов.

Проблема обеспечения экономики сырьем является наиболее очевидной в области геологоразведки и находит решение в постановке и реализации государственных программ, в том числе научных исследований, финансируемых государством. В то же время экономические механизмы стимулирования поисковых задач за счет частных инвесторов в Республике Беларусь пока не нашли развития.

В системе обеспечения минеральными ресурсами наиболее остро стоит проблема энергетических ресурсов. В этой связи можно выделить три направления: во-первых, поиск и оценка новых месторождений и видов энергетических ресурсов (сланцевый газ, сланцевая нефть, газогидраты, метан угольных пластов); во-вторых, использование геотермальной энергии, в том числе низкоэнтальпийного тепла приповерхностных слоев и подземных вод; в-третьих, использование в недрах естественных или искусственно созданных хранилищ энергетических ресурсов. Наиболее широко распространено хранение природного газа в недрах, но в последнее время подземные хранилища начинают использоваться для хранения сжатого воздуха, аккумулируя энергию, полученную на установках возобновляемых источников энергии.

Ресурсы добываемых в Республике Беларусь собственных горючих полезных ископаемых (нефть, торф) недостаточны. В республике выявлены также значительные запасы углей и горючих сланцев, которые в настоящее время не вовлечены в оборот по экономическим и (или) технологическим причинам. Дефицит энергоресурсов покрывается в основном за счет экспорта нефти и газа. Реализуются программы по расширению использования местных видов топлива, развитию альтернативных источников энергии, завершается строительство АЭС. Вместе с тем недостаточно внимания уделяется развитию геотермальных систем отопления и теплоснабжения, практически не развивается направление по оценке потенциала сланцевого газа, сланцевой нефти, использованию систем получения альтернативной энергии с хранением сжатого газа в подземных хранилищах.

Проблема обеспечения имеющихся производств минеральным сырьем менее острая, хотя часть минерального сырья импортируется (фосфаты, гипс, каолин, огнеупорные глины, известняк и др.). В то же время разведаны месторождения с аналогичными видами минерального сырья, правда уступающими

импортируемому по качеству. Выявлены и новые виды минерального сырья, которые в силу невысоких технико-экономических показателей также в настоящее время не вовлечены в оборот. Следует отметить, что недра Республики Беларусь еще недостаточно изучены, но для прогнозирования новых месторождений полезных ископаемых необходим комплекс региональных работ по их геологическому изучению с учетом перехода на большие глубины и повышения детальности ранее выполненных исследований.

Помимо минеральных и энергетических ресурсов недра являются источником подземных вод. Использование подземных вод является основным направлением обеспечения прежде всего чистыми питьевыми водами там, где поверхностные воды в недостатке или загрязнены. Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов выделено в отдельную цель устойчивого развития. В ряде стран подземные воды используются для орошения сельскохозяйственных земель, что является залогом обеспечения продовольственной безопасности и содействием устойчивому развитию сельского хозяйства.

Хотя республика в целом имеет запасы подземных вод, значительно превышающие внутренние потребности, проблема обеспечения населения питьевыми водами, а производства – техническими сводится не только к поддержанию действующих систем водоснабжения, их реконструкции, мониторингу за состоянием количественных и качественных характеристик источников водоснабжения. К сожалению, состояние грунтовых вод не позволяет без предварительной очистки использовать их для питьевого водоснабжения индивидуальными водопользователями. В то же время предусмотренное белорусским законодательством разрешение на бурение землепользователями скважин для добычи подземных вод из первого напорного водоносного горизонта может в результате бесконтрольного бурения скважин и нарушений в их эксплуатации привести к появлению загрязнения и в этом горизонте, наиболее часто используемом в качестве основного источника подземного водоснабжения большинства населенных пунктов. Очевидно, что необходимо дифференцировать подходы при решении вопросов обеспечения потребности населения и производства в подземных водах, опираясь на достоверные геологические данные.

Одним из направлений устойчивого развития является обеспечение населения продуктами питания и, соответственно, развитие сельского хозяйства. Агротехника позволяет учитывать такие природные факторы, как рельеф, гидрогеология, почвенный покров, и включает комплекс мелиоративных мероприятий, что требует учета геолого-гидрогеологических данных. Вместе с тем именно гидрогеологические условия могут со временем изменяться. Поддержание и реконструкция мелиоративных систем должна учитывать современные геолого-гидрогеологические данные. В Республике Беларусь в настоящее время представления о гидрогеологии основываются на съемках, проведенных в 1950–1970-е гг. На сегодняшний день эта информация устарела, поскольку кондиционными гидрогеологические данные являются в течение порядка 30 лет.

В современных условиях развития агропромышленного производства, в том числе при внесении удобрений, важно учитывать такие факторы, как гео-

химия почв и состав материнских пород, защищенность подземных вод. Но получить эту информацию можно только путем проведения нового этапа геологической съемки.

Решение задач по защите, восстановлению и рациональному использованию экосистем, безопасности и устойчивости городов и населенных пунктов невозможно без полноценной геолого-экологической информации. Составление геолого-экологических карт, отражающих состояние геологической среды и происходящих в ней процессов, способных влиять на окружающую среду и здоровье человека, производится на основе данных, получаемых в ходе традиционных геолого-гидрогеологических съемок. При этом геологическая информация дополняется данными специальных съемок или наблюдений (карты концентраций отдельных элементов, защищенности подземных вод, литогеохимическая, гидрогеохимическая, радиогеохимическая и др.).

В настоящее время с учетом принятого курса на обеспечение устойчивого развития и рационального природопользования проблема обеспечения минеральным сырьем должна быть лишь одной из задач при организации изучения недр. Представляется целесообразным пересмотреть государственные подходы в недропользовании и финансировании государственных программ, чтобы максимально вовлечь в поиски полезных ископаемых негосударственный сектор.

В качестве текущих задач недропользования, обеспечивающих достижение целей устойчивого развития, могут быть определены:

- проведение многоцелевых работ по региональному изучению недр, включая комплексную геологическую съемку с получением информации многоцелевого назначения (прогнозирование полезных ископаемых, решение задач, связанных с использованием подземных пространств, подземных вод, мелиорация и гражданское строительство, геоэкология), глубинное геологическое картирование, проходку геолого-геофизических профилей и бурение опорных скважин для получения данных о полезных ископаемых, находящихся на значительных глубинах;

- создание условий для поиска месторождений полезных ископаемых и их подготовки для промышленного освоения за счет внебюджетных средств и последующее перенаправление бюджетного финансирования на проведение региональных работ;

- совершенствование механизмов регулирования использования подземных вод с учетом дифференцированного подхода исходя из геолого-гидрогеологических условий и наличия систем водоснабжения при решении обеспечения водой населения и промышленных производств;

- упрощение порядка предоставления права пользования недрами для сооружения геотермальных систем отопления и теплоснабжения, принятие мер стимулирующего характера для перехода на использование геотермальной энергии;

- проведение комплекса научных исследований и разработок для обеспечения вовлечения в хозяйственный оборот новых видов минерального сырья, а также неиспользуемых месторождений полезных ископаемых, расширения использования подземных пространств.

УДК 502/504.53.062.4

**A. KOLBAS<sup>1,2</sup>, M. MENCH<sup>2</sup>, N. KOLBAS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Belarus, Brest, Brest State A. S. Pushkin University

<sup>2</sup>France, University of Bordeaux, UMR BIOGECO INRA 1202

E-mail: kolbas@brsu.by; mench@bordeaux.inra.fr

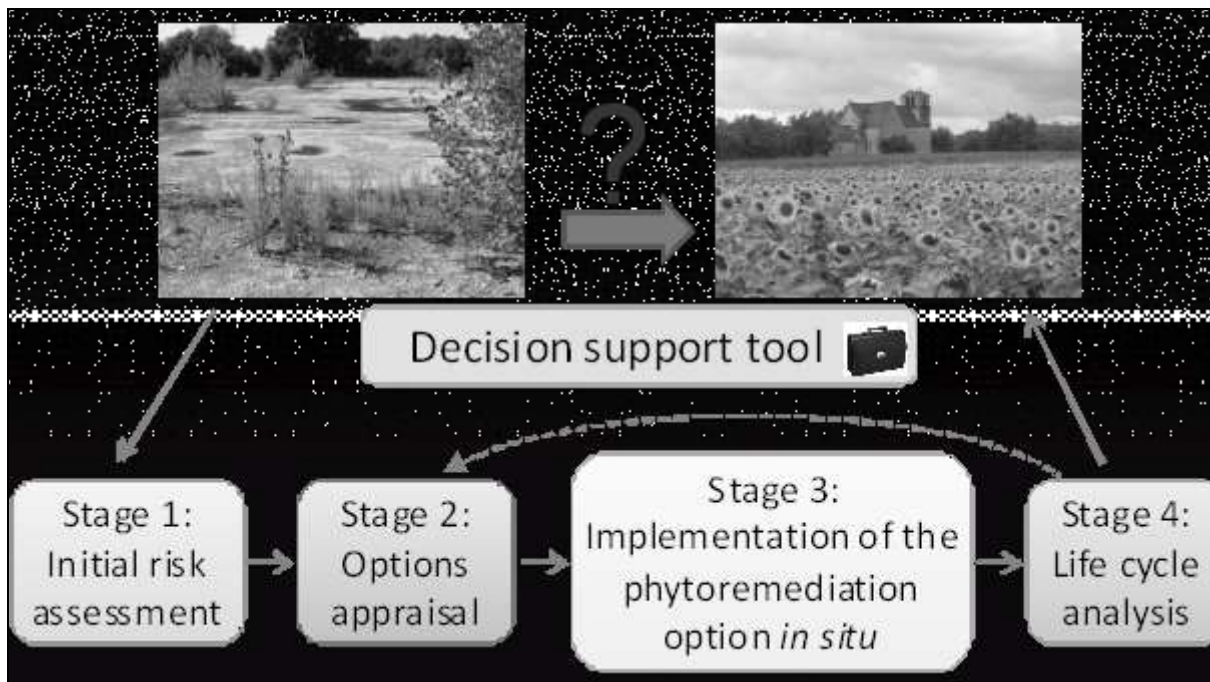
## **BIOREMEDIATION OF METALL CONTAMINATED SOILS USING PHYTOEXTRACTION STRATEGIES AND BIOMASS PRODUCTION**

A multidisciplinary approach is warranted to make phytoextraction a feasible commercial technology to remediate Me-contaminated soils [1; 2]. Options for the appraisal of phytoextraction depend on several initial settings, some being related to legislation. These are: 1) the initial concentrations of matrix contaminants, the magnitude of their labile pools that interact with biota and risks these pose for relevant pollutant linkages, 2) remediation objectives based on proposed end use and 3) site management constraints.

Based on our results and other researches carried out on BIOGECO and BRSU platform, a management plan is suggested in the purpose of full cycle phytoremediation of Me-contaminated sites using sustainable aided phytoextraction strategy tandem with high biomass production, including the following steps (Figure 1):

**1.** Evaluation of the initial level of pollution and environmental risks. First, the site's suitability for phytoextraction should be evaluated by field observations and laboratory studies. Soil samples should be analyzed to determine not only the magnitude of metal contamination, but also other physico-chemical parameters influencing the behavior of metal in the soil and soil solution, chemical forms in which metals are present for determining whether decreasing metal concentrations to target cleanup criteria by means of phytoextraction can be a realistic option [3]. Bioassays using phyto- or zooindicators can be applied to determine the bioavailable fraction of contaminant. The biocenotic research of plant and animal communities living in the contaminated area is necessary to carry out for a subsequent long-term monitoring. It is also recommended to study the genetic structure of populations.

**2.** Selection of plant /microorganisms/ amendments candidates and suitable options. The site-specific capacities of various plant species /cultivars/mutants/clones to survive, accumulate, and tolerate metals should likewise be tested under laboratory conditions using bioassay and/or fading technique. Next, most indicative plant parameters must be measured: biochemical, chemical, morphological and physiological traits. The defined limits of plant tolerance allow us to determine the range of contamination, where phytoextraction can be most effective and to model the TE transfer from soils and roots to harvestable parts. With the help of amendments we can regulate bioavailable fraction in soil (increase or decrease depending on objectives). In parallel, the improving role of endophytic bacteria and mycorrhizae can be tested [4]. Based on the gathered information, as well as on the local climatic conditions, a suitable plant /microorganisms/ amendments combination may then be selected.



**Figure 1 – Bioremediation of Me-contaminated soils**

**3.** Implementation of the selected remediation strategy in the field condition (pilot). Before starting the implementation of phytoremediation option, a planning is needed, because many operations have to start much earlier than the planting (e. g. amendment addition, seed inoculation, seedling cultivation, etc). The plant mortality and productivity of various parts (vegetative, generative) influence plant density. In view of allelopathic and pathogenic relations, intercropping and/or crop rotation can be successfully used (Figure 2). During the field experience, the plant status must be constantly monitored, and if necessary, fertilization, irrigation (especially in the first stages of development) and other agricultural practices must be adapted [5]. It is necessary to apply mechanical means for plot isolation and protection (fencing, netting) against wild animals (with both objectives to protect animal to toxic feed resources and to preserve the plant harvest). Time and type of harvest and separation of the collected parts depend on the pollutant content and type of subsequent valorization. If in the future the green parts of plants are used, the harvest of non-senescent biomass is recommended to avoid reincorporation of contaminated plant parts (especially leaves) into the soil. It is also recommended to cultivate intermediate crops after harvest – so-called winter crop cover in temperate climate.

**4.** Biomass valorisation and developing the remediation strategy and implementation in the large scale. The choice of conversion process for plant material depends on its type and contaminant content. If it is oil-based substrate with low metal contents, the most cost-effective manner is the production of biodiesel (sunflower, tobacco), bioethanol (tobacco) or essential oils (vetiver). Sugary seeds and shoot (sorghum) can be used to produce bioethanol. The seeds with negligible Me content were recommended also for animal feed. The main part of the green mass of plants may be

susceptible to various conversion processes, depending on the level of contamination and local conversion chains:

- 1) composting to fertilise TE-deficient soil (low Me-level);
- 2) vacuum and oxidative pyrolysis;
- 3) liquid extraction;
- 4) synthesis of hydrogen fuel, biofuel, bioplastic;
- 5) biogas and activated carbons;
- 6) hydrothermal oxidation [6];
- 7) gasification.



**Figure 2 – 3-years crop rotation: i. e. sunflower, tobacco and vetiver in field plots at a former wood preservation site (BIOGECO platform, Saint-Médard d'Eyrans, France)**

Heavily contaminated material is sometime subjected to incineration or ashing with subsequent use of thermal energy. The resulting post-combustion ash can be used in the production of nutrient additives for the plants or buried in special landfills. Financial returns and other economical aspects are needed to be revised at this stage.

The monitoring of soil and biota, during (once in 3–5 years) and after the application of aided phytoextraction, is recommended for assessing the status of ecosystems and clarifying the real duration of phytoremediation. To date, commercial phytoextraction has been constrained by the expectation that site remediation should be achieved in a time comparable to other clean-up technologies. After a pilot testing, this low-cost technology should be used for the in situ remediation of large areas of contaminated (or marginal) land.

#### REFERENCES

1. Pilon-Smits, E. Phytoremediation / E. Pilon-Smits // Annual Review of Plant Biology. – 2005. – Vol. 56. – P. 15–39.

2. Vangronsveld, J. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field / J. Vangronsveld [et. al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2009. – Vol. 16. – P. 765–794.

3. Phenotypic seedling responses of a metal-tolerant mutant line of sunflower growing on a Cu-contaminated soil series: potential uses for biomonitoring of Cu exposure and phytoremediation / A. Kolbas [et. al.] // *Plant and Soil*. – 2014. – Vol. 376. – P. 377–397.

4. Endophytic bacteria take the challenge to improve Cu phytoextraction by sunflower / A. Kolbas [et. al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2015. – Vol. 22. – P. 5370–5382.

5. Agronomic Practices for improving gentle remediation of trace-element-contaminated soils / P. Kidd [et. al.] // *International Journal of Phytoremediation*. – 2015. – Vol. 17 (11). – P. 1005–1037.

6. Conversion of fern (*Pteris vittata* L.) biomass from a phytoremediation trial in sub- and supercritical water conditions / M. Carrier [et. al.] // *Biomass & Bioenergy*. – 2011. – Vol. 35. – P. 872–883.

УДК 631.412

**Н. В. МИХАЛЬЧУК<sup>1</sup>, М. М. ДАШКЕВИЧ<sup>1</sup>, С. Н. МИХАЛЬЧУК<sup>1</sup>,  
И. В. КОВАЛЕВ<sup>1</sup>, О. А. ГАЛУЦ<sup>1</sup>, Д. А. ТРОФИМЧУК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси

<sup>2</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: info@paei.by; Denistr7@mail.ru

## **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ ЮГО-ЗАПАДА БЕЛАРУСИ**

Тяжелые металлы (ТМ) в настоящее время общепризнанно рассматриваются в качестве приоритетных загрязнителей почв. Высокое содержание этих элементов в техногенных эмиссиях, их биотоксичность неоднократно подтверждались в многочисленных научных публикациях [1; 2]. Накапливаясь в поверхностных горизонтах почв, ТМ в течение длительного времени остаются доступными для корневого поглощения растениями и активно включаются в процессы миграции по трофическим путям. Попадая в организм человека, они вызывают серьезные физиологические нарушения, токсикоз, аллергию, онкологические и наследственные заболевания.

Природные и аграрные ландшафты юго-запада Беларуси также подвержены влиянию выбросов ТМ и иных веществ-загрязнителей из техногенных источников. Рассматриваемый субрегион отличается развитой транспортной инфраструктурой, интенсивными формами ведения аграрного производства, сравнительно высоким промышленным потенциалом. Накопление ТМ в почвах юго-запада Беларуси связано также с особым географическим положением территории: она находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ с промышленных регионов Европы. Все эти факторы в совокупности обуславливают актуальные и потенциальные риски загрязнения почв ТМ.

Методические подходы к оценке загрязнения почв ТМ имеют своей основой кларк – естественное фоновое содержание элемента в почвах. Как правило,



они базируются на значениях кларков по А. П. Виноградову [3]. Вместе с тем исследованиями белорусских геохимиков установлено, что для территории Беларуси в целом характерно нижекларковое содержание микроэлементов (МКЭ) в почвах [4; 5]. В этой связи оценка опасности загрязнения почв ТМ может проводиться по отношению к региональным (для Беларуси) и субрегиональным фоновым значениям, к среднему фоновому содержанию для конкретных почв и по другим показателям.

В эколого-геохимическом отношении фоновые территории считаются наиболее благоприятными для жизнедеятельности человека, хотя и на них в условиях юго-запада Беларуси отмечаются биогеохимические провинции с дефицитом некоторых жизненно важных элементов – йода, селена, кобальта.

Нами рассматриваются восемь элементов, которые всегда включаются в группу ТМ: Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Ni, Co, Cr. При этом часть исследуемых элементов – Zn, Cu, Mn, Co – входят в группу почвенных МКЭ. Эколого-геохимическую оценку осуществляли не только по санитарно-гигиеническим нормативам (ПДК/ОДК), но и с учетом региональных и субрегиональных особенностей, вычисляя коэффициент концентрации элемента ( $K_c$ ) как отношение реального содержания элемента в почве ( $C$ ) к фоновому ( $C_{\phi}$ ):  $K_c = C / C_{\phi}$ . Содержание ТМ и МКЭ определяли атомно-абсорбционным методом на приборе SOLAAR MkII M6 Double Beam AAS. В связи с тем что в работах по почвенно-геохимическому мониторингу за фоновое обычно принимается нативное количество элементов в приповерхностной толще почвы [6], преимущественное внимание в наших исследованиях было уделено горизонту  $A_1$  (А пах).

Наибольшую опасность в системе почва – растение представляют подвижные формы ТМ, характеризующиеся высокой биохимической активностью и способностью накапливаться в биосредах. Поэтому содержание подвижных форм ТМ в почве – важнейший показатель, определяемый при почвенно-геохимическом мониторинге.

Неоднородность природных условий на территории западной части Белорусского Полесья обусловила формирование различных типов почв. Нами наиболее детально рассмотрены две категории почв: дерново-подзолистые песчаные (ДПП), как наиболее распространенные в условиях Полесья среди минеральных почв, и дерновые заболоченные карбонатные (ДЗК) почвы гидрогенного генезиса, отличающиеся ярко выраженной спецификой в накоплении и перераспределении микро- и макроэлементов [7]. Первая группа почв широко и интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве под пашню и пастбища; ДПП почвы характеризуются малой мощностью гумусового горизонта, редко превышающего 20 см, и низким содержанием гумуса – 1,8–2,3 %. Показатель рН находится в пределах 4,6–5,5 (от кислой до слабо-кислой). ДЗК почвы отличаются ограниченным распространением в регионе (до 2,0 % пахотных почв); содержание гумуса составляет 5–9 % и более. Реакция среды этих почв нейтральная или слабощелочная.

Установлены следующие особенности накопления ТМ и МКЭ в поверхностном слое указанных почв (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Содержание и коэффициенты вариации валовых и подвижных форм тяжелых металлов в верхнем 0–10 см слое фоновых и пахотных дерново-подзолистых песчаных почв

		Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
		Валовое содержание							
Природный региональный фон	1	7,39 ± 0,38	1,27 ± 0,09	107,32 ± 12,02	5,59 ± 0,63	0,05 ± 0,02	0,60 ± 0,18	0,26 ± 0,09	1,88 ± 0,24
	2	13,77	18,05	29,62	29,66	96,20	81,01	94,74	34,36
Пахотные почвы	1	12,65 ± 0,92	2,52 ± 0,22	115,2 ± 10,8	5,98 ± 0,28	0,18 ± 0,02	1,80 ± 0,19	1,10 ± 0,10	5,55 ± 0,28
	2	28,28	35,30	35,09	19,07	36,20	42,73	36,79	20,41
		Подвижные формы							
Природный региональный фон	1	3,07 ± 0,26	0,93 ± 0,12	39,00 ± 8,93	4,56 ± 0,70	0,02 ± 0,02	0,00 ± 0,00	0,08 ± 0,07	0,77 ± 0,14
	2	18,83	28,49	51,19	34,18	140,06	0,00	189,81	39,58
Пахотные почвы	1	2,35 ± 0,14	0,59 ± 0,07	36,67 ± 3,12	3,31 ± 0,21	0,07 ± 0,01	0,22 ± 0,03	0,19 ± 0,02	0,56 ± 0,05
	2	21,55	45,32	30,72	22,52	35,63	41,77	36,11	32,54

Таблица 2 – Содержание и коэффициенты вариации валовых и подвижных форм тяжелых металлов в верхнем 0–10 см слое фоновых и пахотных дерновых заболоченных карбонатных почв

		Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr
		Валовое содержание							
Природный региональный фон	1	20,21 ± 1,64	5,56 ± 0,45	210,95 ± 13,29	10,96 ± 0,61	0,56 ± 0,03	15,98 ± 2,38	2,92 ± 0,23	24,44 ± 2,38
	2	26,89	26,6	20,9	18,52	15,59	49,29	26,44	32,31
Пахотные почвы	1	9,49 ± 0,54	3,46 ± 0,34	459,39 ± 79,83	4,24 ± 0,31	-	4,97 ± 0,9	1,27 ± 0,1	7,35 ± 1,36
	2	14,06	24,45	42,57	18,08	-	44,54	18,47	45,24
		Подвижные формы							
Природный региональный фон	1	4,77 ± 0,34	1,82 ± 0,26	269,17 ± 23,61	5,59 ± 0,43	0,18 ± 0,02	2,13 ± 0,22	1,12 ± 0,11	1,83 ± 0,38
	2	38,89	78,87	48,05	35,05	52,02	47,50	43,69	95,29
Пахотные почвы	1	5,11 ± 0,59	1,98 ± 0,12	250,21 ± 28,9	2,59 ± 0,29	0,14 ± 0,01	2,85 ± 0,45	0,54 ± 0,07	4,11 ± 0,96
	2	28,15	15,32	28,29	27,17	19,17	38,82	30,55	57,20

Примечание – 1 – среднее арифметическое и стандартная ошибка среднего, 2 – коэффициент вариации (V), %.

Главной геохимической особенностью ДПП почв Брестского Полесья является невысокое содержание большинства исследуемых элементов в сравнении как с кларками для почв мира, так и с региональными кларками.

Дефициту этих элементов способствует низкое их содержание в материнских породах (перемытые и переотложенные водно-ледниковые пески), а также малогумусность почв, высокая кислотность, повышенная водопроницаемость почвогрунтов, химическая инертность основного почвообразующего минерала – кварца. Все это способствует выносу большинства МКЭ за пределы почвенного профиля.

Особенно низким для рассматриваемых почв как природных ландшафтов, так и пахотных угодий является содержание Со: оно соответственно составляет 0,26 и 1,10 мг/кг почвы, что в 38,5 и 9,1 раза ниже в сравнении с кларком почв мира (10,0 мг/кг), а также в 23,1 и 5,5 раза меньше по отношению к региональному кларку для почв Беларуси (6,0 мг/кг). Полученные нами результаты хорошо коррелируют с данными для условий северной части Волынской области, где 98 % проб аналогичных почв оказались с недостатком данного элемента [8]. Вместе с тем Со принадлежит к числу особо биологически активных и важных элементов, влияющих на обмен веществ и кроветворение при синтезе гемоглобина в составе витамина В<sub>12</sub>, который повышает общую устойчивость организма к онкологическим заболеваниям. Особенно опасен недостаток Со на территориях, загрязненных радионуклидами.

В пахотных ДПП почвах содержание валовых форм рассматриваемых ТМ и МКЭ находилось или на уровне значений, характерных для природных аналогов (как у Pb и Mn), или превышало их, иногда существенно – в 3,0–4,2 раза для Cr, Ni, Cd, Co. Разница между фоновыми и сельскохозяйственными почвами в содержании подвижных фракций элементов была не столь выраженной, как у валовых форм. Примечательно, что в пахотных почвах зафиксированы более низкие уровни биофильных элементов: Zn – на 30,6 %, Cu – на 57,6 %, чем в природных аналогах, а также таких опасных поллютантов, как Cr и Pb (более чем на 37,0 %). Характерно, что накопление подвижных форм Pb в почвах природного фона может достигать 0,8 ПДК.

Усредненное содержание валовых форм всех ТМ и МКЭ в поверхностном слое ДЗК почв оказалось существенно более высоким, чем в ДПП почвах (таблица 2). Особенно интенсивно накапливаются здесь Cr и Ni (в 13–26 раз), Cd и Co (в 11,2 раза), Zn и Cu (в 2,7–4,4 раза). При этом содержание Cd превышает уровень ПДК (0,5 мг/кг), концентрация Ni составляет 0,8 ПДК (20,0 г/кг), содержание Pb и Co находится на уровне 0,3–0,4 ПДК, остальных элементов – менее 0,2 ПДК. Содержание большинства ТМ в возделываемых почвах оказалось гораздо более низким: Ni и Cr – в 3,2–3,3 раза, Zn, Co и Pb – в 2,1–2,6 раза, Cu – в 1,6 раза.

В отношении всех без исключения элементов отмечены более высокие уровни накопления подвижных форм ТМ и МКЭ в карбонатных почвах по сравнению с дерново-подзолистыми. Наиболее существенная разница наблюдалась в аккумуляции рассеянных элементов: Ni, Co и Cd – в 9–14 и более раз. Содержание

биофильных элементов (Zn, Cu и Mn), а также Cr в сравнительном плане было менее контрастным. Примечательно, что в пахотных ДПП и ДЗК почвах содержание подвижных форм Pb оказалось более низким (в 2,2 раза), чем в фоновых аналогах. Кроме Pb, в пахотных ДЗК почвах более низкие уровни подвижных форм характерны для Co (в 2,1 раза) и Cd (в 1,3 раза). В отношении остальных элементов загрязнение находилось на уровне природного фона или превышало его, как у Mn (в 1,2 раза) и Cr (в 2,2 раза). Следовательно, в условиях преимущественно атмотехногенного загрязнения окружающей среды ТМ аккумулируются прежде всего в верхнем 0–10-сантиметровом слое почвы. В условиях ненарушенных почв это ведет к заметному их обогащению ТМ, особенно Pb. Для пахотных почв подобное накопление элементов не характерно вследствие перемешивания почв при вспашке, частичного выноса ТМ с урожаем, дефляции и поверхностного смыва.

Наиболее высокие уровни накопления Pb, достигающие значения ПДК, зафиксированы в почвах сельскохозяйственных угодий вдоль автомагистрали М-1/Е-30 Брест – Москва; здесь отмечены также более высокие концентрации подвижных форм Cd, Ni, Cr, Cu (таблица 3). В целом формула геохимической специализации элементов для пахотных ДПП почв юго-запада Беларуси имеет вид: Pb<sub>2,8</sub> Cu<sub>2,0</sub> Ni<sub>0,7</sub> Cd<sub>0,7</sub> Zn<sub>0,4</sub>; для аналогичных почв в зоне влияния автомагистрали М-1/Е30 – Pb<sub>8,1</sub> Cu<sub>4,2</sub> Ni<sub>2,1</sub> Cd<sub>1,3</sub> Zn<sub>0,8</sub> Mn<sub>0,8</sub>.

Таблица 3 – Содержание подвижных форм ТМ в почвах фоновых ландшафтов и сельскохозяйственных угодий

Почва	Содержание элемента, мг/кг								
	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Ni	Co	Cr	
Среднее фоновое содержание для почв Беларуси [9]	5,40	0,30	51,90	1,20	0,10	0,30	–	–	
Дерново-подзолистые песчаные почвы	1	3,07	0,93	39,00	4,56	0,02	–	0,08	0,77
	2	2,35	0,59	–	3,31	0,07	0,22	0,19	0,56
	3	8,03	1,33	248,80	4,23	0,08	0,34	0,70	–
	4	4,44	1,25	40,61	9,67	0,13	0,63	0,31	1,05
Примечание – 1 – субрегиональный природный фон для почв юго-запада Беларуси, 2 – субрегиональный фон для пахотных почв, 3 – природный фон в ареале НП «Беловежская пуща», 4 – пахотные почвы в зоне влияния автомагистрали М-1/Е30.									

Обращает на себя внимание повышенное содержание подвижных форм ряда ТМ и МКЭ в поверхностном горизонте почв в ареале НП «Беловежская пуща» (южная и юго-западная его части и прилегающие территории). Почвенные образцы отбирались в лесных сообществах сосняков черничных, ельников сосново-черничных на дерново-палево-среднеподзолистых почвах, развивающихся на двучленных супесчано-песчаных почвообразующих породах или на песках, подстилаемых суглинками. В подобных почвах содержание подвижного Mn, достигающее 250 мг/кг, примерно в 5 раз больше в сравнении с фоновым содержанием в почвах Беларуси и в 6,4 раза выше субрегионального фона

для юго-запада республики. Вместе с тем полученные результаты хорошо согласуются с данными, приведенными в [10] для перегнойно-аккумулятивного горизонта подзолов Беловежской пуши. Сравнительно большое содержание Mn, сопоставимое с его накоплением в ДЗК почвах, отличающихся наличием мощных геохимических барьеров, обусловлено прежде всего его биологическим аккумулярованием в условиях очень длительного взаимодействия лесной растительности с почвой, столь свойственного массиву коренных лесов Беловежской пуши. Это обстоятельство, по-видимому, является определяющим и в отношении содержания других элементов, прежде всего Zn, превышающего 8,0 мг/кг – максимальное значение среди всех сравниваемых почв. Необходимо также учитывать, что данная территория находится под влиянием трансграничного переноса загрязняющих веществ. Лесные массивы с их развитой контактирующей поверхностью особенно интенсивно задерживают ТМ, в результате чего повышается их содержание и в почвенном покрове. Кроме того, среди почвообразующих пород в ареале Беловежской пуши чаще отмечаются супесчаные отложения и суглинки, отличающиеся в сравнении с типично полесскими песчаными отложениями более высоким содержанием большинства элементов. Перечисленные факторы обусловили следующий ряд в формуле геохимической специализации элементов: Mn4,8 Cu4,4 Pb3,5 Zn1,5 Ni1,1 Cd0,8.

В этой связи представляется не вполне корректным использовать показатели накопления ТМ и МКЭ в почвах под коренными массивами лесов, в том числе относящихся к заповедному фонду, в качестве фоновых. В каждом конкретном случае согласно целям исследования фон должен быть специфичен: «фоновый уровень для почв лесопокрытых территорий», «фоновый уровень для почв луговых угодий» и т. п. Кроме того, должен быть усилен контроль качества некоторых видов продукции побочного лесопользования, получаемой как в зонах загрязнения, так и на условно «чистых» территориях, – глобальный характер техногенных эмиссий ТМ уменьшает, к примеру, основания для микофильного поведения населения.

**Тяжелые металлы и микроэлементы в огородных почвах г. Бреста.** В работе [11] нами установлено, что наиболее оптимальные условия для проживания населения г. Бреста с точки зрения уровня загрязнения почв ТМ формируются в новых микрорайонах многоэтажной застройки, а также в пределах зон жилой усадебной застройки (ЖУЗ) при условии их удаленности от крупных транспортных магистралей. Жилые массивы, соседствующие с авто- и железнодорожными путями, характеризуются тенденцией к увеличению накопления ТМ в почвах.

Учитывая, что в зонах ЖУЗ население зачастую занимается выращиванием огородной продукции, мы выделили зоны повышенного риска накопления ТМ в соответствующих почвах. Проведен анализ содержания валовых форм ТМ в обрабатываемых огородных почвах и почвах необрабатываемых участков усадеб.

Установлено, что в исследованных почвах наиболее высокие уровни накопления характерны для Zn: как правило, выше значений ПДК (55 мг/кг). В отдельных случаях в огородных почвах концентрация элемента превышает

6,5 ПДК, достигая значений 360,37 мг/кг (ул. Суворова, 49), в необрабатываемых почвах – 8,2 ПДК, или 453,7 мг/кг (район железнодорожного вокзала, ул. Кижеватова, 44/1). В целом для обеих категорий почв  $K_c$  для цинка составляет около 18 единиц (таблица 4).

Таблица 4 – Валовое содержание ТМ и МКЭ в огородных и необрабатываемых почвах жилой усадебной застройки г. Бреста

Показатель		мг/кг							
		Pb	Cd	Cu	Zn	Ni	Mn	Co	Cr
Региональный фон		5,39	0,09	1,29	7,39	0,66	109,60	0,45	1,85
1	Среднее содержание	19,70	0,18	16,41	126,95	3,90	146,98	1,88	4,90
	Максимальное содержание	52,47	0,33	41,36	360,37	8,67	279,50	2,66	8,41
	Минимальное содержание	4,90	0,07	4,50	24,00	1,10	58,20	0,67	0,60
	Коэффициент концентрации	3,65	1,97	12,72	17,16	5,91	1,34	4,17	2,65
2	Среднее содержание	55,09	0,24	12,65	135,06	3,66	141,21	1,82	4,49
		33,51							
	Максимальное содержание	292,46	0,90	36,90	453,67	8,61	227,60	3,50	7,51
	Минимальное содержание	6,07	0,09	7,19	55,66	2,10	83,70	0,92	1,03
Коэффициент концентрации	10,22	2,69	9,81	18,25	5,54	1,29	4,04	2,43	
	6,22								
<b>ПДК/ОДК</b>		<b>32</b>	<b>0,5</b>	<b>33</b>	<b>55</b>	<b>20</b>	<b>1 500</b>	<b>8</b>	<b>100</b>
Примечание – 1 – огородные почвы, 2 – необрабатываемые почвы.									

Вторым по значимости элементом-загрязнителем является Pb – как по уровням накопления, особенно в сравнении с фоновыми почвами, так и по своей опасности (1 класс). Так, усредненное содержание элемента в огородных почвах составляет 19,70 мг/кг (0,6 ПДК), в условно целинных – 55,09 мг/кг (1,7 ПДК) или без учета случая-артефакта (292,5 мг/кг ул. Речицкая 62/1) – 33,51 мг/кг (около 1,0 ПДК). Однако в половине проб возделываемых почв концентрация Pb находится на уровне ПДК и в половине залежных почв приближается к 1,7 ПДК. Для первой категории почв  $K_c$  составляет 3,65, для второй – 10,22 (или 6,2 – без случая-артефакта).

Обращает на себя внимание довольно высокий уровень накопления Cu в почвах ЖУЗ г. Бреста, который в возделываемых почвах в 3,1 раза, а в условно целинных аналогах в 2,2 раза превосходит усредненные содержания элемента в городских почвах. Отмечены случаи превышения ПДК (33,0 мг/кг) в огородной почве участка по ул. Герцена, 5 – 41,36 мг/кг (1,3 ПДК) и в условно целинной почве усадьбы на ул. Кижеватова, 44/1 – 36,9 мг/кг (1,1 ПДК). Региональный фон по данному элементу для возделываемых почв превышен в 12,7 раза,

для невозделываемых – в 9,8 раза. Подобная разница объясняется, по-видимому, применением медьсодержащих препаратов для защиты плодовых и других культур.

Кадмий также относится к числу опасных загрязнителей почв, входя в так называемую «большую четверку» наиболее токсичных ТМ (наряду с Pb, Hg и As). Хотя усредненные значения концентрации элемента не превышают показателей ПДК (0,5 мг/кг) и находятся на уровне примерно 0,4 ПДК, его содержание в огородных почвах в среднем в 1,6 раза превышает уровни, установленные для урбоземов г. Бреста (0,11 мг/кг). Кроме того, на участке по ул. Кижеватова, 44/1 в условно целинной почве зафиксировано содержание Cd 0,9 мг/кг (1,8 ПДК). К<sub>c</sub> данного элемента для возделываемых огородных почв составляет 1,97. Уровни накопления в почвах ЖУЗ г. Бреста остальных исследуемых элементов не вызывают опасения: их концентрации составляют доли ПДК, и лишь у Ni они приближаются к 1/3 ПДК.

Таким образом, в ДПП почвах юго-запада Беларуси в концентрациях выше фонового уровня для почв Беларуси накапливаются подвижные формы Cu и Pb, существенно ниже фона – Co. Максимальные уровни содержания ТМ характерны для почв, находящихся в зоне воздействия автомагистрали М-1/Е-30 Брест – Москва, а также для ДЗК почв. Повышенное содержание подвижных форм большинства исследованных ТМ и МКЭ (особенно Mn, Cu и Pb) наблюдается в южном и юго-западном секторах НП «Беловежская пуца», что ограничивает возможности использования соответствующих показателей в качестве фоновых при проведении сравнительных оценок.

Установлено, что приоритетными загрязнителями огородных почв ЖУЗ г. Бреста являются Zn (содержание в большинстве образцов превышает ПДК, достигая в отдельных случаях 6,5–8,2 ПДК), Pb (превышение ПДК в 20 % случаев), а также Cu и Cd. Региональный фон содержания перечисленных элементов в огородных почвах повышен от 2,0 раз у Cd и до 17-кратного уровня у Zn. Полученные данные важны при решении задач фонового геохимического мониторинга и определении агроэкологических рисков, связанных с загрязнением почв ТМ.

*Часть результатов, представленных в статье, получена при выполнении проекта БРФФИ-Брест № X17Б-002" «Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и огородных культур в урболандшафтах г. Бреста и разработка рекомендаций по снижению соответствующих рисков».*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение / В. Б. Ильин. – Новосибирск : Наука, 1991. – 150 с.
3. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А. П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 236 с.
4. Лукашев, К. И. Химические элементы в почвах / К. И. Лукашев, Н. Н. Петухова. – Минск : Наука и техника, 1970. – 228 с.

5. Петухова, Н. Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. – 1992. – Т. 36, № 5. – С. 461–465.
6. Фоновое количество тяжелых металлов в почвах юга Западной Сибири / В. Б. Ильин [и др.] // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 550–556.
7. Михальчук, Н. В. Подвижные формы тяжелых металлов и микроэлементов в почвах карбонатного ряда юго-запада Беларуси / Н. В. Михальчук // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. – № 3. – С. 90–97.
8. Вступ до медичної геології : у 2 т. / за ред. Г. І. Рудька, О. М. Адаменка. – Київ : Академпрес, 2010. – Т. 2. – 448 с.
9. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2010 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минскпроект, 2011. – 398 с.
10. Ничипорович, Д. В. Динамика некоторых химических свойств почв в сосновых и еловых лесах / Д. В. Ничипорович // Беловежская пуца : исследования. – Минск : Ураджай, 1968. – Вып. 2. – С. 57–68.
11. Тяжелые металлы в почвах г. Бреста и особенности их накопления в огородных почвах жилой усадебной застройки / Н. В. Михальчук [и др.] // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац / Палес. аграр.-экал. ін-т НАН Беларусі ; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст : Альтернатива, 2018. – Вып. 11. – С. 77–80.

УДК 551.89

**M. STANČIKAITĖ<sup>1</sup>, V. ZERNITSKAYA<sup>2</sup>, V. ŠEIRIENĖ<sup>1</sup>,  
D. KISIELIENĖ<sup>1</sup>, B. VLASOV<sup>3</sup>, G. KLUCZYNSKA<sup>1</sup>, L. GEDMINIENĖ<sup>1</sup>,  
N. GASTEVIČIENĖ<sup>1</sup>, Ž. SKURATOVIČ<sup>1</sup>, D. UOGINTAS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Lithuania, Vilnius, Nature Research Centre, Institute of Geology and Geography

<sup>2</sup>Belarus, Minsk, National Academy of Sciences of Belarus, Institute for Nature Management

<sup>3</sup>Belarus, Minsk, Belarusian State University, Faculty of Geography and Geoinformatics

## **POSTGLACIAL PALAEOENVIRONMENTAL INVESTIGATIONS IN NEIGHBOURING COUNTRIES: COMMON QUESTIONS AND JOINT SOLUTIONS**

Postglacial palaeoenvironmental and palaeoclimatic investigations provide an insight into the climatic and environmental history thus giving an opportunity to put contemporary changes into the long chronological perspective. Although an increasing number of derived proxies has provided independent information sources for the further interpretations and generalisations around the North Atlantic realm eastward situated territory of the continent has largely remained as “unknown” from the point of Postglacial palaeohistory as the majority of the old data is insufficient from today’s perspective.

To address this challenge, we suggest the high-resolution multi-proxy analysis of lake/peat sequences in order to get high temporal-spatial resolution of Postglacial environmental and climatic changes along East-West gradient covering transitional



climatic (oceanic-continental) and floristic (boreo-nemoral) zones. Such territories are more sensitive to climatic and environmental shifts. A combination of high-resolution multi-proxy studies of pollen, diatom, chironomid, plant macrofossil records alongside with geochemical, loss-on-ignition, grain-size, mineral magnetic, and  $^{14}\text{C}$  measurements provides an information describing the vegetation changes, characterisation of the sedimentary response of lacustrine systems, palaeoclimatic shifts, chronological framework of newly identified environmental variations and etc.

During the recent years the multi-proxy investigations were conducted in the territories of Belarus and Lithuania. Common scientific investigations were provided by the international research team representing the State Research Institute Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania, Institute for Nature Management, National Academy of Sciences, Minsk, Belarus and Belarusian State University, Minsk, Belarus.

The following questions have been discussed:

the temporal and spatial magnitude of Postglacial climate variability based on chironomid data;

based on the identified abiotic and biotic markers the sedimentary response of lacustrine systems during the periods of climatic shifts of different magnitude have been analysed;

the development of Postglacial vegetation along a W-E transect emphasising the pattern of local and regional changes have been described;

based on newly defined chronological framework of the identified environmental and climatic shifts correlation of this data with regional and global records have been conducted.

УДК 556.135(476)

**А. А. ВОЛЧЕК**

Беларусь, Брест, БрГТУ

E-mail: Volchak@tut.by

## **ПРОГНОЗНЫЕ ОЦЕНКИ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ**

Проблема изменения климата в Республике Беларусь является одним из приоритетных направлений исследований на государственном уровне. Это подтверждается как присоединением Республики Беларусь к международным соглашениям по климату и выполнением обязательств по ним, так и разработкой и внедрением мероприятий по сокращению выбросов парниковых газов и разработкой мер по адаптации к изменениям климата внутри страны. Речной бассейн является природной средой формирования стока, который служит основным источником водных ресурсов. Главными отличиями водных ресурсов от других видов природных ресурсов являются непрерывное их возобновление в процессе круговорота воды и колебания величины стока. Существенное влияние на сток оказывает наблюдаемое глобальное потепление климата. В последнее время на территории Беларуси отмечен рост среднегодовой температуры воздуха,

некоторое уменьшение атмосферных осадков, изменение направления и скорости ветра. По данным академика В. Ф. Логинова, самое теплое десятилетие за период инструментальных наблюдений приходится на 1990-е гг. [1].

Целью настоящего исследования является оценка изменения стока основных речных бассейнов Беларуси за период с 1961 г. и его прогноз на период до 2035 г.

**Методы исследований.** Для прогнозов изменения климата должны использоваться как глобальные, так и региональные климатические модели, которые основаны на описании процессов в динамике и базируются на численном решении систем уравнений в частных производных математической физики. Самыми известными и широко используемыми в настоящее время являются глобальная климатическая модель ЕСНАМ5 и региональная климатическая модель CCLM [2].

ЕСНАМ5 в настоящее время является самой последней версией модели ЕСНАМ. Основными компонентами модели являются динамическое ядро, система адвективного переноса, физические параметры (коротко- и длинноволновая радиация, слоистая облачность, конвективная облачность, горизонтальная и вертикальная диффузия, поверхностные потоки, орографические эффекты), параметры земной поверхности.

Для выполнения прогнозов изменения климата региональная климатическая модель CCLM является наиболее приемлемой, учитывая опыт ее использования в соседних государствах и в международных проектах ЕЭК ООН и ENVSEC по управлению водными ресурсами трансграничных рек с учетом адаптации к изменению климата.

Для прогнозных оценок изменения стока рек бассейнов адаптирован метод гидролого-климатических расчетов, предложенный В. С. Мезенцевым, основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [3]. Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид:

$$H(I) = E(I) + Y_K(I) \pm \Delta W(I), \quad (1)$$

где  $H(I)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $E(I)$  – суммарное испарение, мм;  $Y_K(I)$  – суммарный климатический сток, мм;  $\Delta W(I)$  – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм;  $I$  – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

$$E(I) = E_m(I) \left[ 1 + \left( \frac{\frac{E_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}}{\frac{X(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)} \right)^{n(I)} \right]^{-\frac{1}{n(I)}}, \quad (2)$$

где  $E_m(I)$  – максимально возможное суммарное испарение, мм;  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость почвы, мм;  $V(I) = W(I) / W_{HB}$  – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода;  $X(I)$  – сумма измеренных атмосферных осадков, мм;  $g(I)$  – грунтовая составляющая водного баланса, мм;  $r(I)$  – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов;  $n(I)$  – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конец расчетного периода определяется из соотношений

$$V(I+1) = V(I) \cdot \left( \frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)} ; \quad (3)$$

$$V_{cp}(I) = \left( \frac{\frac{X(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{E_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}} . \quad (4)$$

Решение системы уравнений (1)–(4) осуществляется методом итераций до тех пор, пока значение относительной влажности почвогрунтов на начало расчетного интервала не будет равно значению относительной влажности на конец последнего интервала.

Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока, т. е.

$$Y_P(I) = k(I) \cdot Y_K(I), \quad (5)$$

где  $Y_P(I)$  – суммарный русловой сток, мм;  $k(I)$  – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

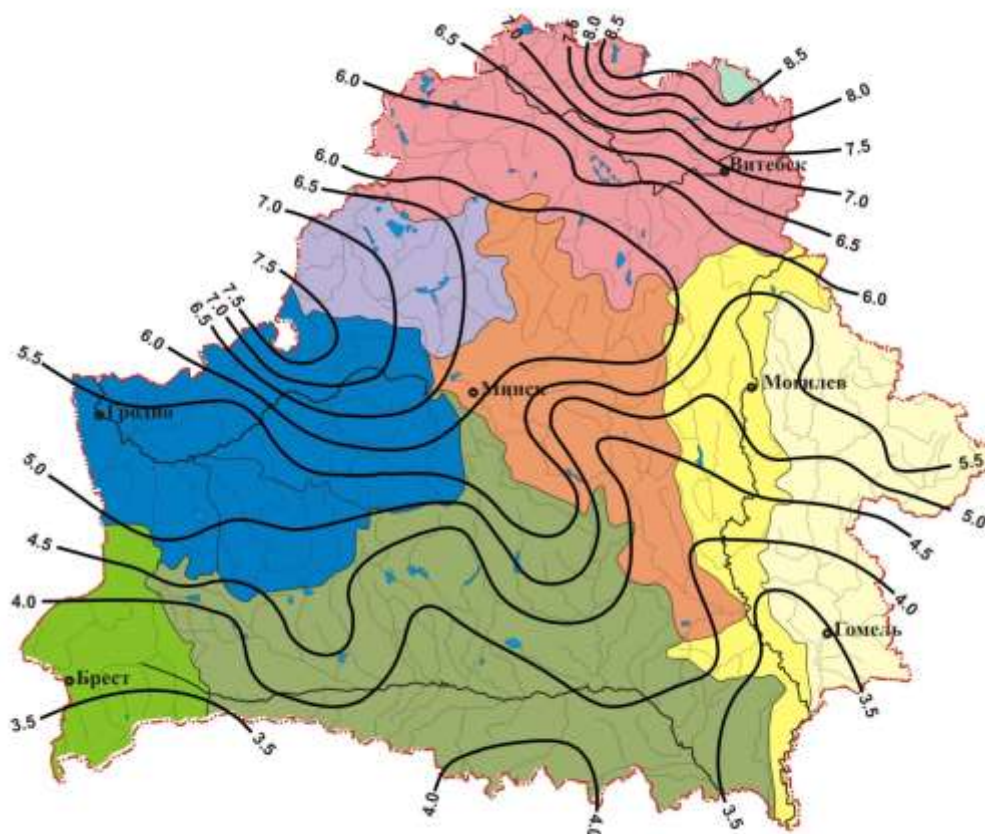
Моделирование водного баланса исследуемой реки реализовано в виде компьютерной программы и осуществляется в два этапа. На первом этапе производится настройка модели по известным составляющим водного и теплового балансов исследуемой реки. Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки, используя параметры, полученные при калибровке модели [4].

**Анализ современного состояния водных ресурсов.** В исследованиях использованы данные по 51 посту с наиболее продолжительными и непрерывными периодами наблюдений за стоком и при условии наличия данных за указанный период.

Нами рассчитаны поверхностные водные ресурсы Беларуси за период с 1961-го по 2015 г. Суммарные поверхностные ресурсы Беларуси практически

не изменились. В то же время произошло перераспределение естественных водных ресурсов по бассейнам основных рек. Так, для южной части Беларуси – бассейнов рек Припять, Западный Буг, южной части бассейнов Днепра и Немана – характерно снижение стока практически во все сезоны, за исключением зимнего, где имеет место увеличение стока. Исключение составляет бассейн Западного Буга, для которого характерно снижение стока во все сезоны года. Значительные изменения стока произошли в весенний период, связанные со снижением стока весеннего половодья и более ранним его наступлением. Особенно это характерно для юга Беларуси – бассейнов рек Припять, Западный Буг, южной части бассейна Днепра. В весенний, летний и осенний периоды прослеживается разная направленность изменения стока, особенно в летний период – его снижение по югу и западу Беларуси и увеличение по северу и северо-востоку.

С целью уточнения водных ресурсов Беларуси построена карта среднего годового модуля стока рек Беларуси (рисунок 1). При построении учитывались данные с 1961-го по 2015 г. по действующим гидрологическим постам.



**Рисунок 1 – Карта среднего годового стока рек Беларуси за период 1961–2015 гг., л/(с·км<sup>2</sup>) [5]**

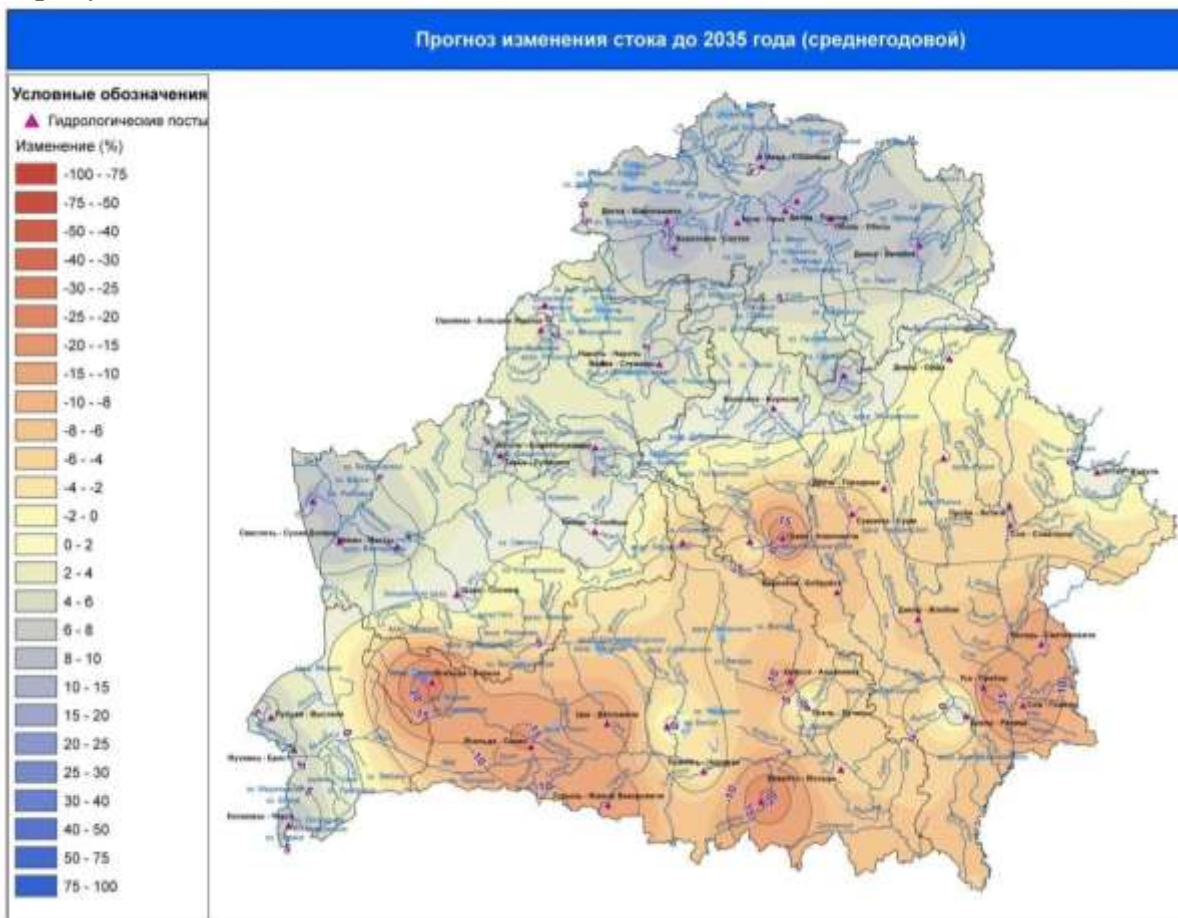
**Прогноз изменения водных ресурсов с учетом изменения климата.** Для прогноза изменения речного стока получены долгосрочные, на период 35–50 лет (2021–2050 гг.), сценарии изменения климата для бассейнов рек Беларуси по региональной климатической модели CCLM с использованием выход-

ных данных глобальной климатической модели ЕСНАМ5. Сценарии изменения климата получены для двух вариантов (сценариев) выбросов парниковых газов (принятых в мировой практике и наиболее используемых для оценок изменения климата сценариев социально-экономического развития человечества) [6]:

I вариант A1B (relatively high-emissions scenario) – более «жесткий» сценарий, относительно высокие выбросы парниковых газов за счет быстрого развития экономики и роста численности населения до середины XXI в., а затем замедление роста населения, быстрое внедрение современных технологий и сбалансированное использование энергетических ресурсов;

II вариант B1 (low-emissions scenario) – более «мягкий» сценарий, невысокие выбросы парниковых газов, весьма вероятно внезапная глобализация, число жителей изменяется подобно тому, как планируется в сценарии A1, но происходит весьма быстрое превращение экономической системы в информационную, а также общество становится менее потребительским, интенсивное внедрение новых чистых технологий.

По разработанной методике выполнены прогнозные оценки по бассейнам основных рек Беларуси для двух сценариев развития климата A1B и B1. Карта прогнозного изменения стока рек Беларуси в годовом разрезе представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Прогноз изменения годового стока на период до 2035 г. [7]**

При изменении климата получены следующие обобщенные характеристики прогноза стока. По объемам стока возможна резкая дифференциация между северной и южной частью республики, между малыми и большими реками. При увеличении стока в среднем за год, отмечается неравномерность и разнонаправленность в сезоны и месяцы. Особенно резко прослеживается разная направленность изменения стока в летние месяцы.

В среднем за год возможно увеличение стока на 9 % в бассейне реки Западная Двина (север) и снижение стока на 1,5 % в бассейне реки Западный Буг (юг). В зимний период прогнозируется не очень значительное увеличение стока для всех исследуемых территорий на 7–13 %. Весной прогнозируется увеличение стока не более чем на 6–10 %. В летний период возможно увеличение стока на севере на 10–29 % при одновременном снижении стока на юге на 11–35 %.

По прогнозам изменения стока реки Неман сохраняются выявленные за период с 1961-го по 2015 г. тенденции незначительного увеличения среднегодового стока в среднем по бассейну. Максимальное увеличение стока может произойти в зимний период (до 24 %), в основном в январе и феврале, за счет увеличения количества осадков и оттепелей. Прогнозируемый сток в летний период может измениться не очень значительно как с его увеличением, так и уменьшением. Более значительное уменьшение стока прогнозируется в осенний период, особенно в его начале.

По результатам расчетов стока в бассейнах рек Днепр и Припять до 2035 г. можно сделать следующие выводы о прогнозном изменении:

- снижение среднегодового стока, особенно в бассейне реки Припять;
- незначительное изменение стока в зимний период по большинству рек, с его увеличением в среднем по бассейну реки Днепр и уменьшением в бассейне Припять;
- в весенний период, за редким исключением, вероятно снижение стока;
- в летний период прогнозируется существенное и максимальное из всех периодов года уменьшение стока, особенно в бассейне Припяти;
- в осенний период (особенно в начале осени – до середины октября) также прогнозируется снижение стока.

Проблема адаптации водных ресурсов к изменению климата является новой и неопределенной проблемой. В то же время вследствие изменения климата могут усугубиться некоторые современные проблемы водохозяйственного комплекса Беларуси, а также появиться новые, нехарактерные для нынешних условий. Поэтому разработка адаптационных мер и их реализация являются неотложной задачей.

В связи с тем что адаптация водных ресурсов к изменению климата требует индивидуальных подходов в каждом конкретном случае, рассмотрим наиболее общие возможные меры по адаптации (таблица).

**Заключение.** Выполнена оценка изменения речного стока Беларуси за период с 1961-го по 2015 г. по основным речным бассейнам страны. В среднем по республике сток значительно не изменился, отмечено некоторое его увеличение на 0,5–4,0 % за счет бассейнов рек Западная Двина, северной и северо-восточной части бассейна реки Днепр.

Таблица – Возможные меры по адаптации водных ресурсов Беларуси к изменению климата

Повышенная опасность наводнений	Повышенная опасность засухи	Ухудшение качества воды
<b>Предотвращение/повышение устойчивости</b>		
<p>Ограничение городской застройки в зонах, подверженных риску наводнения.</p> <p>Меры по поддержанию безопасности дамб, лесонасаждение и другие структурные мероприятия по предотвращению затопления территорий.</p> <p>Изменения в режиме эксплуатации водохранилищ и озер.</p> <p>Управление землепользованием.</p> <p>Обустройство мест аккумуляции стока.</p> <p>Расширение возможностей дренирования территорий.</p> <p>Конструкционные (структурные) меры (временные дамбы, строительство устойчивого жилья, изменение транспортной инфраструктуры).</p> <p>Переселение людей из зон, подверженных высокому риску.</p>	<p>Сокращение потребностей в воде.</p> <p>Водосберегающие меры / эффективное использование воды.</p> <p>Совершенствование технологий по утилизации и повторному использованию сточных вод.</p> <p>Водосбережение (системы выдачи разрешений для водопользователей, просвещение и повышение информированности и т. д.).</p> <p>Управление землепользованием.</p> <p>Улучшение технологий и эффективного использования воды.</p> <p>Повышение степени доступности водных ресурсов.</p> <p>Улучшение водного баланса ландшафта.</p> <p>Совершенствование стратегии устойчивого использования подземных вод.</p> <p>Строительство новых сетей водоснабжения и водопользования.</p> <p>Выявление и оценка альтернативных стратегических водных ресурсов (поверхностных и подземных).</p> <p>Выявление и оценка альтернативных технологических решений (повторное, использование сточных вод и т. д.).</p> <p>Увеличение емкостей хранилищ (для поверхностных и подземных вод) как естественных, так и искусственных.</p> <p>Создание дополнительной инфраструктуры водоснабжения.</p> <p>Экономические инструменты, такие как установка счетчиков, ценовая политика.</p> <p>Механизм перераспределения водных ресурсов для наиболее приоритетных нужд.</p> <p>Снижение утечек в распределительной сети.</p> <p>Сбор и хранение дождевых вод.</p> <p>Снижение водопотребления в мелиорации за счет изменения севооборотов и методов орошения.</p>	<p>Предотвращение сброса и очистка мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнений.</p> <p>Улучшение очистки сточных вод.</p> <p>Регулирование стока сточных вод.</p> <p>Улучшение системы забора воды для питьевых нужд.</p> <p>Безопасность и эффективность систем сточных вод.</p> <p>Изоляция мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнения.</p> <p>Временные устройства для хранения сточных вод.</p> <p>Защита водосбора (расширение охраняемых территорий и т. д.).</p>

*Продолжение таблицы*

<b>Подготовительные меры</b>		
Предупреждение о наводнениях (включая раннее предупреждение). Планирование на случай чрезвычайных ситуаций (включая эвакуацию). Риск внезапных наводнений (меры, принимаемые в порядке предотвращения, поскольку время для предупреждения слишком коротко для принятия нужных мер). Картирование угроз и риска наводнений.	Разработка плана борьбы с засухой. Изменение правил эксплуатации водохранилищ. Определение приоритетности видов водопользования. Ограничение забора воды для отдельных видов пользования. Планирование на случай чрезвычайных ситуаций. Повышение информированности. Оповещение населения об опасности. Подготовка и тренировки.	Ограничения на сброс сточных вод и реализация аварийных систем хранения воды. Регулярный мониторинг за качеством питьевой воды.
<b>Ответные меры</b>		
Медицинская помощь в чрезвычайных обстоятельствах. Распределение безопасной питьевой воды. Обеспечение санитарной безопасности. Определение приоритетности и типа распределения (вода в бутылках, пластиковые пакеты и т. д.).		
<b>Восстановительные меры</b>		
Мероприятия по очистке. Варианты восстановления, например реконструкция инфраструктуры. Аспекты управления, такие как законодательство, в частности в области страхования, четкая политика восстановления, надлежащие институциональные механизмы, планы и потенциал, сбор и распространение информации. Специально разработанные проекты: новая инфраструктура, лучшие школы, госпитали. Все виды финансовой и экономической поддержки. Специальное налогообложение для инвестиций, компаний, населения. Страхование. Оценка.		

Даны прогнозные оценки годового стока основных рек Беларуси на период до 2035 г. При незначительном изменении прогнозного значения стока в среднем за год отмечена высокая вероятность его неравномерности и разнонаправленности в сезоны и месяцы. Особенно значительно может изменяться сток в летние месяцы с его снижением во все сезоны на юге Беларуси. Вместе с тем для севера Беларуси прогнозируются не столь значительные изменения стока, как для юга.

Полученные результаты требуют дальнейшей апробации с привлечением массовых экспериментальных данных, анализа возможных ошибок прогноза практической разработки на их основе компенсационных мероприятий по уменьшению последствий влияния изменения климата на водные ресурсы Беларуси.



Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост хозяйственного освоения речных долин в связи с ростом населения, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и разрушительной силы наводнений. Поэтому необходимо усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на уменьшение ущерба от наводнений. Предотвращение стихийных бедствий в 50–70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий наводнений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.] ; Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси ; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Тонпик, 2003. – 330 с.
2. Max Planck Institute for Meteorology – official website [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.mpimet.mpg.de/en/science/models/echam/echam5.html>. – Date of access: 05.05.2012.
3. Мезенцев, В. С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования / В. С. Мезенцев // Вод. ресурсы. – 1995. – Т. 22, № 3. – С. 299–301.
4. Волчек, А. А. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Вод. хоз-во России: проблемы, технологии, управление. – 2007. – № 1. – С. 50–62.
5. Волчек, А. А. Водные ресурсы Республики Беларусь на современном этапе / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Вестн. БГТУ. Водохоз. строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2 (68). – С. 2–5.
6. Изменение климата, 2007. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата : обобщ. докл. / Р. К. Пачаури [и др.]. – Женева : МГЭИК, 2007. – 104 с.
7. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.

УДК 556.047+556.332.52

**А. Л. ШЕВЧЕНКО<sup>1</sup>, В. А. НЕСТЕРОВСКИЙ<sup>1</sup>, В. И. ОСАДЧИЙ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Украина, Киев, КНУ имени Т. Шевченко

<sup>2</sup>Украина, Киев, Украинский гидрометеорологический институт  
ГСЧС Украины и НАН Украины

E-mail: shevch62@gmail.com; v.nesterovski@ukr.net; osad@uhmi.org.ua

#### **РЕЖИМ, ВОДООБМЕН И РЕСУРСЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОЛЕСЬЯ И ЛЕСОСТЕПИ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Начало глобального потепления (1981–1990 гг.) связывают с началом стойкой тенденции к повышению температуры после установления ее средне-годовых значений выше зональной климатической нормы с нарушением законо-

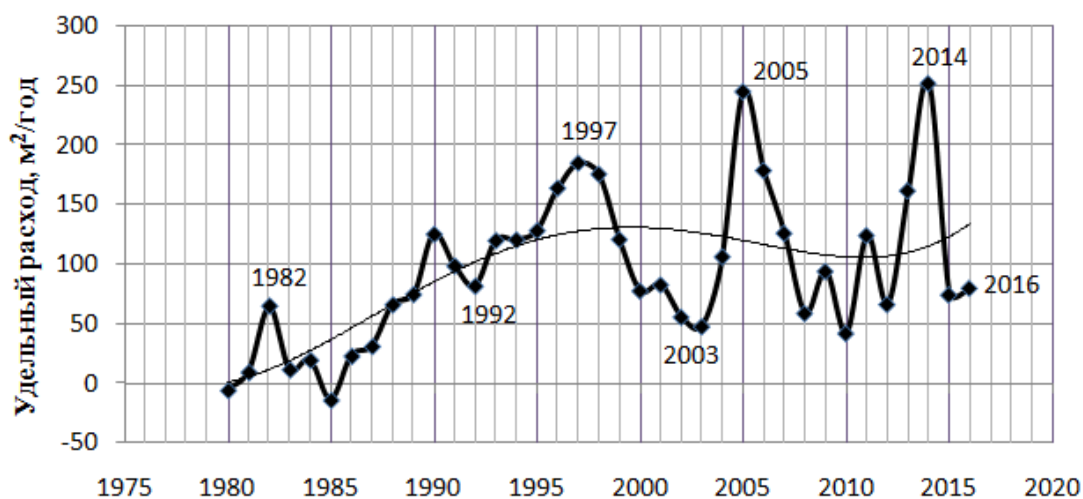
мерной природной цикличности. С этого времени отмечается также более стремительный прирост температуры за каждый следующий десятилетний период: до 1980 г. такой прирост на Украине составлял около  $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ , в 1980–2000 гг. –  $0,21 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ , а в 2001–2011 гг. – уже  $0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ . В г. Полтаве с 2001 по 2017 г. средняя температура повысилась почти на  $1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , что соответствует интенсивности  $0,857 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ . На той же широте, в г. Хмельнике Винницкой области, где влияние мегаполиса на температуру исключено, за 37 лет (с 1980 по 2016 г.) повышение температуры произошло на  $2,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , с интенсивностью  $0,54 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ , что согласуется с зарубежными данными.

Для Украинского Полесья в многолетнем разрезе (с 1951 по 2013 г.) зафиксирован существенный рост средних температур зимнего (на  $1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), весеннего (на  $2,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) периодов и среднегодовых (на  $1,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [1]. Рекордное отклонение температуры в феврале, по сравнению со среднемноголетним значением, зафиксировано в г. Здолбунове (Ровенская область) в 2016 г. – на  $+5,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . В западной части Припятского Полесья до 1988 г. наблюдалось значительное увеличение зимних температур, в частности январских на  $5,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  выше среднемноголетних [2]. Переломным для лесостепной зоны был 1989 г., с которым связан первый за весь период наблюдений с 1936 г. переход среднемесячных температур февраля к положительным значениям. После этого (за период 1990–2012 гг.) средние зимние уровни грунтовых вод (УГВ) поднялись в верхней части бассейна Южного Буга на 67 см по сравнению со средними зимними уровнями 1950–1989 гг.

В результате повышения температуры зимние оттепели участились, уменьшилась глубина сезонного промерзания почв зоны аэрации на фоне небольшого увеличения количества осадков холодного периода. Таким образом, зимние оттепели способствовали участию талого стока в повышении влажности действенного слоя почвы и увеличению инфильтрационного питания грунтовых вод. Это проявилось в росте среднегодовых УГВ как на Полесье, так и в лесостепной зоне в период с 1995-го по 2007–2012 гг. По нашим расчетам, наиболее стремительный рост притока грунтовых вод в реки происходил в период 1980–1998 гг. (рисунок). В верхней части водосбора Днепра за счет увеличения объемов питания подземными водами (что подтверждается ростом меженного стока рек) превышение среднемноголетней нормы стока рек произошло на 10–15 % [3]. К 2007 г. заметно увеличились водные ресурсы даже в бассейнах рек, где наблюдалось снижение весеннего паводкового стока. Однако в Украинском Полесье, при том что общее количество осадков не увеличивалось, уже в начале 2000-х гг. отмечался нулевой прирост среднегодовых УГВ и уменьшение подтопленных площадей. То есть к этому времени увеличение ресурсов уже не сопровождалось увеличением емкостных запасов грунтовых вод.

При таком соотношении даже небольшое уменьшение питания грунтовых вод должно привести к сработке их емкостных запасов. Что собственно и произошло, когда в период 2012–2017 гг. количество осадков было на уровне нормы или значительно ниже нее (2012 г. – 88 %, 2015 г. – 74 %). За период 2001–2013 гг. интенсивность наращивания температуры в зимние (на  $0,62 \text{ }^{\circ}\text{C}$  от среднемного-

летней нормы) и весенние (на 1,2 °С) месяцы снизилась, однако возросли темпы роста температуры летнего и осеннего сезонов [1]. В 2017 г. на Полесье среднегодовая температура была на 1,1–1,2 °С выше нормы. Увеличение среднесуточной температуры теплого периода и уменьшение количества осадков привели к аномальному снижению УГВ в 2014–2015 гг. Рассчитанная по методу Пенмана – Монтейта величина испарения для Волынского Полесья указывает на увеличение испарения, особенно в 2014–2015 гг. (А. А. Дятел, 2019). Максимальный подземный сток 2014 г. (рисунок) можно объяснить лишь значительными градиентами потоков грунтовых вод после резкого снижения уровней воды в реках. Множественный корреляционный анализ достаточно четко подтвердил эту обусловленность. Такая тенденция безусловно приводит и к уменьшению ресурсов грунтовых вод. Как следствие, во время летней межени малые реки с незначительным базисом эрозии и преобладающим грунтовым питанием мелеют и пересыхают.



**Рисунок – Удельный сток грунтовых вод в реке Южный Буг (м<sup>3</sup>/год на метр длины реки) за период 1980–2016 гг. в створе г. Хмельника**

Повышение среднегодовой температуры является более влиятельным фактором, чем изменения количества осадков. За последние годы (2014–2018) УГВ снижаются даже при увеличении суммы годовых осадков. К примеру, в бассейне реки Днепр УГВ в четвертичных отложениях в 2017 г. в большинстве случаев продолжали снижаться (на 0,02–1,15 м), как и в предыдущие 2013–2016 гг., при том что сумма годовых осадков была больше нормы и больше такой в 2016 г. [4].

Изменения режима, баланса и ресурсов грунтовых вод на первых этапах потепления (до 2012 г.) практически повторяют изменения, происходящие под влиянием осушения на Полесье: при обычных температурах в 60–80-е гг. инфильтрационное питание грунтовых вод при снижении уровня заметно росло благодаря уменьшению испарения. Также возрастал и боковой отток в реки. Со временем осушение пойменных земель также приводило к обмелению малых рек.

Сохранение зафиксированной закономерности повышения температуры в зоне Полесья может привести к ее росту до 2025 г. на 1,2–1,9 °С. Это приведет к снижению УГВ до глубин, на которых они будут менее уязвимы к испарению. На Полесье это глубины более 1,7–2,0 м, в лесостепной зоне – 2,0–2,5 м (в зависимости от состава почв зоны аэрации).

По опыту изучения влияния осушения на режим грунтовых вод можно также предвидеть некоторое повышение минерализации грунтовых вод и изменение их химического класса от гидрокарбонатного к гидрокарбонатно-сульфатному. После осушения в торфяных почвах происходит уменьшение обменных форм Са и Mg, заметно меняется состав грунтовых и поверхностных вод.

При дальнейшем снижении уровней грунтовых вод и их ресурсов абсолютная величина подземного питания малых рек Полесья будет постепенно уменьшаться. Однако доля подземного питания в общем речном стоке в маловодные годы будет расти (по сравнению с маловодными годами предыдущего периода), что приведет к незначительному увеличению минерализации поверхностного стока.

**Выводы.** В изменениях режима и формировании ресурсов подземных вод в последние десятилетия просматриваются две фазы, связанные с глобальными изменениями климата. Первая отличалась заметным повышением УГВ и увеличением водных ресурсов (1988–2012 гг.) на фоне роста годовой суммы атмосферных осадков, вторая – снижением уровней и некоторым уменьшением общего водного стока при уменьшении суммы атмосферных осадков в отдельных регионах (с 2013 г. по наше время). Последнее десятилетие подземный и речной сток изменяются в противоположных направлениях, поскольку температура (до определенной величины) имеет на них разное влияние. То есть рост зимней и весенней температуры привел к увеличению стока грунтовых вод, однако к уменьшению речного стока (снижение паводкового стока не компенсируется увеличением меженного). На реках со значительным водосбором и глубоким эрозионным врезом расходы в маловодный период останутся устойчивыми за счет перехода к напорному питанию и притока с водосбора. С дальнейшим ростом температуры происходит значительная потеря влаги на испарение с грунтовых вод, уровни и емкостные запасы которых снижаются. Испарение возрастает за счет увеличения зональной критической глубины УГВ с 1,3–1,6 м до 1,7–2,0 м. Снижение УГВ на значительной территории, начавшееся с 2013–2014 гг., продолжается и при увеличении количества атмосферных осадков выше нормы (в отдельные годы). Увеличения среднегодового инфильтрационного питания уже не происходит.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка изменений климата и их влияние на природную среду и хозяйственную деятельность на территории Украинского Полесья / В. И. Лялько [и др.] // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. – Минск, 2016. – С. 390–393.

2. Авраменко, Н. М. Климатические изменения на Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства за период инструментальных наблюдений /

Н. М. Авраменко // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г. – Минск, 2016. – С. 318–322.

3. Изменения режима и подземного стока рек европейской территории России под влиянием нестационарного климата / Р. Г. Джамалов [и др.] // Ресурсы подземных вод. Современные проблемы изучения и использования : материалы междунар. науч. конф., Москва, 13–14 мая 2010 г. – М. : МГУ им. М. В. Ломоносова : МАКС Пресс, 2010. – С. 83–93.

4. Стан підземних вод України : щорічник. – Київ : ДНВП «ГЕОІНФОРМ України», 2018. – 122 с.

УДК 631.95+631.6

**Ю. А. МАЖАЙСКИЙ<sup>1</sup>, М. И. ГОЛУБЕНКО<sup>2</sup>, В. А. БИЛЕНКО<sup>3</sup>,  
Е. Н. РУДОМИН<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Рязань, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Мещерский филиал

<sup>2</sup>Россия, Владимир

<sup>3</sup>Россия, Рязань, Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета

E-mail: mail@mntc.pro; Bilenko-v@yandex.ru

### **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКОВ**

Разработка выполнена в рамках проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», являющегося частью Международной климатической инициативы (ИКИ), Рязанским институтом (филиалом) Московского политехнического университета и ООО «Международный научно-технический центр “НОРСТЭН”».

Каждый год, особенно в период летней засухи, поступает информация о пожарах в лесах и на торфяниках. Торфяные и лесные пожары наносят огромный, часто невосполнимый ущерб природно-экологическим и материальным ресурсам Российской Федерации. Особую опасность представляет состояние осушенных торфяников, в частности выработанных, заброшенных торфяных месторождений.

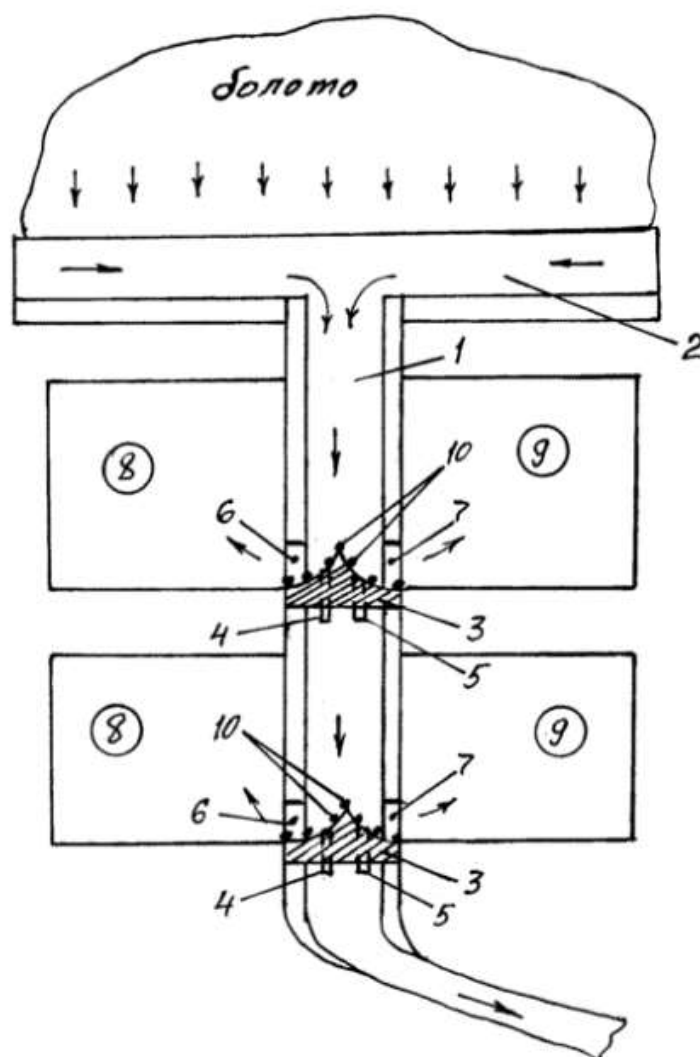
Ликвидацию массовых лесных и торфяных пожаров осложняет труднодоступность районов тушения и их удаленность от источников водоснабжения, невозможность привлечения автотранспорта для доставки воды. Эффективно решить эту проблему можно только путем предварительного обводнения выработанных торфяников до влажности, при которой торф не горит.

При изучении этой проблемы нами разработаны способы обводнения выработанных торфяников на уровне изобретений (патенты RU № 2640278, RU № 2628909, RU № 687820 и др.). Примером использования разработок явля-

ется проект по обводнению выработанного торфяного месторождения Владимирской области Большое Урсово, находящегося на водоразделе рек Клязьмы и Нерли, разработанный и внедренный в 2018 г. Принципиальное решение по обводнению выработанных торфяных месторождений принималось исходя из детального обоснования целесообразности проекта, поддержания необходимого качества природной среды и социально-экономического развития территории.

На рисунке приведена схема способа обводнения торфяных болот, преимущественно выработанных торфяников, по а. с. № 2687820, фрагменты которой использованы при реализации вышеприведенного проекта.

Схема обводнения выработанных торфяных болот включает существующий сбросной коллектор 1, отводящий воды местного стока, вытекающие из ближайших вышерасположенных болот в собирательный коллектор 2, сохранившийся после окончания торфоразработок.



**Рисунок – Способ обводнения торфяных болот, преимущественно выработанных торфяников, а. с. № 2687820**

Существующий сбросной коллектор 1 выполнен с высокими насыпными дамбами по направлению течения воды, осуществляет работу только прямой гидравлической связью, представляющей систему каскадного регулирования с перегораживающими плотинами 3. Плотина 3 выполнена в виде земляного вала из местного строительного материала поперек сбросного коллектора с отметкой гребня выше свода уложенных поверхностных трубчатых водовыпусков 4 и 5, которые, в свою очередь, расположены на 0,3 м выше отметки порога прокопов 6 и 7 в дамбах сбросного коллектора 1.

Прокопы выполнены для подачи воды в выработанные замкнутые торфяные карты 8 и 9 с существующими валиками обвалования вокруг. Затопление торфяных карт происходит во время весеннего половодья слоем воды, обеспечивающим увлажнение выработанных торфяников во время летней засухи.

Плотину 3 снабжают по периметру установкой кольев из свежесрубленных деревьев, например черенков березы 10, которые заглубляют в дно сбросного коллектора 1. Откос насыпной плотины 3 укрепляют от размыва плетеной кустарниковой растительностью, например хлыстами из растущего ивняка или ольхи, хлысты которых скрепляют с кольями между собой и образуют водонепроницаемый частокот. Откос плотины 3 представляет собой вид остроконечного вала в сторону верхнего бьефа с вогнутыми боковыми стенками, которые выполнены из кольев 10.

Свежие колья 10 выпускают в мокром грунте корни, развиваются как древесно-кустарниковая растительность и дополнительно укрепляют насыпной рыхлый верховой откос в течение всего времени эксплуатации сбросного коллектора 1 с сооружениями. Кроме того, после огибания остроконечного вала с вогнутыми боковыми стенками откоса плотины 3 поток воды приводится к закручиванию в разные стороны перед открытыми водосливными порогами прокопов 6 и 7, отбрасывая плавающие предметы и кустарники в стороны от прокопов и тем самым обеспечивая свободный переток воды в лагуны 8 и 9 в течение всего периода эксплуатации. В результате чего территория торфяных карт 8 и 9 с боковых сторон сбросного коллектора 1 претерпит изменения: поднимется уровень грунтовых вод; в аккумулирующих емкостях сбросного коллектора образуются запасы воды; при прохождении паводкового стока несколько они снизятся и сдвинутся по времени; в маловодные периоды на обводняемой территории будет исключена возможность утечек воды из сбросного коллектора практически полностью, а значит, будет иметь место запас воды для применения насосной перекачки и возможность подачи воды для тушения локальных пожаров.

Задача новых технических решений – повышение эффективности работы системы и сокращения капитальных и эксплуатационных затрат за счет использования местных строительных материалов, подъема уровня воды и ее распределения на выработанной площади торфяников и прилегающей к ним территории до отметок, существующих до начала торфоразработок.

Источником водного питания участков обводнения являются атмосферные, накопленные осадки в зимний период, осадки, выпадающие непосредственно

на площадь месторождения, и излишки, стекающие с поверхности прилегающей водосборной площади болот и лесов.

Обводненные торфяники могут служить Целям устойчивого развития региона и представлять новые экономические возможности населению:

- использование обводняемых участков под болотное растениеводство (выращивание биомассы болотных растений);

- организация на этой территории показательного участка, особо охраняемой природной территории с целью создания экологической площадки для проведения общероссийских мероприятий;

- использование восстановленных болот для охоты, сбора грибов и ягод;

- регулирование влажного режима обводняемых торфяников позволит обеспечить их пожарную безопасность.

На фото показан процесс строительства подпорного сооружения на сбросном коллекторе 1 при обводнении торфяного месторождения Владимирской области Большое Урсово.



**Фото строящегося подпорного сооружения при обводнении выработанного торфяного месторождения Большое Урсово Владимирской области**

Внедрение новых способов и устройств заболачивания выработанных торфяников приведет к значительному сокращению сроков строительства системы обводнения торфяника, даст возможность получить определенный экономический эффект и улучшить эколого-мелиоративную обстановку территории.



УДК 314:911.3

**К. К. КРАСОВСКИЙ, А. А. СИДОРОВИЧ**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: Kkk777@tyt.by; brestsid@gmail.com

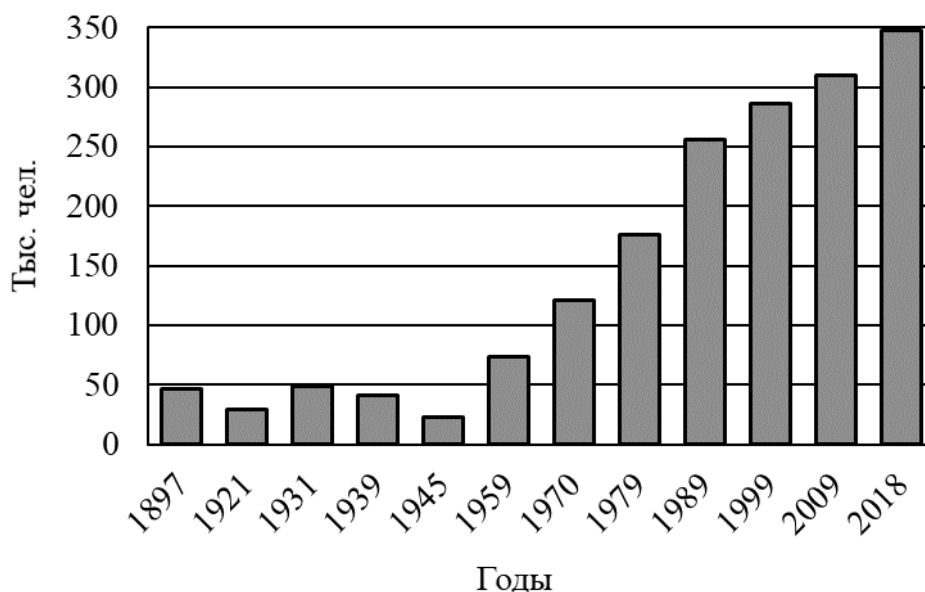
## **ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДА БРЕСТА**

Брест – крупный экономический, образовательный, научный и культурный центр Республики Беларусь. Город расположен в юго-западной части страны на границе с Польшей и является административным центром одноименных области и района. В административно-территориальном отношении представляет собой город областного подчинения, что по иерархическому статусу соответствует уровню района. Таким образом, город является одной из 19 административно-территориальных единиц области высшего порядка (16 районов и 3 города областного подчинения).

Демографическое развитие города происходило под влиянием сложного взаимодействия природных, исторических и социально-экономических факторов. На момент получения Магдебургского права (1390) число жителей в Бресте (Берестье) составляло всего около 5 тыс. человек. На протяжении XV–XVIII вв. рост демографического потенциала в городе был незначительным. В начале XIX ст. (1811) в городе проживало всего 3,6 тыс. жителей. Значительный импульс для своего развития город получил благодаря строительству фортификационного сооружения – крепости (1833–1842) и последующему размещению в ней военного гарнизона, что, однако, привело к уничтожению исторической части города. К 1861 г. людность города достигла 20,9 тыс. человек. Дополнительный импульс для развития Бреста дало завершение строительства железнодорожных веток, связавших Брест с Варшавой (1869), Москвой (1871), Киевом (1873) и Гомелем (1886). По данным первой классической переписи, в 1897 г. численность населения города выросла до 46,6 тыс. человек, а накануне Первой мировой войны составила 57,3 тыс. человек (в 1913 г.).

В 1921 г. численность населения Бреста, входившего на тот период в состав Польши, сократилась до 29,5 тыс. человек. Большой урон демографическому потенциалу города был нанесен не только мировой, но и гражданской войной, разразившейся после Октябрьской революции 1917 г., и последовавшей за ней советско-польской войной 1919–1920 гг. По итогам проводимой в Польше переписи населения 1931 г., в Бресте (Брест-над-Бугом) проживало 48,4 тыс. человек, однако до этого в 1929 г. в состав города были включены д. Шпановичи, Граевская и Киевская Слободы. Накануне Второй мировой войны число жителей города составляло 41,4 тыс. человек (в 1939 г.), после освобождения города в результате Люблинско-Брестской операции численность населения по состоянию на начало 1945 г. составила 22,9 тыс. человек. Благодаря стратегическому положению город интенсивно восстанавливался, и уже в 1946 г. Брест достиг довоенного уровня людности. В 1947 г. в городе насчитывалось 46,4 тыс. жителей.

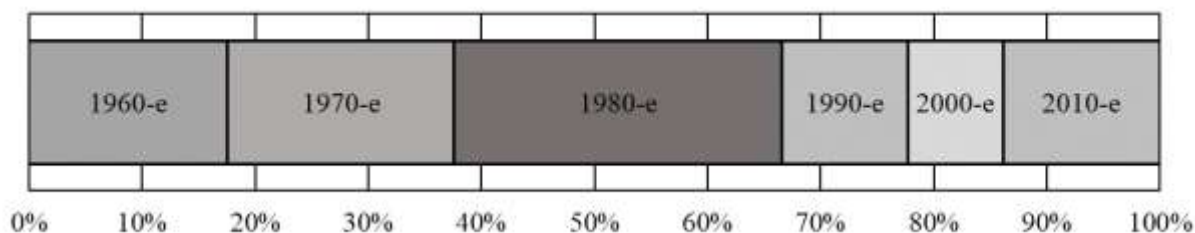
С момента первой послевоенной переписи 1959 г. численность населения Бреста выросла на 274 тыс. человек, или в 4,7 раза (рисунок 1). По данным текущей статистики на 1 января 2018 г. в Бресте проживало 347,6 тыс. человек, распределяясь между Московским и Ленинским районом в соотношении 69 % и 31 % соответственно. При этом Московский район растет более быстрыми темпами: в 1989 г. его доля в общей численности населения города составляла 61 %, а Ленинского соответственно 39 %.



**Рисунок 1 – Динамика численности населения г. Бреста за период 1897–2017 гг.**

Наиболее динамичный рост города происходил в 1960–1970 гг., когда ежегодно численность населения возрастала более чем на 4,0 %. В последующие десятилетия темпы прироста людности постепенно замедлялись: 3,8 % в 1980-х гг., 1,1 % в 1990-х гг., в 2000-х гг. – 0,7 %. В 2010-х гг. темпы роста несколько возросли, составив в среднем 1,3 %. Наибольший абсолютный прирост числа жителей пришелся на 1980-е гг., в течение которых город прирос на 79,4 тыс. человек, что составляет 29 % всего прироста с 1959 г. (рисунок 2). В этот период численность населения Бреста ежегодно увеличивалась на 7,9 тыс. человек, что сопоставимо с численностью населения такого районного центра Брестской области, как г. Каменец. В 2010-х гг. среднегодовой прирост составлял 4,1 тыс. человек.

Рост людности города происходил за счет трех источников: естественного прироста как разности между числом родившихся и числом умерших; миграционного прироста как результата превышения числа лиц, прибывших в город, над числом выбывших из города; административно-территориальных преобразований путем включения в состав города близлежащих населенных пунктов [1].



**Рисунок 2 – Структура прироста населения числа жителей г. Бреста за 1959–2017 гг. по десятилетиям**

На миграционный прирост и административно-территориальные преобразования в совокупности пришлось около 62 % общего прироста. За послевоенный период в состав Бреста было включено 30 пригородных сельских населенных пунктов. Первое территориальное расширение произошло 31 марта 1958 г. с включением в состав Бреста 9 населенных пунктов, затем 29 января 1968 г. в городскую черту вошло 7 деревень, в том числе Котельня-Подгородская и Вулька-Подгородская, которые после предыдущего расширения и включения в состав Бреста деревни Ковалево и поселка Южный оказались окруженными городской территорией. Затем 4 декабря 1979 г. в городскую черту были включены 3 деревни, а 1 июня 2007 г. к городу были присоединены еще 11 населенных пунктов (таблица).

Таблица – Перечень населенных пунктов, вошедших в состав Бреста в 1958–2007 гг.

Год расширения	Включенные населенные пункты
1958	Адамково, Березовка 1-я, Березовка 2-я, Ковалево, Лысая Гора, поселок Южный, поселок кирпичного завода № 22, поселок мясокомбината, Соя
1968	Березовка, Вулька-Подгородская, Гузни, Котельня-Подгородская, Крушина, Речица, Тришин
1979	Дубровка, Катинбор, Пугачево
2007	Аркадия, Бернады, Вычулки, Гершоны, Козловичи, Котельня-Боярская, Митьки, Мощенка, Новые Задворцы, Плоска и Старые Задворцы

Самые масштабные административно-территориальные преобразования были проведены в 2007 г., в результате которых площадь городской территории увеличилась на 55,9 км<sup>2</sup>, а численность населения включенных деревень составила около 8 тыс. человек. Включение в черту города селитебных территорий с малоэтажной застройкой привело к снижению средней плотности населения. По состоянию на начало 2018 г. по площади территории Брест (146,1 км<sup>2</sup>) уступал только г. Минску (348,0 км<sup>2</sup>), а по плотности населения занимает последнее место среди областных центров (2 379 чел/км<sup>2</sup> против 5 697 чел/км<sup>2</sup> в г. Минске).

Индустриальное развитие города, сопровождающееся созданием новых рабочих мест, стимулировало миграционный приток населения, в первую очередь трудоспособного возраста. В свою очередь формирование производственной базы требовало развития и социальной инфраструктуры, обеспечивая дополнительную потребность в трудовых ресурсах [2].

В 1960–1980-е гг. миграционный приток составлял 3–5 тыс. человек в год. В этот период были созданы такие крупные промышленные предприятия, как электромеханический завод, чулочный комбинат, ковровый комбинат, трикотажная фабрика, завод бытовой химии, комбинат строительных материалов и др. В 1990–2000-е гг. прирост населения города за счет мигрантов в среднем за год не превышал 1,5 тыс. человек, хотя в этот период благодаря созданию первой в Беларуси свободной экономической зоны «Брест» (1996) были образованы десятки успешных компаний (СП «Санта Бремор» ООО, ЗАО «Инволюкс», ООО «СТиМ», ИООО «Кондор», ИП «Инко-ФУД» ООО, унитарное предприятие «Гефест-техника» и др.). Однако их функционирование не столько обеспечивало приток дополнительных трудовых ресурсов, сколько компенсировало сокращение рабочих мест на предприятиях, созданных в советский период. В 2010-х гг. среднегодовой миграционный прирост составлял 2,6 тыс. человек.

Таким образом, демографическое развитие Бреста происходило как за счет естественного и миграционного движения населения, так и посредством территориального расширения путем включения в состав города пригородных сельских населенных пунктов. При этом за период 1959–2017 гг. рост численности населения города лишь на 1/3 обеспечен собственным демографическим потенциалом.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красовский, К. К. Особенности геодемографических процессов в Брестской области в начале XXI века / К. К. Красовский, А. А. Сидорович // Вучон. зап. Брэсц. ун-та. – 2010. – Вып. 6, ч. 2 : Прыродазнаўчыя навукі. – С. 141–148.
2. Сидорович, А. А. Пространственная структура миграционных потоков в Беларуси в начале XXI в. / А. А. Сидорович // Вес. БДПУ. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Геаграфія. Біялогія. – 2017. – № 3. – С. 38–46.

УДК 502.131.1, 330.366

**Л. Г. РУДЕНКО**

Украина, Киев, Институт географии НАН Украины  
E-mail: l.gr.rudenko@gmail.com

#### **ПРОБЛЕМЫ ОСОЗНАНИЯ ОБЩЕСТВОМ МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЫ РАЗВИТИЯ**

1. Не во всех государствах мира, в том числе и Европы, управленцами осознана необходимость перехода на новый вид хозяйствования и развития

стран и регионов. В его основе находится сбалансированность экономического, социального и экологического развития. Такой путь в Рио-де-Жанейро (1992) признан ведущим для развития общества в XXI в. Парадигма устойчивого развития (sustainable development) в 2015 г. уточнена Целями устойчивого развития до 2030 г. К сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на принятие стратегий устойчивого развития в странах Европы, в том числе и в Беларуси, в глобальном и региональном масштабах не удастся приостановить деградацию компонентов природной среды. Кроме того, значительно возросла угроза загрязнения Мирового океана.

2. Подтверждением загрязнения компонентов природы является второй отчет о паневропейском состоянии окружающей среды (Состояние окружающей среды в Европе: вторая оценка. Люксембург, 1998), выполненный Европейским агентством по проблеме окружающей среды. В отчете приведены результаты изменений, произошедшие в природной среде в Европе (включая и новые независимые государства) по сравнению с 1991 г., по 12 ключевым экологическим проблемам. К ним отнесены изменение климата, истощение стратосферного озонового слоя, закисление, тропосферный озон, химикаты, отходы, биоразнообразие, поверхностные (материковые) воды, морская и береговая среда, деградация почв, состояние городской среды, риски технологического и природного характера. Примечательно то, что в отчете приведены данные, характеризующие прогресс политики и состояния окружающей среды. Только по четырем позициям за эти годы отмечены позитивные изменения (закисление, химикаты, состояние городской среды и риски технологического и природного характера).

3. Нынешнее поколение людей не должно уничтожать ресурсы своего существования и ресурсы своих последователей или ухудшать их качество. Этот компромисс можно рассматривать и как компромисс между благами и изъятиями развития цивилизации, а также как определение границ между допустимым уровнем потребления, балансом между возможностями природы и общества, как определение балансов приоритетов относительно решения нынешних и отдаленных проблем развития человечества. Поэтому Порядок дня на XXI век (1992) отображает глобальный консенсус – принятие на наивысшем уровне политических обязательств сотрудничества по вопросам развития и окружающей среды.

Главным содержанием изменений, которые предстоит пройти человечеству, осуществляя коренные перестройки своих отношений с природой, изменяя принципы использования природных ресурсов, меняя принципы их распределения в процессе производства и перераспределения в процессе конечного потребления, разрабатывая новые моральные устои, которые должны определять и ограничивать размеры общего и индивидуального потребления ресурсов и благ природы, является переход к прогнозированию на долгосрочный период последствий своего прямого или опосредствованного влияния на природу. При этом необходимо осуществлять постоянные коррекции действия всех экономических и социальных планов, а также параметров своего развития с целью упреждения негативных последствий для природы, которые могут возникнуть и проявиться в краткой или долгосрочной перспективе.

4. Достижение сбалансированного развития стран и регионов требует осуществления системного поведения человека в природе. Следует понять, что парадигма устойчивого развития (УР) становится альтернативой господствующей модели развития, в основе которой природа рассматривается как источник сырья для производства разной продукции.

Переход к УР – это длительный процесс изменения ценностных ориентаций относительно жизненного ресурса всего человечества. Большинству людей присуща определенная фрагментация знаний относительно сложного объекта – биосферы. Это давно проявилось в школах разного типа, функционировании научных учреждений, в управленческой деятельности, политике и т. д., что и привело к пониманию полезности только отдельных составляющих биосферы. Усилия людей были (и сейчас тоже) направлены на использование ее ресурсов, а не на сохранение ее как главного условия существования человечества.

Зрелость общества и управленцев государств проявляется в понимании сущности вызовов и угроз, которые могут появиться и которых можно избежать или смягчить их последствия. Человек как биологический вид отличается от других видов и имеет уникальные способности относительно пополнения новым поколением людей культурного наследия (КН), которое формируется и накапливается. И этот процесс не приостановится, пока будет жить человек. Разновидностью КН являются различные технологии. И здесь появляется одна из коллизий, которая не осознана обществом. Если смена технологий в XX в. происходила на протяжении примерно 20 лет, то естественное изменение «биотической технологии» происходит на пять порядков медленнее (В. Г. Горшков, 1995). Понятным стало то, что такая разница в динамике развития привела к приостановке равномерного развития биосферы, к уничтожению биотической регуляции окружающей среды. Человечество столкнулось с проблемой, которую сегодня практически невозможно решить, – необходимостью согласовать быстрое развитие цивилизации соответствующему развитию биосферы с той же скоростью изменений. Выбор дальнейшего развития требует определения порогов допустимого влияния на биосферу. В. Г. Горшков считал, что допустимое антропогенное влияние на нее определяется средней плотностью населения. Она должна быть такой, как в период жизни собирателей растительной пищи и традиционных рыболовов. Понятно, что к такому периоду общество не вернется, разве что после ядерной катастрофы.

5. Процесс осознания человеком и обществом мировоззренческой парадигмы развития сложен и уже имеет свою историю. Часть общества и сейчас считает, что ресурсы планеты Земля не ограничивают наше развитие, а экологические возможности биосферы не исчерпаны. То есть забыты предостережения В. И. Вернадского, П. Тейлер де Шардена, Е. Леруа, участников Римского клуба и мн. др. Как будто в небытие уходят многие решения саммитов ООН, на которых в большинстве случаев присутствовали мировые лидеры.

Нельзя не вспомнить работы Римского клуба. Опубликовано около 40 докладов. Работа «Пределы роста» (1972) была опубликована на 35 языках. В ней были представлены убедительные доказательства приближения челове-

ства к своей катастрофе. В 2012 г. представитель Римского клуба Д. Медоуз в своем интервью заявил, что людям Земли осталось 20 лет, чтобы обеспечить себя от глобальных стрессов.

В 2018 г. опубликован новый доклад Римского клуба «Come On! Капитализм, кратковременность, население и разрушение планеты». Основным тезисом доклада является утверждение, что мир находится в опасности и его спасение зависит от *изменения мировоззрения*. В предисловии доклада его авторы акцентируют внимание на том, что пришло время *нового просвещения*, есть потребность переосмысливания действий, которые направлены только на краткосрочные перспективы, и если разрушительное влияние не будет приостановлено, то через 15 лет экономическая ситуация значительно ухудшится.

Доклад содержит три части. Первая (Прекратите и не говорите, что нынешние тенденции сбалансированы) раскрывает глубину нынешнего кризиса и тенденцию его обострения. Вторая (Прекратите! Не держитесь за старые философии) посвящена критике господствующего мировоззрения и изменению философии нового Просвещения. Третья (Давай. Присоединяйся к нам в увлекательном путешествии к сбалансированному миру) посвящена возможным практическим решениям. В докладе имеется много конкретных предложений с указанием того, что можно и нужно делать уже сегодня. В нем убедительно доказана необходимость, возможности и преимущества перехода государств мира на принципы устойчивого развития. Такой баланс необходим в отношениях человека и природы, между кратковременной и длительной перспективой, между скоростью и стабильностью, между индивидуальным и коллективным, между государством и религией.

6. С сожалением приходится констатировать, что в новых независимых государствах если и приняты Стратегии устойчивого развития, то нередко о них забывают. В Украине разработана Стратегия устойчивого развития до 2030 г. с учетом принятых в 2015 г. Целей устойчивого развития. Разработан также и детальный Национальный план ее реализации. Второй год Стратегия и Национальный план находятся на стадии утверждения в управленческих структурах Украины.

И снова, к сожалению, следует констатировать, что многие управленцы в новых независимых государствах не меняют свое поведение в реальных действиях по отношению к природе. Остается по-прежнему надеяться на усиление активности научного сообщества в формировании новой философии развития общества и на внедрение принципов устойчивого развития в планировочные работы и управленческий процесс.

**Секция 1****РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ**

УДК 551.24(476-13)

**Р. Е. АЙЗБЕРГ, Я. Г. ГРИБИК**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: chistaya.62@mail.ru; yaroslavgribik@tut.by

**ПРОБЛЕМЫ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ  
УГЛЕВОДОРОДОВ В НЕДРАХ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ  
ВПАДИНЫ**

Подляско-Брестская впадина контролирует одноименный осадочный бассейн, западная часть которого расположена на территории Польши, а восточная – в пределах Беларуси. Впадина имеет вид крупного структурного залива, центриклинально замыкающегося на территории Беларуси и раскрывающегося в сторону Польши. На западе впадина ограничена зоной глубинных разломов Тейссейра-Торнквиста (ТТ), которая определяет здесь границу Восточно-Европейской платформы. На севере Свислочский разлом отделяет рассматриваемую структуру от Белорусской антеклизы и ее Мазурской периклинали, на юге она отделена Северо-Ратновским разломом от Луковско-Ратновского горста. В указанных границах Подляско-Брестская впадина вытянута в субширотном направлении на 350 км при ширине от 90 до 130 км. Поверхность фундамента погружается с востока на запад от глубины 0,5 км (на территории Беларуси) до 9 км в зоне ТТ на территории Польши. Наиболее погруженные части Подляско-Брестской впадины, как и Балтийской синеклизы, расположены под надвигами нижнепалеозойских складчатых пород каледонид вдоль зоны ТТ. Надвиги имеют суммарную горизонтальную амплитуду не менее 10–30 км [1]. Платформенный чехол Подляско-Брестского осадочного бассейна включает образования верхнего протерозоя (рифей и венд), палеозоя, мезозоя и кайнозоя [2]. В соответствии с историко-геологическими и структурно-формационными факторами платформенный чехол впадины подразделен на готский, ниже- и верхнебайкальский, каледонский, герцинский и киммерийско-альпийский структурно-формационные комплексы. К настоящему времени в Подляско-Брестской впадине традиционные промышленные залежи углеводородов (УВ) не выявлены, хотя значительные нефтегазопроявления установлены в верхнепротерозойских, кембрийских и ордовикских отложениях. Возможные перспективы нетрадиционной (неконвенциональной) нефтегазоносности связываются с отложениями венда – нижнего кембрия (верхнебайкальский комплекс) и главным образом кембрием, ордовиком, силуром (каледонский комплекс) [3]. Весьма вероятно, что развитый вдоль зоны ТТ на протяжении 900 км Рюгенско-Поморский складчатый комплекс (флишоидная песчано-глинистая формация кембрия и сланцевая формация ордовика и силура) перекрывают нефтегенерирующие платформенные

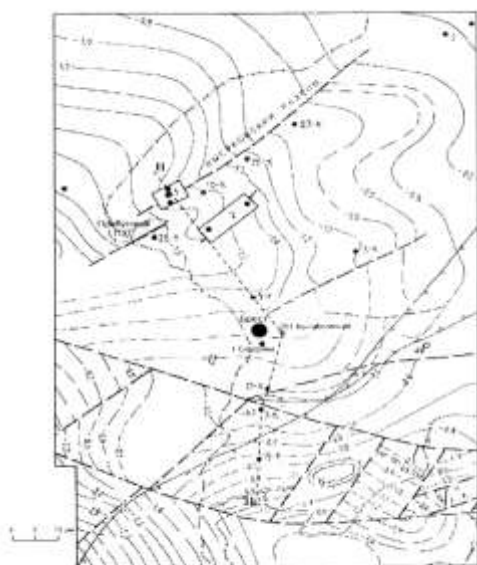


отложения. Именно здесь находятся наиболее нефтегазоперспективные площади Балтийского и Подляско-Брестского бассейнов [4]. В польской части последнего в разрезах нижнепалеозойских отложений ряда скважин отмечены нефтегазопроявления. В их числе следы нефти в кембрийских отложениях (скважина Zebraк JG-1), газопроявления с большим содержанием метана (скважина Pluszcz JG-1), нефть с пузырьками газа (скважина Okunew JG-1). По результатам буровых работ в разрезе кембрийских отложений выявлены поровые коллекторы, в ордовикских – трещинно-поровые. При поисковых работах на нетрадиционные источники углеводородов в период с 2011 г. выполнялись по инновационным американским технологиям тестовые исследования в польской части Подляско-Брестского бассейна. На трех участках в скважинах Stoczek OU1, Peclin OU1 и Cusow ORZ1 из нетрадиционного shale-reservoir (шелл-резервуара) силурийского возраста получен приток газа дебитом 10 300–14 130 куб. футов/сутки [3].

В пределах белорусской части Подляско-Брестского осадочного бассейна перспективы выявления традиционных залежей УВ невысокие, но проблемы поисков *нетрадиционных источников УВ* в отложениях кембрия, ордовика и силура остаются открытыми. Низкопроницаемые глинистые полуколлекторы типа «shale-reservoir» определены в пластах преимущественно аргиллитовой толщи кембрия (страдечская, величковичская и ставская свиты) и в глинисто-карбонатных отложениях силура. Такие полуколлекторы могут генерировать и аккумулировать УВ в неструктурных локальных ловушках или в более протяженных плечах «нетрадиционного типа». Известняки ордовика обычно трещиноватые и являются либо малоемкими традиционными коллекторами, либо крышкой, а чаще всего – полуколлекторами (ложной крышкой) типа «tight reservoir». Перекрывающие ордовик отложения силура представлены мощной толщей (300–500 м и более) глинистых и карбонатно-глинистых образований, которые включают пласты полуколлекторов. На примере Прибугской площади, где сооружено подземное хранилище газа, показаны особенности чередования нижнепалеозойских проницаемых и непроницаемых пластов. По данным ГИС, среди непроницаемых плотных карбонатных пород установлены трещиноватые проницаемые и низкопроницаемые прослои. Низкая степень изученности полуколлекторов в разрезах региона определяет необходимость выделения в качестве приоритетов геологоразведочных работ на нетрадиционные источники УВ только объекты зонально-поисковой оценки.

На основе результатов геохимических исследований рассеянного органического вещества (РОВ) и битумоидов нижнепалеозойских отложений белорусской части Подляско-Брестской впадины Е. Ф. Никуленко установлен двойной характер генезиса последних – как преимущественно эмиграционный, так и формировавшийся *in situ*. Определены особенности распределения фациально-генетических типов РОВ по конкретным разрезам скважин. По удельной *объемной* продуктивности нефтегазоматеринских пород в соответствии с классификацией ВНИГНИ отложения ордовика и силура Е. Ф. Никуленко отнесены к классу средних, хороших и богатых газоматеринских пород, указанный удельный показатель которых прогнозируется в пределах 110–800 тыс. т газообразных УВ. По удельной *площадной* продуктивности нефтегазоматеринских толщ масштабы

прогнозной генерации УВ в отложениях силура выше ордовикских и составляют до 12 тыс. т/км<sup>2</sup> применительно к жидким УВ и 10–48 тыс. т/км<sup>2</sup> – к газообразным. В отложениях ордовика эти показатели прогнозируются для жидких УВ до 5 тыс. т/км<sup>2</sup>, для газообразных – до 14 тыс. т/км<sup>2</sup>. Таким образом, прогнозируемые масштабы генерации УВ в низкопроницаемых (полуколлекторах) и непроницаемых породах силура в 2–3 раза выше, чем в отложениях кембрия и ордовика. Этот вывод соответствует результатам оценки польской территории Подляско-Брестской впадины, где наиболее перспективными для поисков нетрадиционных источников УВ являются силурийские отложения, содержащие максимальные концентрации органического вещества. Установленные нефтегазопрооявления и прогнозируемую возможность выявления нетрадиционных источников УВ в восточной части Подляско-Брестской впадины следует связывать как с миграцией углеводородсодержащих флюидов с западной части впадины (в том числе ее поднадвиговой зоны вдоль линии ТТ), так и продуцированной *in situ*. При этом вряд ли справедливо отрицательно оценивать перспективы поисков нетрадиционных источников УВ в восточной части впадины с пресноводностью кембро-силурийских отложений, т. к. известны десятки и сотни нефтегазовых месторождений в зонах активного водообмена [4; 5]. В пределах Подляско-Брестской впадины по результатам выполненного комплексного анализа, включающего геолого-геофизические, геохимические, лабораторные исследования, в настоящее время представляется обоснованным рекомендовать на средне- и дальнесрочный период геолого-разведочных работ изучение углеводородного потенциала на *двух тестовых локальных полигонах и региональное сейсмическое профилирование* по субмеридиональной трассе. Тестовые полигоны отработки технологий геологического изучения перспектив углеводородного потенциала располагаются на Высоковской и Кустинской площадях (рисунок).



**Рисунок – Схема распределения тестовых полигонов в Подляско-Брестской впадине в пределах Беларуси**

- 1 – тестовые полигоны отработки технологий геологического изучения перспектив углеводородного потенциала: 1 – Высоковский, 2 – Кустинский
- II – проектный региональный сейсмический профиль

**Рисунок – Схема распределения тестовых полигонов в Подляско-Брестской впадине в пределах Беларуси**

Определяющими выбор этих полигонов послужили следующие показатели:

- установленные проявления углеводородов в процессе выполнения геолого-разведочных работ (выпоты нефти в керне, запах керосина, газовый каротаж);
- геохимические показатели по оценке углеводородного потенциала керна по лабораторным термолитическим исследованиям;
- приуроченность участков к региональным тектоническим разломам.

Среди перечисленных выше показателей особое внимание уделяется на оценочной и поисковой стадиях фактам прямых признаков углеводородов в разрезе (газовый каротаж, проявление УВ в керне).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарецкий, Р. Г. Нефтегазообразование в краевых поднадвиговых зонах платформ / Р. Г. Гарецкий, Р. Е. Айзберг, А. В. Кудельский // Тектоника и нефтегазоносность поднадвиговых зон. – М. : Наука, 1990. – С. 196–207.
2. Зиновенко, Г. В. Подляско-Брестская впадина: строение, история развития и полезные ископаемые / Г. В. Зиновенко, Р. Г. Гарецкий. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 142 с.
3. Грибик, Я. Г. Потенциал нетрадиционных источников углеводородного сырья запада Восточно-Европейской платформы / Я. Г. Грибик, Р. Е. Айзберг. – Минск : Ин-т природопользования НАН Беларуси, 2017. – С. 120–125.
4. Кудельский, А. В. Нефтегазоносность осадочных бассейнов юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы / А. В. Кудельский, Р. Е. Айзберг // Литосфера. – 2018. – № 2. – С. 95–103.
5. Морозов, Л. И. Нефтегазоносность зоны распространения инфильтрационных вод / Л. И. Морозов. – М. : Наука, 1980. – 75 с.

УДК 551.243.8:550.83(476/477)

**М. В. БАНЬКОВСКИЙ, И. С. ПОТАПЧУК, А. М. ГЕЙХМАН**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: bmv@igs-nas.org.ua; mishbank@gmail.com

#### **ОТОБРАЖЕНИЕ ЮЖНО-ПРИПЯТСКОГО КРАЕВОГО РАЗЛОМА В ГЛУБИННОЙ СТРУКТУРЕ ЛИТОСФЕРЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВОЛНОВЫХ ПРОДОЛЖЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

Согласно сейсмогеологической модели земной коры, основанной на данных сейсмических исследований методами ГСЗ-ОГТ (Гарецкий, Клушин, 1987), Припятский палеорифт сформировался в результате растяжения и раскалывания земной коры при подъеме астеносферного диапира. Южное плечо Припятского прогиба от Украинского щита ограничивает Южно-Припятский краевой разлом с падением плоскостей сбрасывателей в сторону Припятского грабена. Как известно, Волынская кольцевая структура (ВКС) территориально южной своей частью размещена на северо-западе Украинского щита (УЩ), занимая большую часть его Волынского геоблока. Северная половина расположена в пределах Припятского прогиба. Примерно в центральной части ВКС находятся города Коростень и Овруч Житомирской области Украины. Северная часть структуры расположена в Гомельской области Республики Беларусь.

По данным А. С. Балужева и С. В. Нечаева, в структуре докембрийского кристаллического фундамента ВКС почти полностью контролирует площадь распространения протерозойских образований: Волынскую область палеопротерозойской складчатости, Осницкую палеорифтогенную зону, Коростенский плутон субплатформенных гранитов рапакиви и габро-анартозитов, Овруцкую и Белокоровичскую наложенные грабен-синклинали неопротерозоя.

Центральную часть ВКС слагает Коростенский плутон, представляющий собой сложный магматический комплекс: он имеет субизометрическую в плане форму общей площадью свыше 12 000 км<sup>2</sup>. По мнению Ю. П. Оровецкого [1], генетической основой ВКС является Волынский мантийный диапир.

Целью наших исследований является изучение основных особенностей глубинной структуры литосферы в пределах Южно-Припятского краевого разлома. Для этого впервые используются данные волнового продолжения потенциальных полей методом геофизической голографии.

В настоящее время при поисках различных месторождений полезных ископаемых наиболее информативными методами, применяемыми для изучения глубинного строения литосферы, являются не только трудоемкие сейсмические методы [2; 3], но и потенциальные методы, которые в последние десятилетия достигли существенного прогресса. В последние четверть века авторами предложенной работы развивается подход [4], получивший условное название метода квазиэкстремумов квадратичного функционала (МКЭКФ) или геофизической голографии (по аналогии с сейсмической голографией) [5]. В предложенном в [4] подходе в качестве математической модели, порождающей итерационный процесс, берется дифференциальное уравнение, которое описывает продолжение волнового поля в области пространственных частот. Эта идея была модернизирована и реализована нами в МКЭКФ.

Суть квазиволнового (голографического) метода заключается в том, что некорректная задача аналитического продолжения потенциальных полей в нижнее полупространство осуществляется посредством итерационного процесса, построенного на использовании некоторой трансформанты волнового уравнения (например, хорошо известного сейсмикам 15-градусного уравнения Клаербоута) для виртуального времени. Изменение виртуального времени используется для итерационного решения задачи Дирихле. По латеральным переменным используется разложение в двумерный спектр при помощи преобразования Фурье. Для продолжения в нижнее полупространство используется конечно-разностный оператор, устойчивость которого доказана с помощью математического аппарата Самарского. Как показали испытания на моделях, такой подход дает более устойчивые результаты продолжения по сравнению с другими методами продолжения потенциальных полей. Спектрально-разностные алгоритмы настраиваются на геологическую ситуацию путем подбора параметров продолжения, наиболее важными из которых являются шаг дискретизации по глубине, число гармоник, по которым производится суммирование при быстром преобразовании Фурье, а также максимально допустимое число итераций по квазивременной переменной. Физический смысл остальных параметров не столь очевиден, и они играют роль параметров регуляризации.

Предложенная методика реализована для обработки площадных гравиметрических наблюдений и адаптирована для обработки других потенциальных полей.

В качестве входных данных использованы материалы из открытых баз данных [6; 7] для гравитационного и магнитного полей, а также из других литературных источников. Для продолжения гравитационного и магнитного полей использованы аномалии Буге и аномалии магнитного поля на высоте 5 км (взято из [6; 7]) и подобраны параметры продолжения в нижнее полупространство новым методом. Результаты продолжения представлены на рисунке на с. 54.

На полученные профили нанесены глубины кристаллического фундамента, подошва гранитного слоя (по С. С. Красовскому), сейсмической границы Мохо и кровли астеносферы (2 варианта, в том числе и по данным тепловых полей), которые позаимствованы из различных литературных источников. Поскольку гравитационное и магнитное поля мелкомасштабные, шаг дискретизации большой. Но, несмотря на это, разрезы наглядно отображают основные черты глубинного строения и в основном подтверждают сейсмические построения.

Материалы исследований неоднозначны, но лишний раз наглядно демонстрируют, что различные интерпретаторы брали за основу ту или иную волну со своей скоростью, что подтверждают соответствующие гравитационные и магнитные разрезы. В то же время магнитные разрезы подтверждают идею автора, что магнитное поле формируют все массы горных пород, что не противоречит эфирной природе гравитационного и магнитного полей.

Исходя из полученного материала, можно предположить, что часть массы астеносферы была израсходована для формирования масс верхней мантии и Коростенского плутона. В то же время более мощный подъем астеносферы предопределил погружение границы Мохо и кристаллического фундамента в Припятском прогибе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оровецкий, Ю. П. Мантийный диапиризм / Ю. П. Оровецкий. – Киев : Наук. думка, 1990. – 172 с.
2. Возможности и перспективы применения несейсмических методов для поисков скоплений углеводородов и геосолитонная концепция их образования / В. М. Мегеря [и др.] // Геофиз. журн. – 2012. – Т. 34, № 3. – С. 4–21.
3. Клаербоут, Д. Ф. Сейсмическое изображение недр / Д. Ф. Клаербоут ; пер. с англ. В. Н. Лисина. – М. : Недра, 1989. – 407 с.
4. Сигалов, Я. Б. К решению задач аналитического продолжения потенциальных полей / Я. Б. Сигалов, М. И. Андрашко. – Киев, 1985. – 32 с. – Деп. в УкрНИИНТИ 27.03.1985, № 623 УК-85Д.
5. Баньковський, М. В. Методика врахування мас проміжного шару в моделях нормального гравітаційного поля Землі та її комплексне застосування (на прикладі Карпатського регіону) : автореф. дис. ... канд. геол. наук : 04.00.22 / М. В. Баньковський. – Київ : ІГ НАН України, 2010. – 20 с.
6. Bonvalot, S. World Gravity Map / S. Bonvalot, G. Balmino, A. Brais. – Paris : Bureau Gravimetrique International, 2012.
7. National Geophysical Data Center candidate for the World Digital Magnetic Anomaly Map / S. Maus [et al.] // Geochemistry Geophysics Geosystems. – 2007. – № 80 (6).

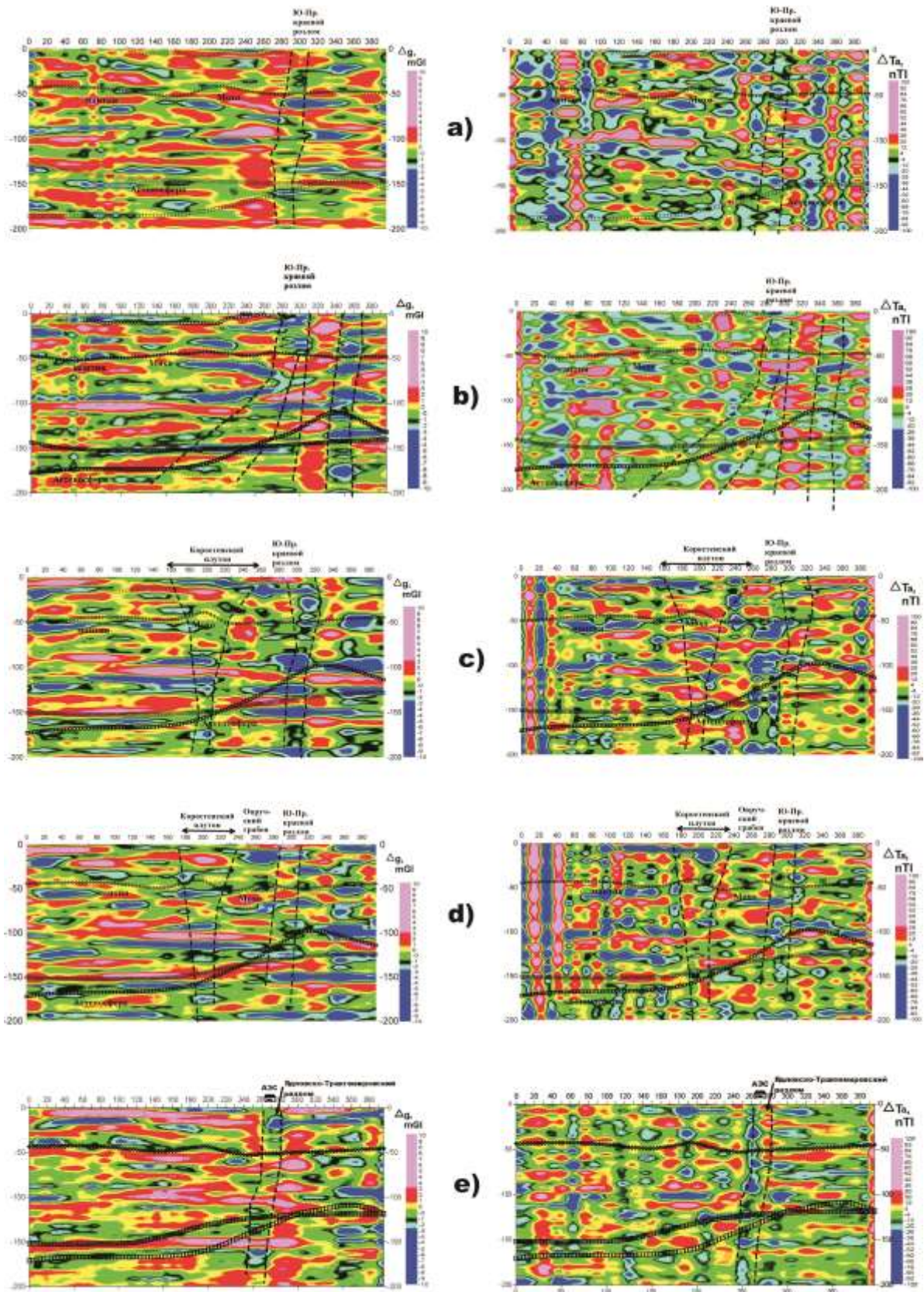


Рисунок 1 - гравитационные и магнитные разрезы по субмеридиональным профилям:  
 а) - профиля 18 по 27 градусу; б) - профиля 36 по 28 градусу; в) - профиля по 54 по 29 градусу; д) - профиля 61 по 29.39 градусу; е) - профиля через АЭС

УДК 556.3:639.331.5(476.7)

**М. А. БОГДАСАРОВ<sup>1</sup>, О. И. ГРЯДУНОВА<sup>1</sup>, Е. А. КУХАРИК<sup>2</sup>,  
Б. И. ЛЕТКО<sup>3</sup>, К. Г. ПРУСАК<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

<sup>3</sup>Украина, Харьков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко

E-mail: bogdasarov73@mail.ru; gryadunova@mail.ru; shzhk@mail.ru

### **ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

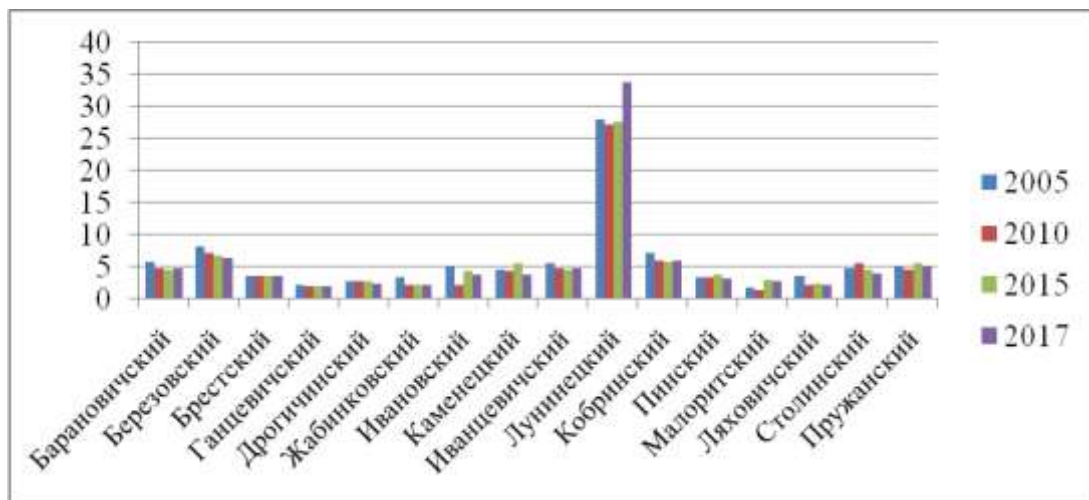
Территория Брестской области приурочена к Припятскому, Брестскому и Волынскому гидрогеологическим бассейнам и Полесскому гидрогеологическому району, которые соответствуют крупным тектоническим структурам – Подляско-Брестской впадине, Полесской седловине, Луковско-Ратновскому горсту и Припятскому прогибу [1]. Мощность слоя пресных вод на территории Брестской области колеблется от 250–350 до 800–1 000 м. Естественные ресурсы пресных подземных вод, доступных для использования, составляют 4 339 тыс. м<sup>3</sup>/сут [2]. По химическому составу воды в основном гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.

Брестский гидрогеологический бассейн приурочен к территории Подляско-Брестской впадины, которая находится на юго-западе Беларуси и заходит на территорию Польши наиболее погруженной своей частью. В разрезе Брестского гидрогеологического бассейна выделяются две разнородные гидродинамические системы – верхняя и нижняя. Верхняя система охватывает водоносные горизонты и комплексы четвертичных, палеоген-неогеновых, верхнемеловых, альбских и верхнеюрских отложений и выделяется интенсивным водообменом, тесными связями с поверхностным стоком и повсеместным развитием пресных вод. Нижняя глинисто-мергельная толща ордовика и силура, а также слабообводненные глинисто-карбонатные образования верхней перми и триаса являются региональным водупором, который отделяет верхнюю гидродинамическую систему от нижней. Нижняя гидродинамическая система характеризуется относительно медленным водообменом, в ней присутствуют солоноватые хлоридные натриевые воды, которые в основном рассматриваются как продукт разбавления первичных седиментационных вод. С осадочными образованиями Подляско-Брестской впадины практически повсеместно связаны подземные пресные, реже солоноватые воды [3; 4].

Припятский гидрогеологический бассейн занимает восточную часть территории Брестской области и приурочен к Припятскому прогибу. В разрезе Припятского гидрогеологического бассейна выделяются водоносные горизонты и комплексы кристаллического фундамента и верхнепротерозойских отложений, подсолевых девонских, межсолевых, внутрисолевых пород верхней соленосной толщи, надсолевых девонских отложений, с вышележащими отложениями

связаны водоносные горизонты и комплексы карбона, перми, триаса, юры, мела, неоген-палеогеновых и четвертичных образований. В гидрогеохимическом разрезе Припятского прогиба пресные воды распространены в 250–300-метровой толще четвертичных, неоген-палеогеновых, меловых и верхнеюрских отложений. С глубиной минерализация возрастает, достигая 453 г/дм<sup>3</sup> и более [3; 4].

Анализ динамики добычи вод из подземных источников на территории административных районов Брестской области показал, что в большинстве районов региона объем изъятия подземных вод уменьшился (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Добыча (изъятие) воды из подземных горизонтов в разрезе административных районов Брестской области, млн м<sup>3</sup> [5]**

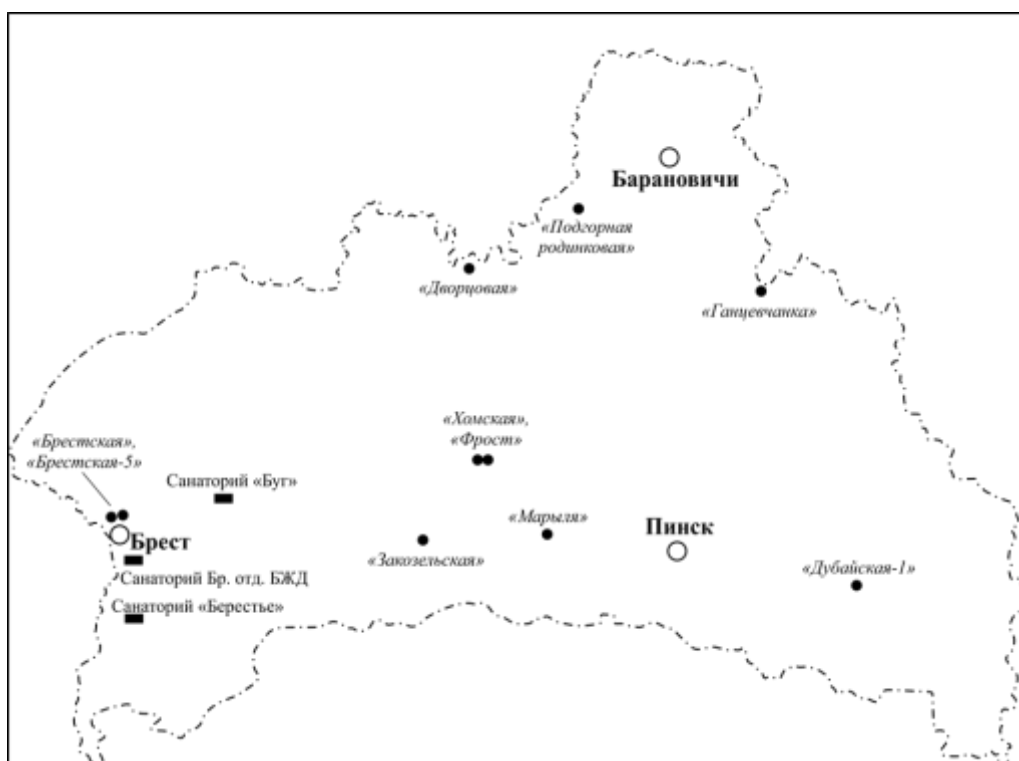
Так, уменьшение объемов добычи вод из подземных горизонтов в 2017 г. по сравнению с 2005 г. на 10 % и менее наблюдается в Брестском (1,1 %), Ганцевичском (6,8 %), Жабинковском (5,2 %), Пинском (7,3 %) и Пружанском (4,7 %) районах. Объем добычи подземных вод уменьшился на 10–20 % в Барановичском (18,9 %), Дрогичинском (11,1 %), Каменецком (16,6 %), Ивацевичском (15,6 %), Кобринском (15,1 %), Ляховичском (13,8 %) и Столинском (15,1 %) районах. Уменьшение добычи подземных вод на 20 % и более наблюдается в Ивановском районе (20,3 %). Противоположные данные были получены для территории Лунинецкого и Малоритского районов. В Лунинецком районе по сравнению со всеми остальными административными районами Брестской области изъятие подземных вод увеличилось на 20,7 %, а также в этом районе добывается наибольший объем вод из подземной гидросферы (в 2017 г. – 33,8 млн м<sup>3</sup>). На территории Малоритского района рост добычи подземных вод составил 58,5 %, что является максимумом среди всех районов Брестской области.

Минеральные воды, разведанные на территории Брестской области, нашли применение в лечебно-оздоровительных целях в санаториях и профилакториях. Крупнейшими оздоровительными центрами региона являются санаторий «Буг», санаторий «Берестье» и санаторий-профилакторий Брестского отделения Белорусской железной дороги. В каждом из этих учреждений минеральные воды



используются при комплексном лечении заболеваний органов дыхания, хронических заболеваний желудка, системы кровообращения и др.

На территории Брестской области существует несколько заводов по промышленному розливу минеральных вод. Выпускаемые торговые марки минеральных вод – «Брестская», «Брестская-5», «Фрост», «Хомская», «Марыля», «Ганцевчанка», «Закозельская», «Дубайская-1», «Дворцовая» и др. (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Санаторно-курортное использование минеральных вод и промышленный розлив столовых и лечебно-столовых вод в Брестской области [6; 7]**

Получают воды из верхнепротерозойского водоносного комплекса, глубина залегания которого варьирует от 200 до 600 м. Максимальная глубина залегания минеральных вод марок «Брестская» и «Брестская-5» составляет 1 280 м. Данные воды применяются для профилактики и лечения хронических заболеваний печени, мочевыводящих путей, гастрита и т. д.

Острой проблемой при добыче и использовании подземных вод на территории Брестской области становится загрязнение недр. Загрязнение подземных вод происходит в основном в результате хозяйственной деятельности человека и в меньшей степени от природных факторов. Основными источниками поступления загрязняющих веществ являются промышленные стоки, животноводческие комплексы, несоблюдение санитарных норм в пределах водозаборов, неправильное хранение минеральных удобрений и ядохимикатов и т. д. Впоследствии загрязняющие вещества проникают в подземную гидросферу и ухудшают

качество пресных вод, используемых для водоснабжения населения. На территории Брестской области проводится комплекс мероприятий, препятствующих проникновению вредных веществ в подземные воды, а также осуществляется контроль за санитарно-гигиеническим и техническим состоянием водозаборов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудельский, А. В. Подземные воды Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич, М. Г. Ясовеев. – Минск : Ин-т геол. наук НАНБ, 1998. – 260 с.
2. Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ / П. З. Хомич [и др.] ; редкол.: П. З. Хомич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
3. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.] ; под ред. А. С. Махнача, Р. Г. Гарецкого, А. В. Матвеева. – Минск : Ин-т геол. наук НАНБ, 2001. – 814 с.
4. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 271 с.
5. Государственный водный кадастр. Информационная система [Электронный ресурс] / РУП «ЦНИИКИВР». – Режим доступа: <http://178.172.161.32:8081>. – Дата доступа: 05.05.2019.
6. Кудельский, А. В. Гидрогеология и минеральные воды Беларуси / А. В. Кудельский. – Минск : Беларус. навука, 2017. – 285 с.
7. Кудельский, А. В. Минеральные воды Беларуси / А. В. Кудельский, М. Г. Ясовеев ; под ред. В. М. Шимановича. – Минск : Ин-т геол. наук НАНБ, 1994. – 280 с.

УДК 551.351

**Е. С. БУБНОВА<sup>1</sup>, В. В. СИВКОВ<sup>2</sup>, Т. Е. ВЛАСОВА<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Калининград, Балтийский федеральный университет имени И. Канта

<sup>2</sup>Россия, Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН

E-mail: [bubnova.kat@gmail.com](mailto:bubnova.kat@gmail.com); [vlasova-345@mail.ru](mailto:vlasova-345@mail.ru)

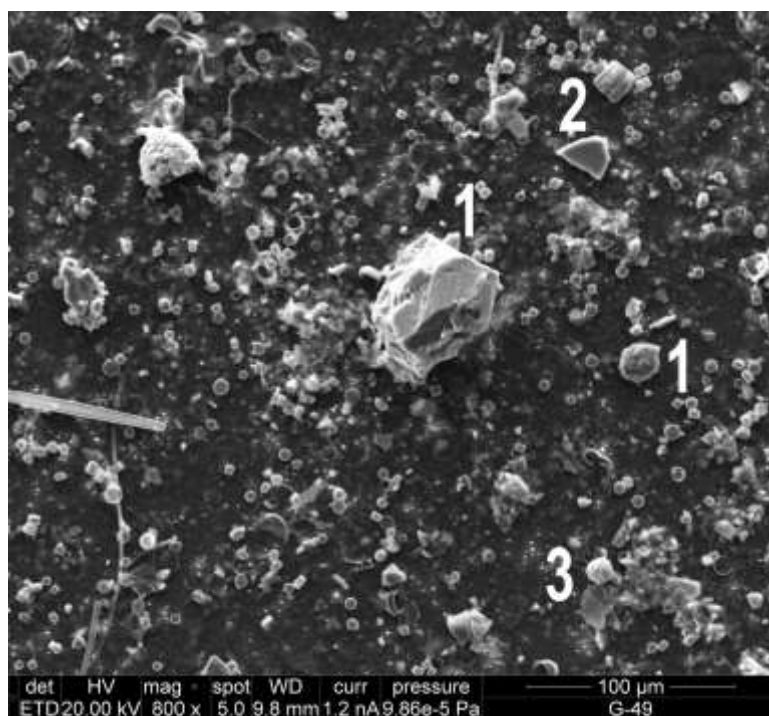
#### **ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВЗВЕСИ ВДОЛЬ СЕВЕРНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Северное побережье Калининградского полуострова и Куршской косы, разделенной между Россией и Литвой, представляет собой пример комплексной береговой зоны, включающей участки абразии, транспорта и разгрузки осадочного материала. Куршская коса является трансграничным объектом всемирного наследия UNESCO, что делает ее береговую зону особенно важной с точки зрения потенциального переноса загрязнения. Взвешенное вещество может служить загрязнителем само по себе и, кроме того, являться переносчиком загрязняющих веществ вследствие адсорбции на поверхности частиц. Сканирующая электронная микроскопия позволяет рассмотреть взвешенное вещество не с точки зрения общего элементного состава, а с позиции отдельных частиц минерального, биогенного и смешанного происхождения.

Пробы взвешенного вещества в береговой зоне Калининградского полуострова и российской части Куршской косы были отобраны в июле 2017 г.

методом принудительной фильтрации морской воды через фильтры из ядерного полотна с диаметром пор 0,4 мкм. Для изучения вещественного состава взвеси применялся электронный сканирующий микроскоп Quanta Fei 250.

Среди минеральных зерен, находящихся во взвешенном состоянии, чаще всего обнаруживались зерна кварца, полевых шпатов (ортоклаз и альбит) и глинистых минералов (иллит, смектит, монтмориллонит). Кроме того, были зафиксированы единичные частицы гедрита, гётита, доломита, амфибола, кальция и пирита (рисунок 1). Наибольшее количество минеральных зерен было обнаружено в пробах, полученных в береговой зоне Калининградского полуострова, который является подтвержденным источником абразионного материала в береговую зону моря. Размеры частиц достигают 50 мкм, что не является исключительным для береговой зоны моря, где интенсивно идет ветроволновое перемешивание. Определить тип минеральной частицы по текстуре и структуре не представлялось возможным, поэтому определение осуществлялось по данным микронда. Пробы взвешенного вещества, отобранные в точках мониторинга у побережья Куршской косы, часто содержали большее количество железа.

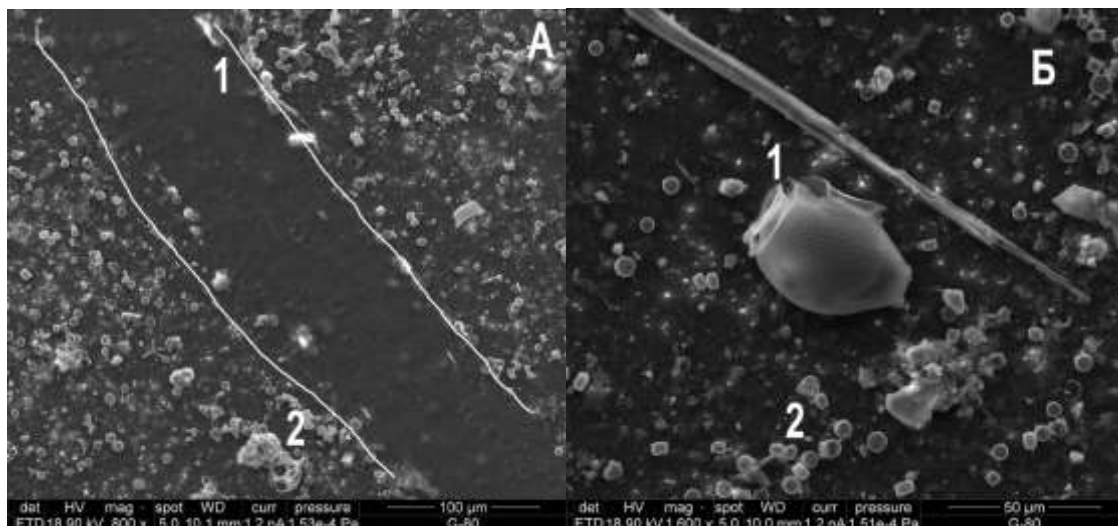


**Рисунок 1 – Проба взвешенного вещества придонного слоя в районе Калининградского полуострова:**

1 – кварц, 2 – кальцит, 3 – фрамбоид пирита

Пробы взвеси, отобранные в июле, находятся под влиянием летнего максимума, вызванного развитием теплолюбивых сине-зеленых водорослей (*Nodularia spumigena*, *Aphanizomenon* sp. и др.) (рисунок 2А) [1; 2]. Тем не менее на всех точках мониторинга в пробах присутствуют как целые, как и обломоч-

ные диатомовые водоросли и динофлагелляты (рисунок 2Б), пик цветения которых приходится на апрель – май [3]. Видовую принадлежность организмов при отборе проб методом принудительной фильтрации с последующей сушкой определить не представляется возможным, только групповую принадлежность.



**Рисунок 2 – Проба взвешенного вещества поверхностного слоя ТМ 5 (корневая часть Куршской косы):**

А. 1 – колония сине-зеленых бактерий, 2 – осколок диатомовой водоросли.

Б. 1 – динофитовая водоросль, 2 – диатомовые водоросли

В пробах встречались как единичные минеральные зерна и микроорганизмы, так и различные агрегаты смешанного состава. В частности, были найдены пеллеты копепод в переносе взвеси от поверхности в глубинные слои. Интересной особенностью многих проб было наличие динофитовых водорослей (динофлагеллят), обросших минеральными частицами (рисунок 3) полевых шпатов (ортотлаза), амфиболов, кальцита и глинистых минералов с большим содержанием железа. Среди динофлагеллят существуют виды, создающие себе известковый скелет [4], в то время как создание скелета из других минералов было обнаружено впервые. Таким образом, данный феномен может иллюстрировать один из механизмов ускоренной седиментации минеральных зерен.

У побережья Куршской косы уменьшилось количество минеральных зерен и минеральных агрегатов, однако в их составе стало больше глинистых минералов с высоким содержанием железа, в связи с чем точная идентификация частиц оказалась затруднена. Источником дополнительного железа в пробах взвеси могут служить как природные (размыв ожелезненных гидроокислами железа слоев палеогенового песчаника – «земли Кранта»), так и антропогенные источники (судоходство, берегозащитные мероприятия, строительство в береговой зоне). Необходимо отметить, что при промышленной добыче янтаря ожелезненные песчаники разрушаются и сбрасываются в море, что может служить дополнительным источником железа во взвеси.



**Рисунок 3 – Проба взвешенного вещества поверхностного слоя ТМ 3  
(г. Светлогорск):**

- 1 – скопление частиц кварца и ортоклаза на скелете динофлагелляты, 2 – пеллета планктонных ракообразных, 3 – диатомовая водоросль, 4 – частица ортоклаза, 5 – скопление диатомовых водорослей

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-35-00656.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kahru, M. Satellite measurements of cyanobacterial bloom frequency in the Baltic Sea: interannual and spatial variability / M. Kahru, O. P. Savchuk, R. Elmgren // Marine ecology progress series. – 2007. – Vol. 343. – P. 15–23.
2. Евтушенко, Н. В. Использование данных спутникового сканера MODIS-Aqua для исследования циклов цветения фитопланктона в Балтийском море / Н. В. Евтушенко, С. В. Шеберстов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13, № 3. – С. 114–124.
3. Spatial phytoplankton pattern in the Baltic Sea. Coastline Reports / R. Thamm [et. all.] // Baltic Sea Typology. – 2004. – Vol. 4. – P. 85–109.
4. Hildebrand-Habel, T. New calcareous dinoflagellates (Calciodinelloideae) from the Middle Coniacian to Upper Santonian chalks of Lägerdorf (northern Germany) / T. Hildebrand-Habel, H. Willems // Journal of Micropalaeontology. – 2014. – Vol. 23. – P. 181–190.

УДК 549.514.81:548.734.3(477.4)

**А. Е. ГРЕЧАНОВСКИЙ, Е. Е. ГРЕЧАНОВСКАЯ**

Украина, Киев, Институт геохимии, минералогии и рудообразования  
имени Н. П. Семеновко НАН Украины  
E-mail: grechanovsky@gmail.com

**МЕТАМИКТНОСТЬ ЦИРКОНОВ ЯСТРЕБЕЦКОГО  
РУДОПРОЯВЛЕНИЯ И АЗОВСКОГО Zr-REE-МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(УКРАИНСКИЙ ЩИТ) ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОВСКОГО  
АНАЛИЗА**

Циркон ( $ZrSiO_4$ ) – широко распространенный природный акцессорный минерал магматических, метаморфических и осадочных пород, который является концентратором изоморфных примесей Hf, HREE и Y, радиоактивных U, Th и радиогенного Pb. Благодаря Pb циркон (Zrn) наиболее часто используется в изотопном датировании.

При  $\alpha$ -распаде радиоактивных примесей (изотопов U и Th) в результате радиационного облучения минерала происходит разупорядочение его структуры до ее аморфизации (метамиктизации) [1] и последующей реструктуризации под действием вторичных постмагматических процессов при участии водных флюидов [2–4].

Исследованию цирконов посвящено множество публикаций, однако все еще остаются нерешенными вопросы, связанные с механизмом вхождения элементов-примесей и разработкой критериев сохранения U-Th-Pb-системы.

На Украинском щите значительные концентрации Zrn установлены в редкометальных рудах Азовского Zr-REE-месторождения и Ястребецкого Zrn-рудопроявления, обогащенных Zr, REE и Y [5; 6], которые генетически относятся к дифференцированным слоистым интрузиям сиенитов, похожих по минеральному составу. Для них характерна как ритмическая, так и скрытая слоистость [6].

**Образцы и методы исследований.** Методом рентгеновского анализа исследованы Zrn из биотитовых и гастингсит-ферроэденит-биотитовых среднекрупнозернистых до пегматоидных сиенитов (скважина 23<sup>с</sup>, гл. 603,7–673,5 м) и биотит-гастингсовых сиенитов (скважина 23<sup>с</sup>, гл. 814,8–1382,5 м) главной расслоенной серии Ястребецкого Zrn-рудопроявления (коллекция С. Г. Кривдика).

На Азовском Zr-REE-месторождении исследованы более 50 образцов Zrn из меланократовых полевошпат-гастингситовых и пегматоидных гастингситовых сиенитов (коллекция В. С. Мельникова), и только 8 образцов из них оказались частично метамиктными. Степень кристалличности Zrn рассчитана с использованием программы Fityk [7].

Рентгеновский дифракционный анализ Zrn проведен на автоматическом дифрактометре ДРОН-3М, на медном излучении ( $Cu_{K\alpha} = 1,54178 \text{ \AA}$ ) в интервале углов  $16\text{--}38^\circ 2\theta$ , с пошаговым сканированием  $0,05 \text{ град./сек}$ .

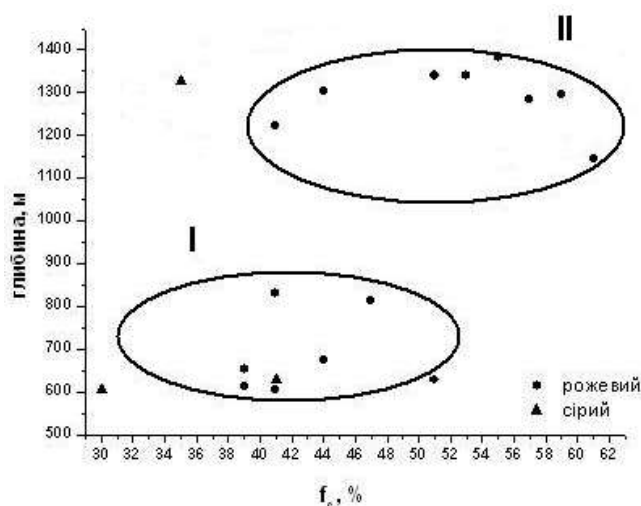
Расчет степени кристалличности ( $f_c$ ) Zrn получен по формуле

$$f_c = \frac{I_{cryst}}{I_{cryst} + I_{am}}$$

где  $f_c$  – степень кристалличности,  $I_{cryst}$  – интегральная интенсивность брэгговских рефлексов,  $I_{am}$  – интегральная интенсивность диффузного рассеивания. Для расчета величин  $I_{cryst}$  и  $I_{am}$  были проведены разделения «сложных» рефлексов на рентгенограммах с использованием программы Fityk [7].

Электронно-зондовый микроанализ четырех образцов Zrn из Ястребецкого Zrn-рудопоявления осуществлен на рентгеновском микроанализаторе JXA-733 (JEOL, Japan) с ускоряющим напряжением 20 kV, током 20 mA и диаметром зонда 1 мкм.

**Результаты исследований.** Расчет  $f_c$  Zrn из биотитовых и гастингсит-ферроэденит-биотитовых сиенитов главной расслоенной серии Ястребецкого Zrn-рудопоявления показал значительную вариацию значений  $f_c$  верхней (гл. 600–900 м, поле I) и нижней (гл. 1 000–1 500 м, поле II) частей разреза месторождения (рисунок).



**Рисунок – Диаграмма зависимости  $f_c$  от глубины залегания сиенитовых пород:**

I – поле для сильно метамиктных цирконов с  $f_c = 30–50$  %,

II – поле для слабометамиктных цирконов с  $f_c = 42–60$  %

Для серых разновидностей Zrn значение  $f_c$  низкое и не превышает 30–35 % в отличие от розовых.

Для отдельных образцов азовских Zrn наблюдается очень низкое значение  $f_c$ , которое не превышает 22–33 %. В целом для азовских Zrn характерны высокие значения  $f_c$ . Их особенностью по сравнению с ястребецкими является микрогетерогенность, что связано с присутствием в нем микровключений кварца. Наиболее вероятно он находится в микротрещинах или нанопорах и имеет вторичное происхождение [8].

По данным электронно-зондового микроанализа ястребецких Zrn они содержат изоморфные примеси Hf, P, Ca, Fe, Y, LREE, HREE, а также распределенные неравномерно радиоактивные элементы U и Th. Спектр редких земель в Zrn существенно иттриевый.

Следует отметить повышенное содержание U и Th в образцах 1 (гл. 1285 м) и 3 (гл. 830 м), а соотношение  $\text{Th}/\text{U} = 0,74\text{--}1,17$  в образце 1 и  $2,61\text{--}3,58$  в образце 2 (гл. 836 м) указывает на их магматическое происхождение [9]. В пределах зерна количество U и Th варьирует. На глубине 836,7 м (образцы 2, 3) изоморфные примеси U и Th в Zrn отсутствуют. Образцы 3, 4 (гл. 830 и 1008,2 м) гетерогенны. Они содержат измененные участки с примесями Ca и Fe. Вероятно, они образовались в заключительной стадии формирования рудопроявления, когда возросла роль флюидов, обогащенных Y и REE [9].

Комплексное исследование метамиктности образцов Zrn из биотитовых и гастингсит-ферроэденит-биотитовых средне-крупнозернистых до пегматоидных сиенитов и биотит-гастингситовых сиенитов главной расслоенной серии Ястребецкого Zrn-рудопроявления и состава элементов-примесей в их структуре методами рентгеновского анализа и электронно-зондового микроанализа показало, что по степени кристалличности и по условиям образования их можно разделить на две группы. Первая группа представлена полуметамиктными гетерогенными Zrn с  $f_c = 30\text{--}50\%$ , которые содержат измененные участки и, вероятно, образовались в заключительной стадии рудопроявления. Ко второй группе относятся слабometамиктные гомогенные магматические Zrn с  $f_c = 42\text{--}60\%$  и соотношением  $\text{Th}/\text{U}$ , которое варьирует в пределах  $0,74\text{--}1,17$ .

Исследования цирконов из Азовского Zr-REE-месторождения показало, что лишь незначительное их количество находится в полуметамиктном состоянии с очень низкой  $f_c$ , не превышающей  $22\text{--}33\%$ . Особенностью азовских Zrn сравнительно с ястребецкими является их микрогетерогенность, что связано с присутствием в них микровключений кварца. Наиболее вероятно его нахождение в микротрещинах или нанопорах и вторичное происхождение.

Авторы искренне признательны доктору геолого-минералогических наук, профессору С. Г. Кривдику за предоставленную коллекцию образцов циркона из Ястребецкого Zrn-рудопроявления.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Metamictisation of natural zircon: accumulation versus thermal annealing of radioactivity-induced damage / L. Nasdala [et. all.] // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2001. – Vol. 141. – P. 25–144.
2. Geisler, T. Re-equilibration of Zircon in Aqueous Fluids and Melts / T. Geisler, U. Schaltegger, F. Tomaschek // Elements. – 2007. – Vol. 3, № 1. – P. 43–50.
3. Ewing, R. C. Radiation effects in zircon / R. C. Ewing, W. J. Weber, L. R. Corrales // Zircon. Reviews in Mineralogy and Geochemistry / eds. J. M. Hanchar, P. W. O. Hoskin. – Washington : The Mineralogical Society of America, 2003. – Vol. 53. – P. 387–425.
4. Kinetics of thermal recovery and recrystallization of partially metamict zircon: a Raman spectroscopic study / T. Geisler [et. all.] // European Journal of Mineralogy. – 2001. – Vol. 13. – P. 1163–1176.
5. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации) / под ред. А. Н. Пономаренко, А. В. Анциферова. – Донецк : Ноулидж, 2012. – 374 с.



6. Кривдик, С. Г. Петрология щелочных пород Украинского щита / С. Г. Кривдик, В. И. Ткачук. – Киев : Наук. думка, 1990. – 408 с.
7. Wojdyr, M. Fityk: a general-purpose peak fitting program / M. Wojdyr // J. Appl. Cryst. – 2010. – Vol. 43. – P. 1126–1128.
8. Дипірамідальні макрокристали циркону із лужних порід Приазов'я / В. М. Ква-сниця [та ін.] // Мінерал. журн. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 9–23.
9. Новые данные о геохимии циркона и возрасте (U-Pb, SHRIMP II) Ястребецкого Zr-REE-Y месторождения (Украинский щит) / Е. В. Левашова [и др. ] // Геохимия. – 2015. – № 6. – С. 568–576.

УДК 550.836

**В. И. ЗУЙ<sup>1</sup>, Я. Г. ГРИБИК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Минск, Белорусский государственный университет

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: zui@bsu.by; yaroslavgribik@tut.by

## **ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

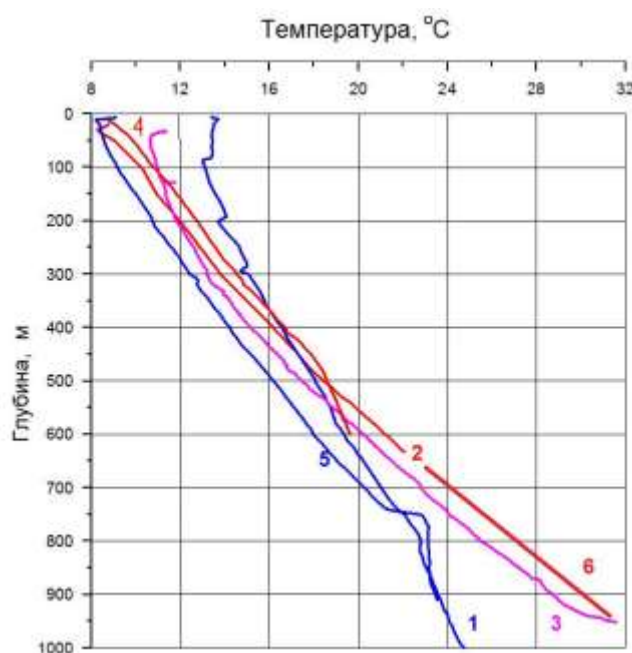
Идея использования подземного тепла недр Беларуси не нова, она неоднократно высказывалась в отдельных публикациях по геотермической тематике, появившихся начиная с конца 50-х гг. прошлого столетия.

Теплые воды даже с невысокими температурами могут рассматриваться как имеющие практическое значение для обогрева различных объектов, например при использовании тепловых насосов. В отдельных странах использование термальных вод для отопления практикуется в течение нескольких десятков лет.

Подземные воды Брестской впадины имеют низкую минерализацию даже на глубинах, превышающих 1 000 м. По ряду горизонтов это практически пресные воды (общая минерализация до 1 г/л) либо слабоминерализованные. При общем погружении кристаллического фундамента впадины с востока на запад можно сделать заключение о том, что пресные либо низкоминерализованные воды распространены в западной части Брестской области до значительных глубин, иногда превышающих 1 000 м, что является благоприятным фактором для практического использования здесь геотермальной энергии.

В западной части Подляско-Брестской впадины зарегистрированы термограммы в ряде скважин различного назначения. Расположение пробуренных скважин весьма неравномерное, однако они позволяют оценить как площадное распределение температуры на разных глубинах, так и плотность теплового потока. Наиболее глубокими изученными скважинами с зарегистрированными термограммами являются Вычулковская 201 на территории парниково-тепличного комбината «Берестье», Скверики 1 – на противоположной от тепличного комбината стороне реки Мухавец в пределах одноименного урочища в южной части Бреста, скважина Кустинская опорная, скважина № 91-з/10 в районе Комаровки и скважины Прибугского подземного хранилища газа.

Чтобы выявить особенности распределения температуры в глубоких горизонтах южной части Брестского района, сопоставим термограммы по ряду скважин этого региона, представленные на рисунке. Их регистрация выполнена в разные годы. Наиболее глубокая из рассмотренных скважин – Вычулковская 201. Регистрация термограммы в ней выполнена в процессе бурения дважды при недостаточной выдержке скважины перед началом измерений. Первая термограмма зарегистрирована после более продолжительной выдержки скважины при промежуточном забое около 900 м, а вторая термограмма получена при малой выстойке скважины после достижения проектной глубины 1 525 м. Этой скважиной был вскрыт кристаллический фундамент.



**Рисунок – Термограммы скважин южной части Брестского района:**

- 1 – производственная термограмма скважины Вычулковская 201 (до глубины 1 000 м) при ее малой выстойке, 2 – термограмма скважины № 91-з/10 (Комаровка), 3 – производственная термограмма скважины № 91-з/10 (зарегистрирована геофизической экспедицией РУП «Белгеология»), 4 – термограмма скважины № 4 санатория «Берестье» (Белое озеро), 5 – производственная термограмма скважины Вычулковская 201 при промежуточном забое 900 м и недостаточной выдержке скважины в покое, 6 – интерполяция термограммы скважины № 91-з/10 в нижней части геологического разреза

С ростом глубины температура горных пород и насыщающих их подземных вод возрастает. На глубине 200 м в скважине Клейники 16 температура составляет 13,17 °С. Она близка к этому значению в скважине Брест 19 (12,98 °С). В Бульково снижается до 11,57 °С. Для сравнения отметим, что в районе Ганцевич температура 13 °С достигается на глубине только 400 м. В Минске ей уже соответствует глубина около 550 м, а в Столбцах и Несвиже – порядка 800-880 м. Для более глубоких горизонтов температура в районе Бреста еще

выше и превосходит 30 °С на поверхности фундамента, а в скважине Скверики 1 уже на глубине 900 м достигает 25,5 °С (измерения на поверхности фундамента здесь не выполнялись). Температура в скважине Клейники 16 измерена до глубины 236 м, где она равна 14,04 °С. В скважине Брест 19 это значение достигается на глубине 275 м. В скважине № 91-з/10 (Комаровка) она составляет 12,4 °С.

Термограмма скважины № 91-з/10 (Комаровка) до глубины 500 м сопоставима с термограммой скважины № 4 санатория «Берестье» (кривая 4). Сводная же термограмма скважины № 91-з/10 (кривая 3) показывает на сопоставимых глубинах до 1–1,5 °С температуру ниже, чем термограмма (кривая 2), зарегистрированная после восстановления теплового равновесия в скважине, нарушенного бурением. Кривая 6 представляет собой экстраполяцию кривой 2 в интервале глубины, который не удалось пройти термометром без промывки скважины. Параллельный ход кривых и близкие значения температуры на сопоставимых глубинах по скважинам № 91-з/10 (Комаровка) и скважине № 4 санатория «Берестье» свидетельствуют о достижении теплового равновесия в первой из них перед измерениями (начало апреля 2011 г.).

Максимальные значения температуры в платформенном чехле около 35–40 °С наблюдаются севернее Бреста в треугольнике между населенными пунктами Брест – Видомля – Каменец [1].

В скважине Комаровка № 91-з/10 Брестского района кристаллический фундамент не вскрыт, также не вскрыта и подошва отложений кембрийского возраста. При выполнении пробной откачки с глубины более 916 м получена минеральная вода с минерализацией около 3,8 г/л и температурой около 30 °С, что является благоприятным фактором для практического использования здесь подземного тепла для нужд ОАО «Комаровка». Здесь минерализация еще не достигает тех больших значений, которые требовали бы дополнительных технологических решений для извлечения подземного тепла.

Результаты расчетов показывают, что извлекаемая плотность геотермальных ресурсов, если учитывать только вскрытую бурением часть кембрийских отложений в скважине в Комаровке, равную 41 м, составляет 65,2 кг у.т./м<sup>2</sup>. Если же предположить, что мощность песчаников кембрия составляет 100 м, тогда извлекаемая плотность геотермальных ресурсов увеличивается до 159 кг у.т./м<sup>2</sup>. Сравнение со скважинами Скверики (южный пригород Бреста) и Вычулковская 201 (восточная окраина Бреста) показало, что эти значения оказались ниже (276 и 213,3 кг у.т./м<sup>2</sup> соответственно). Однако мощность продуктивной толщи там больше – 401 и 290 м соответственно.

По данным изучения геотермического поля региона следует отметить, что перспективным районом для первоочередного использования подземного тепла является Подляско-Брестская впадина, и прежде всего ее территория, прилегающая к г. Бресту [2]. Ресурсы подземного тепла относятся к низкоэнталийным и могут быть рекомендованы для отопления зданий и сооружений в рассматриваемой части Брестской области, обогрева теплиц, использования теплой воды для полива растений, что уже выполняется на ПТК «Берестье», и других технологических нужд, а также для горячего водоснабжения и отопления вспо-

могательных сооружений. В частности, в ОАО «Комаровка» теплая пресная вода может быть использована при создании тепличного хозяйства. Освоение подземного тепла в рассматриваемом регионе практически повсеместно может быть осуществлено посредством создания геотермальных установок на базе тепловых насосов. Эта практика уже нашла применение в республике, где действуют первые сотни теплонасосных геотермальных установок.

На базе теплых подземных вод могут быть созданы круглогодично действующий плавательный бассейн под открытым небом, а также незамерзающий пруд для ускоренного разведения рыбы. Одновременно отметим, что источников подземного пара в платформенном чехле на западе Брестской области, пригодных для производства «геотермальной» электрической энергии, в пределах рассматриваемой территории на сравнительно небольших глубинах не выявлено, поскольку максимальная температура здесь на поверхности кристаллического фундамента заключена лишь в интервале 38–42 °С.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zui, V. Geothermal Energy Potential Estimates in Belarus / V. Zui, Ya. Gribik // Rola energii geotermalnej w zrównoważonym rozwoju regionów Mazowieckiego i Łódzkiego : Międzynar. seminarium, Osuchów, 4–6 października 2000 r. – Kraków, 2000.

2. Геотермический атлас Беларуси / под ред. В. И. Зуя. – Минск : Нац. б-ка Беларуси, 2018. – 89 с.

УДК 56.016.1:551.72](477.8)

#### **Е. В. ИВАНЧЕНКО**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: gusin@rambler.ru

#### **МИКРОФОССИЛИИ ВЕРХНЕВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОЛЫНИ (УКРАИНА)**

Вендские отложения распространены на всей территории Волыни. Они залегают на породах полесской серии рифея, а где те отсутствуют – непосредственно на кристаллическом фундаменте, образуя моноклираль северо-западного простирания, наклонно падающую на юго-запад и запад.

В работе выполнен микропалеофитологический анализ образцов пород, отобранных из скважин, расположенных на трансграничной территории, вскрывших верхневендские отложения: 5822, 5850, 8135, 8139, 8143, 8145, 8252, 8258, 8264, 8268. Во всех свитах найдены микрофоссилии.

Вендские отложения имеют разную стратиграфическую полноту, фациальный характер и мощности в зависимости от строения фундамента.

Верхневендские отложения делятся на две серии – могилев-подольскую и каниловскую. В первой различают чарторийскую, розничскую и колковскую свиты, во второй – нижне- и верхнеканиловские толщи.

Чарторыйская свита делится на две подсвиты. Нижнечарторыйская под-свита сложена своеобразной буровато-коричневой пачкой разнозернистых осадочных пород с существенной примесью переотложенного пеплового материала. Мощность подсвиты непостоянная от 28 до 51 м.

Верхнечарторыйская подсвита – это тонкое переслаивание темно-серых слюдистых аргиллитов, преобладающих в разрезе, светло-серых слюдистых алевролитов и розовато-серых разнозернистых песчаников. Мощность отложенный изменяется от 31 до 40 м.

Чарторыйская свита содержит *Leiosphaeridia crassa*, *L. laminarita*, *L. Minutissima*, *L. obsuleta*, *Stictosphaeridium sinapticuliferum*, *Spumosina rubiginosa*, *Leiotrichoides typicus*, *Leiotrichoides* sp. Кроме определенных форм, характерно наличие большого количества обугленного детрита и черных *Leiosphaeridia* sp.

Отложения розничской свиты с размывом залегают на породах чарторыйской. В наиболее полных разрезах отложения имеют выразительное ритмичное строение с грубыми терригенными породами в основании и глинистыми в верхней части. В подошве свиты залегают гравелиты, конгломераты, крупнозернистые песчаники пятнистой неоднородной буровато-желтой окраски. Выше залегают пачка темно-коричневых вулканомиктовых глинистых слюдистых алевролитов и мелкозернистых песчаников. Завершает разрез свиты монотонная пачка вишнево-коричневых слюдистых алевролитов и аргиллитов. Мощность розничской свиты изменяется от 17 до 48 м.

Розничская свита содержит *Chuararia circularis*, *Leiosphaeridia crassa*, *L. jacutica*, *L. laminarita*, *L. minutissima*, *L. obsuleta*, *Stictosphaeridium sinapticuliferum*, *Spumosina rubiginosa*, *Symplassosphaeridium* sp., *Pterospermopsimorpha insolita*, *Botuobia* sp., *Circumiella mogilevica*, *Leiotrichoides typicus*, *Leiotrichoides* sp., *Obruchevella valdaica*, *Palaeolyngbya lata*, *Polytrichoides lineatus*, *Taenitrichoides jaryshevicus*.

Колковская свита построена ритмично. В наиболее полных разрезах насчитывается до трех песчано-глинистых ритмов. В основании каждого ритма залегают песчаники и алевролиты, переходящие вверх по разрезу в алевро-аргиллитовые породы. Мощность свиты – 30–60 м.

Свита вмещает *Chuararia circularis*, *Leiosphaeridia atava*, *L. crassa*, *L. laminarita*, *L. minutissima*, *L. obsuleta*, *L. tenuissima*, *Podoliella irregulare*, *Pterospermopsimorpha insolita*, *P. pileiformis*, *Pterospermopsimorpha* sp., *Stictosphaeridium sinapticuliferum*, *Navifusa majensis*, *Spumosina rubiginosa*, *Synsphaeridium Eisenack*, *Leiotrichoides typicus*, *Leiotrichoides* sp., *Taenitrichoides jaryshevicus*.

Каниловская серия представлена циклично построенными толщами, состоит из нижне- и верхнеканиловских толщ. Первые из них – это песчаники серые разнозернистые с прослоями алевролитов и аргиллитов. Их мощность достигает 40 м. Вторые – это тончайшее чередование зеленовато-серых аргиллитов, алевролитов и песчаников. Мощность до 140 м. Серия трансгрессивно перекрывается отложениями нижнего кембрия.

Для каниловской серии характерны *Chuararia circularis*, *Leiosphaeridia atava*, *L. crassa*, *L. exsculpta*, *L. jacutica*, *L. laminarita*, *L. minutissima*, *L. obsuleta*,

*L. tenuissima*, *L. ternata*, *Podoliella irregulare*, *Pterospermopsimorpha insolita*, *Spumosina rubiginosa*, *Stictosphaeridium sinapticuliferum*, *Synsphaeridium* Eisenack, *Botuobia wernadskii*, *Eomycetopsis* sp., *Leiotrichoides typicus*, *Leiotrichoides* sp., *Navifusa majensis*, *Oscillatoriopsis* sp., *Pomoria rhomboidalis*, *Taenitrichoides jaryshevicus*, *Cochleatina canilovica*, *Cochleatina rara* и *Vendotaenia antiqua*.

В верхнем венде Украины предложено выделять два региояруса – новоднестровский и ушицкий [2].

Новоднестровский горизонт содержит разнообразный микрофитопланктон и макроводоросли. В комплексе микрофоссилий [1; 3] преобладают нитчатые и коккоидные формы родов *Botuobia*, *Leiotrichoides*, *Palaeolynghya*, *Taenitrichoides*, *Obruchevella*, *Leiosphaeridia*, *Spumozina*, *Stictosphaeridium*. Макрофлора характеризуется родами *Eoholynia*, *Chuarina* [4].

Границу между новоднестровским и ушицким региоярусами предлагается проводить не по кровле, а по подошве нагорянской (колковской) свиты из-за подобия комплексов микрофоссилий [1–3].

Для ушицкого горизонта обычным является комплекс микрофоссилий [1; 3], представленный родами *Botuobia*, *Leiotrichoides*, *Pomoria*, *Taenitrichoides*, *Siphonophycus*, *Leiosphaeridia*, *Podoliella*, *Spumozina*, *Stictosphaeridium*, причем акритархи в основном имеют большой размер. Для верхов горизонта характерны спиральные нити рода *Cochleatina*. Вендотениды распространены по всему горизонту, это роды *Vendotaenia*, *Fusosquamula*, *Kanilovia* [4].

Результаты микропалеоботанических исследований позволили получить более полную и детальную палеонтологическую характеристику разреза, что даст возможность проводить межрегиональные корреляционные сопоставления и выяснить палеогеографические условия накопления верхневендских толщ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асеева, Е. А. Микрофоссилии в верхнем докембрии / Е. А. Асеева // Биостратиграфия и палеогеографические реконструкции докембрия Украины / В. А. Рябенко [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1988. – С. 93–102.
2. Великанов, В. Я. Проблемні питання і задачі подальших досліджень венду України / В. Я. Великанов, В. Г. Мельничук // Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України : у 2 т. / гол. ред. П. Ф. Гожик. – Київ : ІГН НАН України : Логос, 2013. – Т. 1 : Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України. – С. 143–145.
3. Иванченко, Е. В. Систематический состав микрофоссилий вендских отложений Волыни и их стратиграфическое значение / Е. В. Иванченко // Новости палеонтологии и стратиграфии : прил. к журн. «Геология и геофизика». – 2008. – Вып. 10–11. – С. 119–121.
4. Ищенко, А. А. К характеристике вендской водорослевой флоры Приднестровья / А. А. Ищенко // Стратиграфия и формации докембрия Украины : сб. науч. тр. – Киев : Наук. думка, 1983. – С. 181–206.

УДК 55.74

**И. А. КАРЛОВИЧ**

Россия, Владимир, ВГУ имени А. Г. и Н. Г. Столетовых

E-mail: ia-karlovich@yandex.ru

## **К ВОПРОСУ О ТЕКТОНИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**

Предлагается новый подход к тектонике осадочного чехла в неоген-четвертичное время применительно к Владимирскому региону и прилежащему к нему с востока Нижегородскому региону, рассматриваемых как единое геологическое образование. Ранее считалось, что в этих регионах осадочный чехол Русской плиты представляет устойчивое и целостное образование. Появившиеся в печати новые результаты замеров направлений подвижек в осадочном чехле выявили множество тектонических напряжений северо-восточного простирания, которые обязывают предположить общее направление движений осадочного чехла платформы в неоген-четвертичное время в восточном направлении [2].

Целостное восприятие осадочного чехла нисколько не отменяется. Более того, движению в северо-восточном направлении подвержен практически весь осадочный чехол, а возможно и фундамент, но с некоторыми местными особенностями [1]. К таким особенностям относятся следующие:

- Наличие Окско-Цнинского вала, осложняющего верхнекарбонные образования в ядре (в рельефе это высоты 140–190 м), углы падения пород на валу разные – на восточном крыле всего 2°, а на западном более 17° и уходящие на глубину до 400 м под Владимирско-Шиловский прогиб. Здесь прогибание компенсируется в основном мезозойскими образованиями. Предполагаем, что из-за резкого поднятия восточного крыла Окско-Цнинского вала произошел размыв мезозойских и палеоген-неогеновых отложений, или они вообще здесь не отлагались. В то время как на западном склоне вала скрыт разрез мезозойских образований [1]. На восточном крыле обнажаются пермские карбонатные образования, которые прослеживаются в сторону Нижегородского региона и далее на восток, вплоть до Предуральяского прогиба. Здесь эти (пермские) образования слагают Коврово-Касимовское плато. Начинается вал на границе между Ивановским и Владимирским регионами, далее протягивается на юг по меридиану и затухает на территории Воронежского региона.

- Присутствие в регионе двух отрицательных тектонических структур в форме правильных пентагонов – на юго-востоке Мещерской низменности, а на северо-востоке Балахнинской низины (низменности) с раскрытостью на восток (в рельефе это всего 80–120 м). По площади они крупные: Мещерская низменность занимает часть Владимирского, Московского и Рязанского регионов; Балахнинская низина (низменность) располагается большей частью в Ивановском регионе, менее во Владимирском и заканчивается в Нижегородском.

Из изложенного материала следует вывод о том, что на современное строение осадочного чехла Владимирско-Нижегородского региона в определенной

мере оказали влияние мобилистские подвижки платформы [3] и давления со стороны герцинского Урала и отделившегося от Гондваны Аравийского полуострова [7].

В то же время опущенные блоки Мещерской и Балахнинской низменностей (низин) объясняются значительным прогибанием территории в четвертичное время. Это довольно яркие тектонические явления в осадочном чехле платформы [1]. Их прогибание достигло максимума в настоящее время – 4 мм/год [6]. Тектоника Мещерского блока осложняется Касимовским горстом на юго-востоке, а на востоке Окско-Цнинским валом. Время формирования Окско-Цнинского вала – доплиоцен, предположительно ранне- или позднемиоценовый возраст [3; 8]. Причем некоторые тектонические нарушения в чехле платформы в этих регионах ориентированы почти параллельно руслам рек Клязьмы и Оки, что позволило сделать вывод о прохождении этих рек по нарушениям [1; 4; 5]. Следовательно, механизм образования Окско-Цнинского вала – подвижки северо-восточные субширотного простирания и инверсия древнего авлакогена преимущественно неоген-четвертичного времени [3].

Касимовский горст несколько моложе Окско-Цнинского вала (позднемиоцен – четвертичный). Есть предположение, что возник он благодаря субширотному растяжению [1–5], которое проявляется и в настоящее время во всем Окско-Донском прогибе. В таком случае Колпинский сброс выступает в качестве бортового уступа, обращенного в пониженную часть – к Московской синеклизе с утонченной земной корой. Следовательно, растяжения в зоне Окско-Цнинского вала произошли в плейстоцен-четвертичное время. В это же время сформировались сопряженные с валом субмеридиональные сбросы Касимовского горста. Отсюда обобщающий вывод: зона растяжения Мещерской впадины, Балахнинской низины и Окско-Цнинского вала – это тектоническое проявление, свойственное не только Владимирскому региону, но и частично сопредельным территориям – Нижегородскому региону и части Чувашского, протягивающихся на восток в составе Муромско-Шумерлинской системы депрессионных структур, пересекающих Токмовскую систему сводовых поднятий и затухающих к югу за ее пределами [5].

Московские геологи выделили межрегиональный Куршско-Красноуфимский линеамент, который протягивается от Куршской гряды на Балтийском море до г. Красноуфимска на Урале [6]. Здесь он носит название Владимиро-Казанской межи. Ее выделение позволяет по-новому трактовать геологическую обстановку протерозойского фундамента во Владимирском и Нижегородском регионах. Во Владимирском регионе линеамент проявился лишь на самом севере. В Нижегородском регионе он разделяет в кристаллическом протерозойском фундаменте две самостоятельные плиты – Варяжскую на севере и Сарматскую на юге. Граница между этими плитами шириной до 40 км носит название Владимиро-Казанской межи. В рельефе она выражена обрывами, которые получили название Нижегородского откоса и соответствуют Главной Волжской геофлексуре Русской равнины [2]. Во Владимирской области эта граница прослеживается на запад вдоль обрывов рек Клязьмы и Нерли [1]. Мы предлагаем



провести эту границу на запад между Северорусской и Среднерусской полосой Русской равнины вплоть до Валдайской возвышенности. На востоке, южнее линии Клязьма – Ока – Волга, параллельно им и субширотно текут нижние течения рек также в разные стороны: на запад – Кишмы и на восток – Кудьмы, Имзы и Урги, подчеркивая своеобразный тектонический режим в регионе. Здесь, очевидно, протекала ранее Пра-Клязьма – Ока – Волга, которую условно называли Великая Пра-Клязьма [2; 3].

В осадочном чехле Русской плиты в рассматриваемых регионах и прилегающих к ним территориях тектонические подвижки в неоген-четвертичное время предопределили наличие положительных структур и серии отрицательных, прослеживаемых вдоль рек Нерль, Клязьма, Ока и Средняя Волга: Нерль-Солбинская низина, Плещеева седловина, Нерль-Клязьминская, Балахнинская, Волго-Ветлужская, Марийская и др. [1; 5]. В опольной части Клинско-Дмитровской гряды о тектонических подвижках свидетельствует наличие здесь эрозионно-денудационного холмистого моренного рельефа. Возникают вопросы, на которые пока нет ответов. Так, Гороховецкие горы на востоке Владимирской области, ориентированные не вдоль реки Оки, как остальные структуры, а на запад, как бы зажаты между долинами параллельно текущих рек Клязьмы и Суворощь. Далее на запад геофлексура продолжается обрывами к северу Коврово-Касимовского плато, возвышенностями Владимирского ополья и еще далее на запад северо-восточным окончанием Клинско-Дмитровской гряды.

Анализ тектонического состояния крупного региона Центральной России – Владимирско-Нижегородского – показал активные положительные подвижки в палеоген-неогеновое время, сменившиеся на опускание территории в четвертичное время. К вертикальным тектоническим подвижкам прибавились горизонтальные северо-восточного направления.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карлович, И. А. Экология Владимирской области / И. А. Карлович. – Владимир : ВГПУ, 1998. – 176 с.
2. Карлович, И. А. Владимирские и Нижегородские ополья : монография / И. А. Карлович, Б. И. Фридман. – Владимир ; Н. Новгород : ВГГУ, 2011. – 293 с.
3. Кооп, Л. М. Мобилистическая неотектоника платформ Юго-Восточной Европы / Л. М. Кооп. – М. : Наука, 2005. – 340 с.
4. Фридман, Б. И. Увлекательный уголок горно-таежного ландшафта в центре Русской равнины / Б. И. Фридман, Ф. М. Баканина // Природа Поволжья. – Н. Новгород : НГПУ, 1997. – С. 183–193.
5. Фридман, Б. И. «Нижегородские горы» / Б. И. Фридман // Пед. обозрение. – 2002. – № 3. – С. 197–207.
6. Хаин, В. Е. Геотектоника с основами геодинамики / В. Е. Хаин, М. Г. Ломидзе. – М. : МГУ, 1995. – 480 с.
7. Шатский, Н. С. О тектонике Восточно-Европейской платформы / Н. С. Шатский // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1937. – Т. 15, вып. 1. – С. 4–27.
8. Шик, С. М. О проекте региональной статиграфической схемы четвертичных отложений Европейской России / С. М. Шик // Экология антропогена и современности: природа и человек : сб. науч. докл. / под ред. Ю. Г. Леонова [и др.]. – СПб., 2004. – С. 21–25.

УДК 55:502.62

**И. А. КРАСОВСКАЯ, А. Н. ГАЛКИН, А. Б. ТОРБЕНКО**

Беларусь, Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова

E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

## **ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРА БЕЛАРУСИ**

В соответствии с Законом Республики Беларусь от 20 октября 1994 г. «Об особо охраняемых природных территориях» в редакции Закона Республики Беларусь от 28.04.2015 № 251-З, к особо охраняемым относят территории Республики Беларусь с уникальными, эталонными или иными ценными природными комплексами и объектами, имеющими особое экологическое, научное и (или) эстетическое значение, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования.

Категории и виды особо охраняемых природных территорий (ООПТ) определяются в зависимости от особенностей природных комплексов и объектов, подлежащих особой охране, установленного режима охраны и использования, а также уровня государственного управления их функционированием. Так, в категории заказников, в том числе местного значения, выделяются следующие виды: ландшафтные (или комплексные), биологические, водно-болотные, гидрологические, геологические; в категории памятников природы, в том числе местного значения, – ботанические, гидрологические, геологические.

Инвентаризация существующих в рамках схемы размещения особо охраняемых природных территорий местного значения Витебской области на 2014–2023 гг. объектов на предмет установления (подтверждения) соответствующего статуса проводится Витебским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды и входит в план мероприятий по реализации государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2016–2020 годы».

К проведению работ по инвентаризации традиционно привлекаются сотрудники Витебского госуниверситета имени П. М. Машерова. В перечень основных задач, реализуемых в процессе работ по инвентаризации, входят следующие: натурное обследование объектов, территорий; обоснование границ памятников природы, их режимов охраны и использования; представление информации о составе земель в разрезе землепользователей на основании материалов землеустройства, лесоустройства; определение площадей и координат поворотных, центральных точек памятников природы с использованием земельно-информационной системы Республики Беларусь, разработка каталогов координат поворотных точек; составление карт-схем земель памятников природы с выделением территорий всех землепользователей, нанесением границ административно-территориальных единиц, основных транспортных и инженерных

коммуникаций (автомобильных и железных дорог, линий электропередач, газопроводов), водных объектов; разработка научных и технико-экономических обоснований объявления, преобразования и прекращения функционирования памятников природы. Основанием для выделения объектов в качестве особо охраняемых природных территорий послужили результаты научных исследований Института геологических наук НАН Беларуси, реализованных в 1990-х – начале 2000-х гг. Натурные обследования объектов базировались на анализе опубликованных материалов Ф. Ю. Величкевича, В. Ф. Винокурова, Э. А. Левкова, А. В. Матвеева, В. Ф. Наливайко, И. Э. Павловской, А. Ф. Санько и др.

Силами коллектива кафедр географии и экологии и охраны природы ВГУ имени П. М. Машерова были проведены исследования геологических ООПТ местного значения на территориях Дубровенского, Поставского (2013), Витебского, Полоцкого (2014), Верхнедвинского, Россонского (2016), Шарковщинского (2018) районов Витебской области. В общей сложности обследованы более 60 объектов, статус которых соответствует установленному региональной схемой. При этом несколько площадных объектов, расположенных в приграничных районах, обратили на себя отдельное внимание.

Так, осенью 2014 г. научным коллективом проводились работы по обследованию геологических заказников и геологических памятников природы местного значения на территории Полоцкого района Витебской области. В результате полевых и камеральных исследований было обращено внимание на то, что территория геологического заказника местного значения «Белозерские выдмы» в значительной степени перекрывается гидрологическим заказником республиканского значения «Глубокое – Большое Островито».

Заказники «Белозерские выдмы» и «Глубокое – Большое Островито» расположены на крайнем северо-востоке Полоцкого района на границе с Россией и Городокским районом в 50 км к востоку от г. Полоцка. Заказники размещены на землях Арлейского лесничества ГЛХУ «Дретунский лесхоз». Площади «Белозерских выдм» и «Глубокое – Большое Островито» составляют соответственно 2 919 и 1 353,38 га, причем общая для двух заказников площадь составляет 554,9 га.

В рельефе территории заказников особо выделяются представленные здесь в эталонном виде формы эолового рельефа, наличие которых послужило основной причиной учреждения «Белозерских выдм». Это параболические и кольцевые дюны длиной до 1,3 км, шириной до 0,9 км и высотой 13–14 м, эоловые гряды и холмы, котловины выдувания, чередующиеся с различными по размерам озерными котловинами.

Эоловые формы на данной территории сочетаются с котловинами больших и малых озер, крупнейшими из которых являются Большое и Малое Белое и Большое и Малое Островито, Глубокое, Чербомысло. Часть озер расположены в пределах обоих заказников. Склоны озерных котловин крутые (до 23–25°) и высокие (до 17 м на Большом Белом).

На обобщенной территории заказников достоверно установлено произрастание не менее 8 видов растений и обитание 18 видов животных, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Проведенные полевые работы, анализ архивных материалов, результаты многолетних научных исследований сотрудников биологического факультета ВГУ имени П. М. Машерова позволили считать целесообразным объединение территорий геологического заказника «Белозерские выдмы» (местного значения) и гидрологического заказника «Глубокое – Большое Островито» (республиканского значения) и реорганизацию их общей площади в существующих границах в ландшафтный (комплексный) заказник республиканского значения.

Летом 2016 г. проводились работы по обследованию ландшафтного заказника и геологических памятников природы местного значения на территории Россонского района Витебской области. В результате исследований было установлено, что территории ландшафтного заказника местного значения «Межевская озовая гряда» и геологического памятника «Озовая гряда Рыли», расположенные к северо-востоку от г.п. Россоны и к западу от д. Горбачево и имеющие субширотное простирание, являются частью весьма продолжительной озовой гряды, которая прослеживается от озера Межево на десятки километров на северо-запад и теряется где-то среди озер Псковской области Российской Федерации.

Площади Межевской озовой гряды и Озовой гряды Рыли составляют 112,4 и 48,0 га соответственно. Гряды имеют отличную морфологическую выразительность. Ее можно рассматривать в качестве одной из наиболее отличительных форм рельефа Россонского района. Ширина гряд по подошве колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 км, относительная высота над уровнем воды в прилегающих озерах Межево и Шевино составляет около 30 м.

Если к относительной высоте добавить мощность примыкающих к грядам озерных и болотных отложений, то общая мощность озовых отложений увеличится почти вдвое. Это и будет действительная (максимальная) высота озов, составляющая около 35–40 м. Вершины озовых гряд в большинстве случаев почти идеально плоские, в ширину достигают 100 м. Крутизна склонов колеблется в пределах 10–30°, но в некоторых случаях приближается к максимальной в 45°.

Межевская гряда и гряда Рыли по типу отложений, участвующих в их строении, принадлежат к смешанным флювиогляциально-лимногляциальным озам. Сложены они в основном из мелкозернистых песков, ритмично переслаивающихся с тонкозернистыми песками и серыми пылеватыми супесями (алевритами), содержащими тонкие прослои шоколадных глин. Тонкие пески почти во всей толще слоистые, с текстурами ряби течения. Более грубый состав песков в виде прослоев и линз песчано-гравийных отложений наблюдается в верхней части озовых отложений. Перекрывается эта толща слоем перигляциальных образований с текстурами мерзлотных деформаций – псевдоморфозами по ледяным жилам, ледяными котлами, криотурбациями и более редкими валунными кольцами. Моренная покрывка отсутствует как на гребне озовой гряды, так и на ее крыльях. Такое достаточно простое геологическое строение усложняется на более широких участках гряд.

Специфическими чертами территорий рассматриваемых ООПТ является наличие значительного спектра растительных ассоциаций различных по возрастному и породному составу, чередующихся с небольшими водоемами, водотоками

и заболоченными поймами. Землепользователем на территории обоих объектов является Россонское лесничество ГЛХУ «Россонский лесхоз».

Исследования подтверждают, что контуры крупной озовой гряды, в состав которой входят рассматриваемые объекты, соответствуют крупной грандиозной и притом необыкновенно широкой трещине, существовавшей в полосе пассивного льда. В этой связи, по нашему мнению, целесообразно проведение детальных натуральных обследований ландшафтного заказника местного значения «Межевская озовая гряда» и геологического памятника природы местного значения «Озовая гряда Рыли» на предмет объединения их территорий в существующих границах и объявления на этой площади (включая озера Межево и Шевино) единой особо охраняемой природной территории.

Предлагаемая на основании проведенных исследований реорганизация памятников природы местного значения не влечет за собой введения новых ограничений лесопользования. Ведение лесного хозяйства будет осуществляться в соответствии с действующим лесоустройством, но при этом позволит оптимизировать охранный режим, обеспечить комплексную охрану всех компонентов исторически сложившихся биогеоценозов.

УДК 551

**М. В. КРИНИЦЬКА<sup>1</sup>, Л. А. КОВАЛЕВИЧ<sup>2</sup>, В. В. КОТЕНКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Украина, Ровно, Национальный университет водного хозяйства и природопользования

<sup>2</sup>Украина, Житомир, Житомирская политехника

E-mail: m.v.krynytska@nuwm.edu.ua; kovalevych.zt@gmail.com;

vladimir\_kotenko@ukr.net

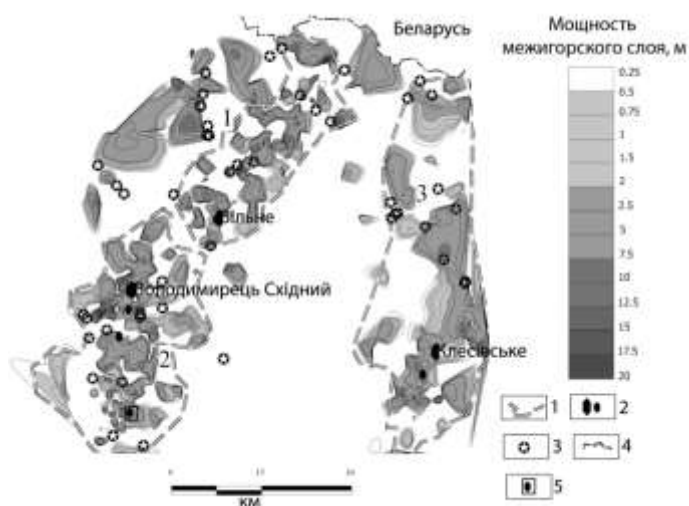
## **ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЯНТАРЯ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Залежи промышленных россыпей янтаря в недрах северной части Ровенской области Украины связаны с большим периодом развития геологических процессов в пределах северо-западного склона Украинского щита и Вольно-Подольской плиты в палеогене. Район исследований расположен в крайней южной части Владимирецкого янтароносного района, выделенного на основании современного распространения продуктивных на промышленный янтарь межигорских отложений олигоцена (рисунок 1).

Расположение площадей, благоприятных для накопления промышленных россыпей янтаря, приурочено к общему понижению поверхности мела, имеющему место в палеогеновый период. Понижение, трассируемое проявлениями янтаря и палеокарста, простирается от исследованной крайней южной части Владимирецкого янтароносного района в северо-восточном направлении до границ Украины и продолжается на территории Беларуси.

В пределах территории исследований на отложениях обуховской свиты еоцена плащеподобно залегают отложения межигорской свиты олигоцена, напол-

няя пространство околобереговых островных и межостровных мелей, а также желобоподобные, линейно вытянутые в северо-восточном направлении углубления морского дна. Ширина углублений, заполненных продуктивными на янтарь отложениями, колеблется в пределах от 120 до 1 150 м. Как прибрежные мели, так и желобоподобные впадины дополнительно усложнены большим количеством микровпадин и микроподнятий дна межигорского бассейна, что в целом придает его морфоструктуре мозаичный характер.



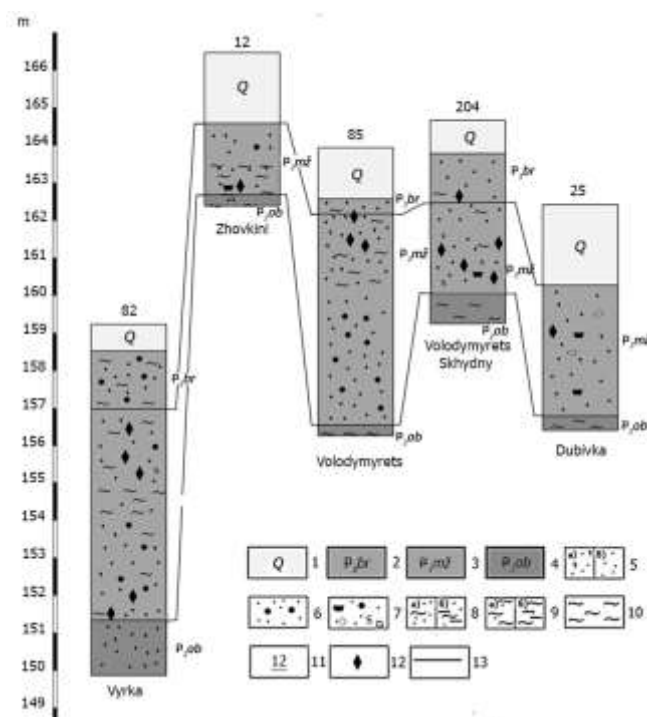
**Рисунок 1 – Современное распространение продуктивных на украинский янтарь межигорских отложений олигоцена в пределах северной части Ровенской области:**

1 – границы янтароносных районов, 2 – месторождения и проявления янтаря,  
3 – обнаруженный палеокарст, 4 – граница Украины

Для южной части Владимирецкого янтароносного района областью размыва дополнительно служило палеоподнятие, расположенное в пределах юго-восточной ее части, которое представлено выходами в дочетвертичную поверхность габро-долеритов.

Межигорские отложения Владимирецкого янтароносного района представлены разномерными, в большинстве крупно-среднезернистыми кварцевыми глауцитосодержащими песками, местами сильно глинистыми, зеленовато-темно-серыми, которые включают прослойки глинистых алевроитов, глин алевроитистых темно-серых с включениями лигнитизированной древесины и отдельных кусков янтаря (рисунок 2). Гидродинамический режим был мало подвижным – отложения данного проявления характеризуются несколько увеличенным содержанием алевроитовой составляющей.

Мощность продуктивных отложений колеблется от первых десятков сантиметров на палеоуглублениях и на мелях до 11,5 м в самих углублениях. Средняя мощность межигорских отложений в пределах мелей составляет 1–2 м, а в желобоподобных линейных впадинах 5–7 м.



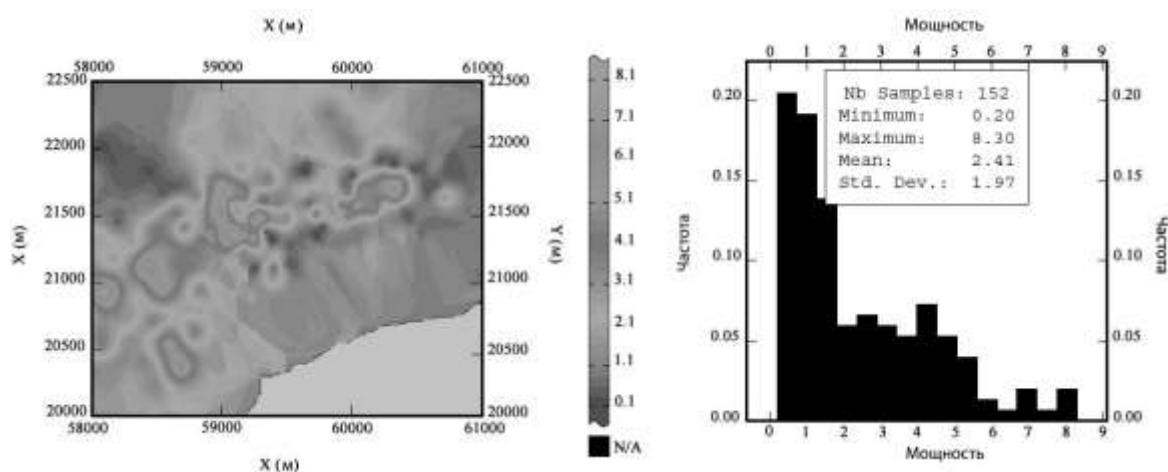
**Рисунок 2 – Схема корреляции межгорских отложений  
Владимирецкого янтароносного бассейна:**

- 1 – четвертичные отложения, 2 – отложения берекской свиты верхнего олигоцена, 3 – отложения межгорской свиты нижнего олигоцена, 4 – отложения обуховской свиты верхнего еоцена, 5 – пески средне-мелкозернистые: а) с глауконитом, б) без глауконита; 6 – пески разномзернистые, 7 – пески разномзернистые с гравием, галькой, щебнем, обломками углефицированной или лигнитизированной древесины, 8 – пески: а) глинистые, б) с прослойками глины; 9 – глины: а) песчаные, б) с прослойками песка; 10 – плотные глины, 11 – шурф и его номер, 12 – находки янтаря, 13 – геологические границы

На участке Вырка данные, собранные специалистами ровенской геологической экспедиции в результате проведения поисково-оценочных работ на янтарь, полевых и лабораторных исследований, дополнительно обработаны одним из методов математической статистики. Объектом анализа принята мощность янтароносной (межгорской) толщи, которая определена в результате кернавого опробывания шурфов (рисунок 3). После корректировки исходных данных была проведена статистическая обработка на определение характера статистической изменчивости мощности межгорской толщи, результаты которой в виде частотной гистограммы представлены на рисунке 3.

Коэффициент вариации, определенный отношением стандартного отклонения к среднему значению межгорской толщи, равен 0,817, т. е. находится в пределах более 0,5 и менее 1, что указывает на отсутствие в массиве значений, сильно отличающихся от основной массы данных. Превышение небольших значений исследуемой толщи определяет отрицательный коэффициент асимметрии, что характеризует скошенность гистограммы. Кроме того, гистограмма имеет признаки биомодальности: в пределах значений 4–5 м мощности обнаружен

второй центр распределения, что свидетельствует о доминирующем влиянии на формирование межигорской толщи двух совмещенных процессов.



**Рисунок 3 – Характеристика мощности продуктивных отложений на участке: в плане и гистограмма**

Из-за сложного характера рельефа подошвы этих отложений здесь увеличиваются мощности во впадинах, проявляются процессы перенесения песчаного материала морскими течениями и накопление его поблизости препятствий, которыми были острова. Бассейн седиментации был морским резервуаром, который постепенно обмелел. Мелководный тип седиментации менялся прибережно-морским. Береговая линия мигрировала во времени.

Здесь наблюдается сложная динамика перемещения материала: проявляется влияние приплывно-отливных течений, образование пляжевых отложений и косовых форм рельефа. Таким образом, в разных частях бассейна седиментации больше проявляется влияние одного либо другого процесса, т. е. мощность в пределах бассейна формируют разные типы течений.

УДК 551.734.5(476)

**С. А. КРУЧЕК, В. Ю. ОБУХОВСКАЯ, Т. Ф. САЧЕНКО**

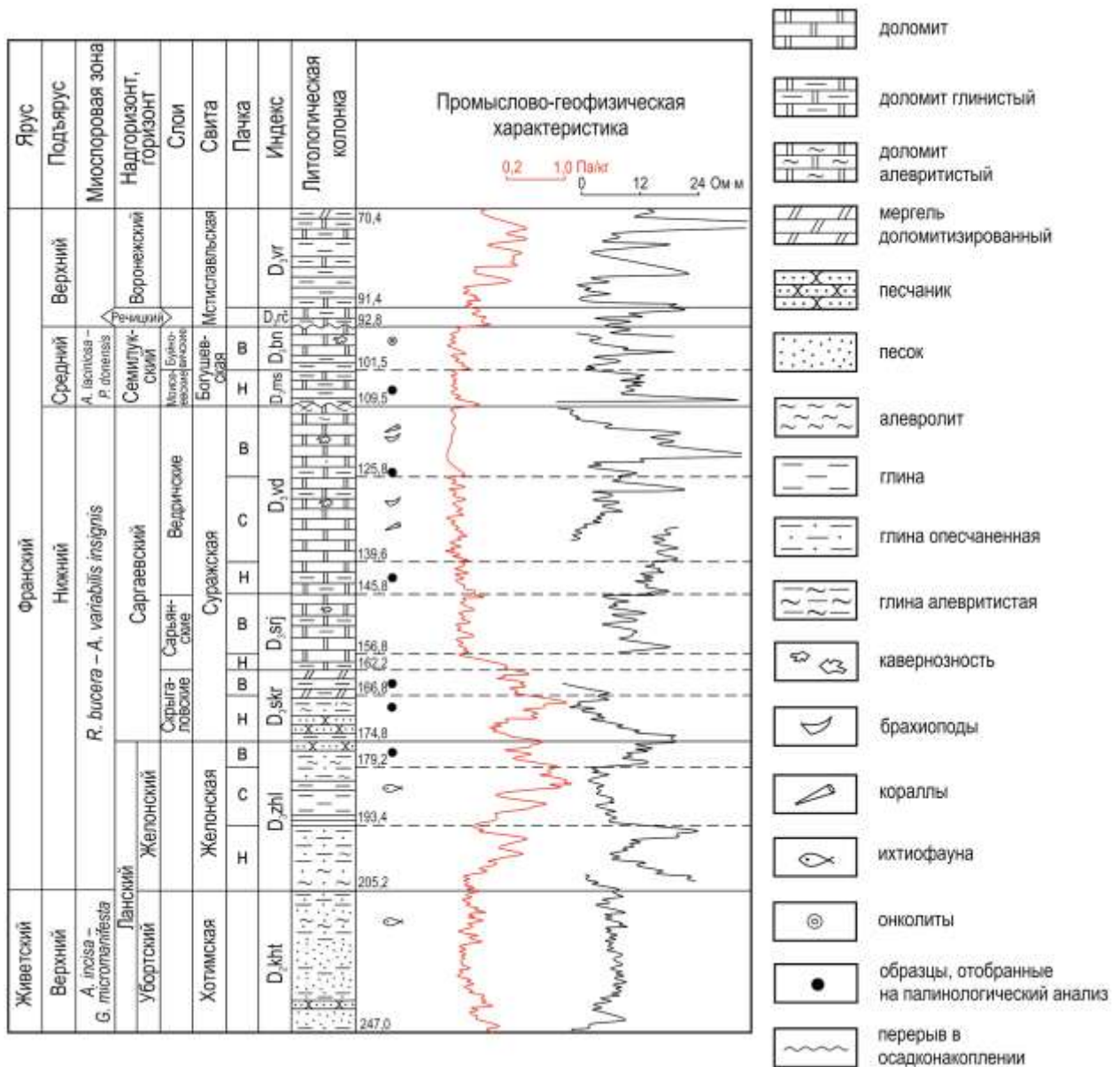
Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии  
E-mail: kruchek37@gmail.com; Veronikaobukhovskaya@yandex.ru

### **О СТРАТИГРАФИИ НИЖНЕ-СРЕДНЕФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ОРШАНСКОЙ ВПАДИНЫ (ОПОРНАЯ СКВАЖИНА МСТИСЛАВЛЬСКАЯ 1)**

В статье рассматриваются вопросы стратиграфии ниже-среднефранских отложений верхнего девона, вскрытых в опорном разрезе скважины Мстиславльская 1, пробуренной в 1988–1989 гг. Белорусской гидрогеологической экспедицией в пределах юго-восточной части Оршанской впадины на северо-восточной окраине г. Мстиславля.



Первоначальное изучение отложений девона этой скважины было выполнено В. К. Голубцовым и др. [1], что отражено в научно-производственных отчетах, а также ряде публикаций [2–4]. В ее разрезе ниже-среднефранские отложения установлены в интервале глубин 92,8–205,2 м, мощность 112,4 м (рисунок). В их составе, согласно новой стратиграфической схеме девонских отложений Беларуси 2010 г., выделены не только региональные горизонты и слои, но и местные свиты [2], а также отдельные литологические пачки [1], соответствующие нижефранскому (желонский и саргаевский горизонты) и среднефранскому (семилукский горизонт) подъярусам франского яруса верхнего девона, краткая характеристика которых приводится ниже.



**Рисунок – Стратиграфический разрез ниже-среднефранских отложений скважины Мстиславская 1 (Оршанская впадина)**  
(сост. С. А. Кручек, П. О. Сахарук, 2018)

*Желонский горизонт (свита)* в опорном разрезе выделяется в интервале 174,8–205,2 м, мощность 30,4 м, который представлен песчано-глинистой толщей пород. Его нижняя граница с подстилающими отложениями *убортского горизонта (хотимской свиты)*, относящимися к живетскому ярусу среднего девона [2], проводится в основании прослоя (1 м) песка мелкозернистого, охристо-желтого и розовато-серого, алевритистого, который залегает на глине серой, песчано-алевритовой, с псевдоконкрециями сидерита и доломита, с мелкими фрагментами рыб и остатками раздробленной растительности. Эта граница, являющаяся одновременно и границей между отложениями среднего и верхнего девона, хорошо маркируется по данным каротажа. Выше прослоя песка залегают глины пестроцветные, в различной степени песчано-алевритовые, которые заметно преобладают в разрезе горизонта.

По каротажу и керну в составе желонского горизонта выделяются три пачки: нижняя (инт. 193,4–205,2 м, мощность 11,8 м), средняя (инт. 179,2–193,4 м, мощность 14,2 м) и верхняя (инт. 174,8–179,2 м, мощность 4,4 м). Из них верхняя пачка отличается от нижезалегающих тем, что в ее подошве залегает брекчированная известково-глинистая порода, состоящая из обломков (от 0,2 до 2–3 см) известкового состава, цементированных зеленоватой и лиловой глиной. Выше по разрезу наблюдается ритмичное переслаивание песчаников голубоватых и глин пестроцветных, содержащих остатки рыб и местами сапропелево-гумусовый материал. В глине в интервале глубин 174,8–178,2 м определен обедненный в количественном и видовом отношении миоспоровый комплекс зоны *Raisctrickia bucera – Archaeozonotriletes variabilis insignis*, который сопоставим с желонским палинокомплексом, установленным на территории Припятского прогиба [2; 5] и Жлобинской седловины [4].

Выше в опорном разрезе залегают отложения *саргаевского горизонта (суржской свиты)* (инт. 109,5–174,8 м, мощность 65,3 м), представленные преимущественно доломитовой толщей пород, которая разделяется на нижнюю, среднюю и верхнюю части, выделяемые в ранге *скрыгаловских, сарьянских и ведричских слоев* (рисунок) [2].

*Скрыгаловские слои* (инт. 162,2–174,8 м, мощность 12,6 м) представляют крупный трансгрессивный ритм, карбонатность пород которого закономерно возрастает вверх по разрезу. Слои подразделяются на две пачки – нижнюю и верхнюю. В основании нижней (базальной) песчано-глинистой пачки (инт. 166,8–174,8 м, мощность 8 м) залегает пласт (3 м) песчаника серого, который в верхней части разреза становится слабо цементированным, местами переходящим в песок. Выше нижняя пачка сложена глиной зеленовато-серой, в основании (1 м) комковатой, с желваками (до 1,5 см) известняка, сменяющегося сверху разреза глинами тонкоплитчатыми, с отпечатками конхострак (эстерий), фрагментами рыб и растительными остатками.

Верхняя пачка (инт. 162,2–166,8 м, мощность 4,6 м) сложена мергелем с прослоями глины (0,7 м) и доломита глинистого (0,2 м). В нижней части пачки присутствуют тонкие слои (1–5 мм) песчано-алевритового мергеля, местами с органогенным детритом и мелкими остатками рыб. В глинах нижней

(инт. 163,0–168,0 м) и верхней (инт. 158,0–163,0 м) пачек определены миоспоры зоны *Raistrickia bucera* – *Archaeozonotriletes variabilis insignis*, состав которых типичен для *скрыгаловских слоев* Припятского прогиба.

*Сарьянские слои* (инт. 145,8–162,2 м, мощность 16,4 м), составляющие среднюю часть горизонта, сложены толщей доломитовых пород, подразделяющейся на две литологические пачки – нижнюю и верхнюю.

Нижняя пачка (инт. 156,8–162,2 м, мощность 5,4 м) представлена доломитом палево-серым, микро- и мелкозернистым, с реликтовой органогенно-детритовой структурой, массивным, плотным, крепким. Ее граница с мергельной пачкой *скрыгаловских слоев* очень четкая, т. к. она совпадает с подошвой доломитовой толщи, с которой и начинается разрез *сарьянских слоев*.

Верхняя пачка (инт. 145,8–156,8 м, мощность 11 м) также сложена доломитом буровато-серым, неравномерно глинистым, перекристаллизованным и кавернозным. Здесь встречены два прослоя известняка мощностью 0,8–1,0 м буровато-серого пятнистого, похожего на «пятнистый» известняк из верхней части сарьянских слоев Оршанской впадины [1].

Определимые органические остатки в аналогах *сарьянских слоев* опорной скважины не встречены, поэтому их возраст устанавливается предположительно по положению в разрезе и сопоставлению с одновозрастными, палеонтологически охарактеризованными отложениями Припятского прогиба и Жлобинской седловины.

*Ведричские слои* (инт. 109,5–145,8 м, мощность 36,3 м), завершающие разрез саргаевского горизонта в опорной скважине, в сравнении с *сарьянскими слоями* характеризуются более сложным строением. В их составе выделяются три пачки: нижняя, средняя и верхняя.

Нижняя (базальная) пачка (инт. 139,6–145,8 м, мощность 6,2 м) сложена доломитом серым и буровато-серым, глинистым, перекристаллизованным, с линзами песчаного материала. Из глины этой пачки (инт. 144,0–144,2 м) выделен палинокомплекс лоны *Archaeozonotriletes variabilis insignis*, характерный для *ведричских слоев* Припятского прогиба и Жлобинской седловины.

Средняя пачка (инт. 131,2–139,6 м, мощность 8,4 м) представлена доломитом буровато-серым, тонкозернистым, массивным, кавернозным, органогенным, с многочисленными реликтами кораллов и строматопорат, редкими отпечатками макрофауны, с тонкими нитевидными прослойками черного глинистого материала, обогащенного органикой. По строению и составу породообразующих организмов среднюю пачку следует выделять как ведричскую органогенную постройку.

Верхняя пачка (инт. 109,5–125,0 м, мощность 15,5 м) также представлена доломитами. В ее составе выделяются в нижней части (инт. 118,0–125,0 м) доломиты буровато-серые, от мелко- до крупнозернистых, кавернозные и трещиноватые, с прослоями (инт. 121,4–125,0 м) органогенно-детритового известняка розоватого, керогенсодержащего, с реликтами кораллов и створками брахиопод. В подошве пачки (инт. 124,0–125,0 м) залегают доломит темно-серый, глинистый и прослой (0,15 м) глины пепельно-серой, оскольчатой, с пятнами ожелезнения, в которой встречены единичные франского возраста транзитные виды

миоспор *Geminospora rugosa* (Naum.) Obuch., *G. notata* (Naum.) Obuch., *Stenozotriletes conformis* Naum., *Retusotriletes communis* Naum. Выше в разрезе этой пачки (инт. 112,0–118,0 м) следует доломит серый и буровато-серый, средне- и крупнозернистый, кавернозный, с прослоем (до 2 см) известняка и с включениями серого глинистого материала. Завершается разрез верхней пачки (инт. 109,5–112,0 м, мощность 2,5 м) доломитом буровато-серым, мелко-тонкокristаллическим, кавернозным, с включениями глины.

Миоспоры и фауна в породах верхней пачки *ведричских слоев* не обнаружены, но особенности литологического состава свидетельствуют о ее одновозрастности с породами нижезалегающих нижней и средней частей саргаевского горизонта. Возможно, верхнюю пачку, как предполагал В. К. Голубцов [1], следует выделять в качестве нового подразделения саргаевского горизонта. По нашему мнению, эта пачка совместно со средней пачкой образуют единую ведричскую органогенную постройку (инт. 109,5–139,6 м, мощность 31,0 м) данного горизонта.

*Семилукский горизонт (богушевская свита)* опорного разреза (инт. 92,8–109,5 м, мощность 16,7 м), относящийся к среднефранскому подъярису, сложен, как и саргаевский горизонт, доломитовой толщей пород. Его нижняя граница проведена в основании прослоя (0,4 м) глины светло-голубовато-серой и пепельно-серой, слабо карбонатной, угловато-оскольчатой, которая без видимого перерыва в осадконакоплении залегает на брекчиевидных известняково-доломитовых породах саргаевского горизонта. Этот глинистый прослой является реперным уровнем, который сопоставим с «моисеевским репером» в подошве семилукского горизонта Припятского прогиба [1; 2]. Выше залегает доломит коричневатосерый, тонко- и микрозернистый, с редкими кавернами, с прослоями (до 5,0–7,0 см) глинистого битуминизированного материала. Из глинистых прослоев (инт. 107,0–110,0 м) выделен комплекс микрофитофоссилий, в котором абсолютно преобладают толстостенные акритархи-лейосферы, единично встречаются шиповатые и мелкошиповатые формы *Micrhystridium* spp. и *Gorgonisphaeridium* spp., что характерно для *моисеевских слоев* семилукского горизонта в Припятском прогибе [2; 5]. Эти породы слагают нижнюю, наиболее глинистую и битуминозную часть разреза горизонта (инт. 105,0–109,5 м). Вместе с интервалом 101,5–105 м, в котором залегают темно- и буровато-серые доломиты с реликтами органогенной структуры, с редкими прослоями (до 3 см) и включениями серой и зеленой глины, они составляют нижнюю часть (инт. 101,5–109,5 м, мощность 8,0 м) горизонта, сопоставимую с аналогом *моисеевских слоев* Припятского прогиба.

Верхняя часть *семилукского горизонта* (инт. 92,8–101,5 м, мощность 8,7 м) сложена доломитизированными известняками и доломитами, темно- и буровато-серыми, мелко-крупнозернистыми, кавернозными, трещиноватыми, с реликтами органогенно-детритовой структуры, местами брекчиевидными, в кровле с включениями, гнездами и прослойками ярко-зеленого и зелено-серого глинистого материала, с онколитами водорослей. В кровле из прослоя серой глины (инт. 92,8–97,0 м) выделены немногочисленные миоспоры предположительно семилукского возраста. Здесь же присутствуют сколекодонты. Раковины брахиопод и кораллов в породах этой части разреза не встречены. Поэтому по положению

в разрезе эта часть горизонта предположительно сопоставляется с *буйновичскими* слоями *семилукского* горизонта Припятского прогиба [2].

Выше трансгрессивно с перерывом в осадконакоплении залегают отложения условно выделенного речицкого горизонта верхнефранского подъяруса верхнего девона [6].

Результаты выполненных исследований, представленные выделенными региональными и местными стратонами, будут использованы при проведении крупномасштабной геологической съемки и глубинного геологического картирования в юго-восточных районах территории Беларуси.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проведение работ на стратотипических разрезах территории Беларуси для создания опорных легенд при крупномасштабном картировании / В. К. Голубцов [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 1993. – 345 с.
2. Девонская система / Т. Г. Обуховская [и др.] // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – С. 98–114.
3. Обуховская, В. Ю. Палеонтологическая характеристика и стратиграфия франских отложений северо-восточной части Оршанской впадины / В. Ю. Обуховская // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы Международ. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения акад. НАН Беларуси А. С. Махнач / ред. А. А. Махнач [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2008. – С. 206–213.
4. Обуховская, В. Ю. Палинология нижне-среднефранских отложений юго-востока Беларуси / В. Ю. Обуховская // Літасфера. – 2017. – № 2 (47). – С. 43–70.
5. Обуховская, Т. Г. Объем и границы франского яруса в Припятском прогибе по палинологическим данным / Т. Г. Обуховская // Палеонтология и ее роль в познании геологического строения территории Белоруссии. – Минск : Наука и техника, 1986. – С. 134–144.
6. Обуховская, Т. Г. О стратиграфии верхнефранских отложений Оршанской впадины в пределах Беларуси / Т. Г. Обуховская, В. Ю. Обуховская, С. А. Кручек // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 88–97.

УДК 552:553.98:551.735(477.52/6)

#### **В. С. КУРИЛЕНКО**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины  
E-mail: vskgeo@ukr.net

#### **ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В УКРАИНЕ**

Поиск и освоение новых источников энергетики, как правило, неразрывно связаны с возникающими при этом экологическими проблемами. Это происходит и с нетрадиционными источниками углеводородного сырья, роль которых в последние годы стремительно возрастает. К таким источникам относят сланцевый газ (СГ), центральнобассейновый газ (ЦБГ), угольный метан и газогидраты (кристаллические соединения молекул воды и метана). В англоязычной литературе им соответствуют: Shale Gas, Tight Gas – газ из «твердых» горных пород,

Coalbed Methane и Gas Hydrates. Различают типы природного газа: А – обычный газ, С – сланцевый, D – из «жесткого песка», F – попутный газ, G – угольный метан.

Остановимся на описании СГ и ЦБГ, с которыми связаны грандиозные успехи США и Канады в резком увеличении добычи газа. Мощный технологический прорыв в бурении скважин и освоении ресурсов газа вызвал не только переориентацию основных направлений региональных потоков углеводородного сырья от мест добычи к потребителям, но и кардинальные изменения в представлениях о глобальных энергетических перспективах человечества. Объявлена «сланцевая революция», и XXI в. назван «веком газа» [1; 2].

Мировые ресурсы только СГ оцениваются в 460 трлн м<sup>3</sup>, основная доля которых приходится на США и Канаду (24 %), Центральную Азию и Китай (22 %), Ближний Восток и Северную Африку (16 %), Австралию и Тихоокеанский регион (14 %). Ресурсы СГ активно изучают, кроме США и Канады, в Западной Европе и Китае. Выделены первоочередные объекты в Польше, Германии, Нидерландах и Швеции. Ожидают, что благодаря освоению ресурсов СГ эти страны в ближайшие 10 лет снизят свои импортные потребности в газе, а в будущем смогут полностью удовлетворять их за счет собственных недр [1].

Месторождения СГ и ЦБГ в отличие от традиционных не контролируются локальными ловушками углеводородов, а представляют собой обширные зоны (ареалы, поля, плеи), границы которых определяются седиментационно-фациальными и катагенетическими факторами. В формировании месторождений СГ ведущую роль играет формационный фактор – осваивается конкретная черносланцевая формация или ее часть. Месторождения ЦБГ – это депрессионные участки осадочного бассейна (или весь бассейн) с ухудшенными коллекторскими свойствами.

Промышленно газоносные сланцы представляют собой листоватые обычно темноокрашенные тонко- и микрослоистые алеврито-глинистые, глинисто-карбонатные и кремнисто-карбонатные породы («гидрокарбопелиты» по А. Е. Лукину), отложившиеся в разнообразных континентальных (озерных, болотных), переходных (заливно-лагунных, лиманных, маршевых) и морских (от мелководий до больших глубин) фациальных обстановках. Им свойственно богатое разнообразие минерального состава и структурно-текстурных особенностей благодаря широкому диапазону тектоно-геодинамических и палеогеографических условий [2–5].

Главное отличие нетрадиционных источников газа от его обычных скоплений заключается в природе коллектора, в его фильтрационно-емкостных свойствах (ФЕС). Для эффективного коллектора минимальная проницаемость считается равной  $(0,5–1,0) \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, пористость – 3–5 %, размеры поровых каналов – не менее 1 мкм. Это предельные значения, выше которых возможна фильтрация газа, его движение «сплошным потоком» и формирование скоплений в традиционных представлениях. При значениях ФЕС ниже указанных пределов нарушается действие закона Дарси, резко возрастает роль капиллярных сил, для преодоления которых необходимо давление, превышающее капиллярное [1–3].

Выработаны требования, предъявляемые к газоносным сланцам при их разработке: 1) глинистого материала не должно быть более 50 % во избежание

пластичного течения породы без образования трещин; 2) органического вещества должно быть не менее 1 % от массы породы; 3) степень катагенетической зрелости органики должна отвечать стадиям МК<sub>2</sub> и глубже, что соответствует значениям показателя отражающей способности витринита более 1,0; 4) пористость должна быть не менее 3 %; 5) толщина разрабатываемого горизонта порядка 20–40 м [1; 6].

Существуют специальные технологии по улучшению ФЕС коллектора и созданию избыточного давления, чтобы вызвать промышленно рентабельные притоки газа. Такими технологиями являются: бурение скважин с горизонтальными участками ствола внутри продуктивного пласта, многостадийный гидроразрыв пласта (ГРП) с закачкой в образовавшиеся трещины воды с песком, гранулитами и химреагентами; обработка призабойной части скважины и пласта кислотами и химреагентами; нагнетание воды, газовых смесей и различных химических растворов в пласт с целью создания давления выше капиллярного, поддержания пластового давления и т. д.

Однако, как показывает зарубежный опыт, освоение ресурсов СГ и ЦБГ сопряжено с большими экологическими рисками. Проведение ГРП с закачкой химреагентов приводит к длительному и пагубному загрязнению подземных источников питьевой воды, может активизировать техногенные землетрясения, оползни, эманаии газа в атмосферу и вызывать другие негативные явления в окружающей среде. Природозащитные организации США постоянно указывают на связь проведения ГРП с возникновением проблем у жителей и землепользователей, с ухудшением их самочувствия и здоровья, с разрушением строений и пр. Проведение массового ГРП требует огромных количеств воды (до 15–19 т на одну скважину) и песка. На каждый ГРП расходуется от 80 до 300 т химикатов (известно до 85 наименований используемых веществ). По экологическим причинам Франция, Румыния и Болгария отказались от разведки ресурсов СГ, полагаясь на поставки сжиженного газа из США и обычного из России [6].

Экономическая рентабельность освоения нетрадиционных газовых ресурсов подвергается критике. Требуется массовое бурение новых скважин из-за быстрого падения дебитов в действующих (в течение 1–3 лет). Низкий уровень доказанных запасов в общей структуре ресурсов, низкий коэффициент извлечения и необходимость дорогостоящей обработки извлеченного газа до передачи потребителю из-за высокой вариабельности его параметров могут сделать добычу такого газа нерентабельной [6].

Украина также располагает ресурсами нетрадиционных источников углеводородов: горючими и менилитовыми сланцами в Западном нефтегазоносном регионе, ресурсами ЦБГ в Днепровско-Донецкой впадине и угольного метана в Донбассе. Планируется освоение газовых ресурсов на Олесской (Вольно-Подолье) и Юзовской (Донбасс) площадях, для чего уже выданы лицензии транснациональным компаниям «Шеврон» и «Шелл» [2; 7]. Правда, их действие приостановлено под давлением природозащитного движения.

Указанные проблемы добычи нетрадиционного газа на Юзовской и Олесской площадях могут проявиться в полной мере, особенно с учетом того, что эти

площади расположены в густонаселенных районах с интенсивным земледелием. Сложная тектоно-геодинамическая ситуация на данных площадях с системой тектонических нарушений разных рангов и сквозьформационных зон трещиноватости и дробления делают проведение ГРП и добычу газа здесь с экологически непредсказуемыми последствиями. Надеясь предотвратить пагубные последствия, ученые Института геологических наук НАН Украины предложили обширный и детальный многоуровневый комплекс мероприятий, включающий сейсмологический мониторинг с тектоно-геодинамическими исследованиями в сочетании с аэрокосмическими наблюдениями, гидрогеохимический мониторинг артезианских, грунтовых и поверхностных вод, эманационно-геохимический мониторинг воздушной среды и растительности [7].

По мнению А. Е. Лукина, в Украине вообще нет ни подходящих формаций, ни соответствующих условий для экстенсивного освоения СГ путем массового бурения скважин по аналогии с североамериканским опытом. Менилитовые сланцы, равно как и спасские, шепотские и другие на территории Карпат, во Львовско-Волынском угольном бассейне, на Подольском выступе, на юге Донбасса и в других регионах Украины, не могут рассматриваться как объекты разработки по экономическим и экологическим причинам. Хотя запасы менилитовых сланцев и очень велики, но их микроструктура и петрофизические особенности неблагоприятны для извлечения СГ [2; 3].

А. Е. Лукин выделяет на Северо-Американском континенте два типа месторождений, связанных с газоносными черными сланцами: 1) залегающие на глубинах до 2 км в зонах катагенеза от ПК<sub>3</sub> до МК<sub>1</sub> и занимающие обширные территории, их возраст преимущественно позднедевонский – раннекаменноугольный (освоение таких месторождений носит экстенсивный характер с бурением тысяч скважин и массовым ГРП); 2) разновозрастные (от девона до мезозоя) сланцы, залегающие на значительных глубинах (до 4,5 км и более) и характеризующиеся высокими устойчивыми притоками [2].

Таким образом, основные перспективы освоения ресурсов СГ в Украине следует связывать только с месторождениями второго типа, приуроченным к верхнедевонским и нижнекаменноугольным отложениям в пределах Сребненской депрессии и ее обрамления (это соответственно межсолевые нижнефаменские слои и нижневизейский ХПа микрофаунистический горизонт), а также к серпуховским черным аргиллитам северных окраин Донбасса [2].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриевский, А. Н. Сланцевый газ – новый вектор развития мирового рынка углеводородного сырья / А. Н. Дмитриевский, В. И. Высоцкий // Газ. пр-сть. – 2010. – № 8. – С. 44–47.
2. Лукин, А. Е. Природа сланцевого газа в контексте проблем нефтегазовой литологии / А. Е. Лукин // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2011. – № 3 (333). – С. 70–85.
3. Лукин, А. Е. Черносланцевые формации эвксинского типа – мегаловушки природного газа / А. Е. Лукин // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2013. – № 4. – С. 5–27.



4. Мачулина, С. А. Тектоно-седиментационные модели карбонатного и доманикоидного осадконакопления в Днепровско-Донецкой впадине / С. А. Мачулина, В. К. Гавриш // *Нафта і газ України : зб. наук. праць за матеріалами 5 Міжнар. конф. укр. нафтогаз. акад., Полтава, 15–17 верес. 1998 р. : у 2 т. – Полтава : УНГА, 1998. – Т. 1. – С. 216–217.*

5. Старосельский, С. М. Особенности добычу газа з вугільних родовищ свиту / С. М. Старосельский // *Азово-Черноморский полігон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа : тез. докл. X Междунар. конф. «Крым-2012».* – Симферополь : Агео, 2012. – С. 117–120.

6. Геллер, Е. И. Сланцевый газ: зона неопределенности / Е. И. Геллер, С. И. Мельникова // *ТЭК. Стратегии развития.* – 2010. – № 2 (02). – С. 24–33.

7. Шестопапов, В. М. Розробка концепції гідрогеоологічного моніторингу видобутку сланцевого газу (Одеська площа) / В. М. Шестопапов, П. Ф. Гожик, І. Д. Багрий // *Геол. журн.* – 2014. – № 2 (347). – С. 7–16.

УДК 553.3-9(476.2)

**Л. А. ЛISOVCKИЙ, Т. С. KИСЕЛЕВИЧ**

Беларусь, Мозырь, МГПУ имени И. П. Шамякина

E-mail: tatkakis07

### **ОСВОЕНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ МОЗЫРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАМЕННОЙ СОЛИ**

Территория Гомельщины находится на западной части Русской платформы и имеет двухъярусное строение. В тектоническом отношении Мозырское Полесье приурочено к Припятскому прогибу. Тектоническое строение Припятского прогиба очень сложное. В связи с длительным и неравномерным погружением поверхность докембрийского фундамента оказалась расчлененной на систему чередующихся блоков с различной амплитудой погружения, вытянутых в субширотном направлении по простиранию впадины.

На всю глубину кристаллического фундамента (1 500–6 000 м) Припятская впадина выполнена толщей осадочных горных пород. Наиболее широко среди них распространены нефтегазоносные и соленосные отложения среднего и верхнего девона, которые на большей части впадины залегают непосредственно на поверхности фундамента и только в западных и северо-западных районах – на отложениях верхнего протерозоя [1, с. 22].

В последние годы геологи, геофизики и геохимики своими исследованиями содействовали открытию на территории Гомельской области важнейших видов полезных ископаемых (каменная и калийная соли, нефть, горючие сланцы и др.). В 1964 г. открыто Мозырское месторождение каменной соли, а в 1966 г. – Петриковское месторождение калийных солей.

Исследования геологов привели к открытию в 1965 г. в надсолевом девоне западной части Припятского прогиба крупного сланцевого бассейна, освоение которого в перспективе имеет большое значение.

В настоящее время на территории Гомельской области по промышленным категориям разведано два месторождения каменной соли – Давыдовское и Мозырское.

Давыдовское месторождение расположено вблизи д. Давыдовка в 20 км к юго-западу от г. Светлогорска. Разведано в 1947–1949 гг. Глубина залегания кровли соленосных отложений 824,5–842,5 м, вскрытая мощность 168,2–465,3 м. Каменная соль чередуется с карбонатно-глинистыми породами. По качественным характеристикам соли относятся к пищевым II сорта. Месторождение не разрабатывается, пригодно для разработки методом подземного растворения [2, с. 106–107].

Мозырское месторождение расположено в юго-восточной части г. Мозыря. В результате детальной разведки в 1964 г. утверждены запасы по промышленным категориям, которые составляют около 600 млн т. В настоящее время ОАО «Мозырьсоль» является правопреемником государственного предприятия «Мозырский солевыварочный комбинат», которое было создано в соответствии с приказом Минпищепрома СССР в 1983 г. В 1997 г. предприятие преобразовано в открытое акционерное общество «Мозырьсоль». Ранее предприятие входило в систему Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. С 2000 г. в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь ОАО «Мозырьсоль» входит в состав Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром». Основными акционерами ОАО «Мозырьсоль» являются государство, физические лица и другие юридические лица. Предприятие построено на базе Мозырского месторождения каменной соли, разведанные запасы которой исчисляются сотнями миллионов тонн.

Запасы каменной соли на территории Беларуси практически не ограничены. Для ее добычи методом подземного выщелачивания наиболее удобны солянокупольные структуры Припятского прогиба, которые характеризуются меньшими глубинами залегания и повышенными мощностями продуктивного горизонта, хорошим качеством сырья, большими запасами. Наиболее перспективными структурами, прогнозные ресурсы на каждой из которых составляют до 10 млрд т, являются Шестовичская, Скрыгаловская, Южно-Копаткевичская, Октябрьская, Комаровичская, Омельковщинская.

Разведанные запасы достаточны и для внутреннего потребления, и для экспорта на длительную перспективу. При наличии рынков сбыта продукции возможно практически неограниченное увеличение производства пищевой соли [2, с. 107].

Мозырское месторождение представляет собой центральную часть Мозырской соляной структуры, выраженной, как и Давыдовская структура, по поверхности верхнесолевого толщи. Кровля вскрыта буровыми скважинами на глубине 690–735 м. Мощность ее 380–750 м. Мощность пластов чистой каменной соли колеблется от нескольких десятков до нескольких сот метров. Разделяющие их несолевые породы достигают мощности 20–35 м. Цвет каменной соли серый с различными оттенками, иногда она снежно-белая.

С 1971 г. каменная соль извлекается методом подземного растворения через наземные рассолодобывающие скважины (12 скважин). На Мозырском

солевыварочном комбинате производится поваренная соль «Экстра». Объем добычи составил: 1985 г. – 192,7 тыс. т, 1990 г. – 340, 1995 г. – 188, 1998 г. – 335,2 тыс. т. На январь 1996 г. запасы каменной соли на месторождении составили уже 561,1 млн т. Проектная производительность соли составляет 400 тыс. т/год, при таких параметрах на 01.01.1996 обеспеченность запасами составляла 48 лет [2, с. 107].

Основным видом деятельности общества является добыча и производство соли пищевой, а также соли для промышленного применения. Доля данного вида деятельности в общем объеме выручки составляет 98,2 %.

Кроме того, предприятие имеет котельную, вырабатывающую тепловую энергию в виде пара и горячей воды как для нужд собственного производства, так и для отопления и горячего водоснабжения сторонним потребителям. Также предприятие осуществляет отпуск электроэнергии, вырабатываемой собственной блок-станцией, в энергосистему РУП «Гомельэнерго». На балансе предприятия имеется объект розничной торговли – магазин «Кулинария» – и общественного питания – столовая.

Уровня проектной производственной мощности 360 тыс. т соли в год ОАО «Мозырьсоль» достигло еще в 2006 г.

Для удержания достигнутых позиций, увеличения объемов производства необходимо было увеличение производственных мощностей, в связи с чем введен проект «Реконструкция существующих мощностей ОАО «Мозырьсоль» с увеличением производительности до 480 тыс. т соли в год», завершение которого осуществлено в первом квартале 2016 г. Таким образом, производственные мощности в 2016 г. составили 450 тыс. т. В последующие годы – 480 тыс. т. Занимаемая ОАО «Мозырьсоль» доля белорусского рынка составляет 53,0 %.

Предприятие имеет в наличии собственный сырьевой ресурс (залежи каменной соли) и выгодное географическое расположение к основным рынкам продаж. ОАО «Мозырьсоль» имеет товаропроводящую сеть за рубежом – ООО «Белорусская продовольственная компания» (г. Брянск), ООО «Белпищепром» (г. Рига).

Соль поваренная пищевая выварочная экстра «Полесье» и продукция на ее основе защищены товарными знаками и идентифицированными штриховыми кодами. В Республике Беларусь зарегистрировано 22 товарных знака, по международной регистрации зарегистрировано три товарных знака. ОАО «Мозырьсоль» с 14 августа 1998 г. является зарегистрированным пользователем системы ГС1 Беларуси. Вся продукция имеет присвоенные идентификационные номера GTIN-13 в системе ГС1 Беларуси.

Качество мозырской соли признано во всем мире, продукция предприятия удостоена международных наград: «Золотая Звезда» за выпуск продукции, соответствующей лучшим мировым образцам, в 1993 и 1996 гг., г. Мадрид; «Платиновая Звезда качества» в 1998 г., г. Мадрид; диплом лауреата конкурса «100 лучших товаров Республики Беларусь на рынке Российской Федерации» в 2002 г.; диплом и серебряная медаль за качество продукции и внешний вид упаковки на международном конкурсе «Лучший товар 2003 года» за выпуск

йодированно-фторированной соли в 2003 г.; диплом и бронзовая медаль на международной выставке «Продэкспо-2005» в рамках международного конкурса «Лучший товар 2005 года» за выпуск соли экстра «Полесье» йодированной в 2005 г., г. Москва; диплом лауреата конкурса «Лучшие товары Республики Беларусь» в 2005 г. [3].

Система менеджмента безопасности пищевых продуктов в соответствии с требованиями международного стандарта FSSC 22000 внедрена и сертифицирована с 2014 г. В 2016 г. выпущено 434 тыс. т соли (пищевой, таблетированной, гранулированной и промышленного применения).

Наиболее значимым и масштабным инвестиционным проектом, реализуемым ОАО «Мозырьсоль» в 2013–2016 гг., является реконструкция (модернизация) существующего производства с целью увеличения производственных мощностей до 480 тыс. т соли в год. Одним из мероприятий в рамках данного инвестиционного проекта является «Строительство 5-й линии по производству таблетированной соли».

На предприятии работает более тысячи человек. Продукция ОАО «Мозырьсоль» в 2018 г. поставлялась в 20 стран.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корулин, Д. М. Геология и полезные ископаемые Белоруссии / Д. М. Корулин. – Минск : Выш. шк., 1976. – 160 с.
2. Минерально-сырьевая база Гомельской области (состояние и перспективы развития) / А. А. Махнач [и др.] ; под ред. А. А. Махнача. – Минск : Ин-т геохимии и геофизики НАН Беларуси : Белпринт, 2005. – 208 с.
3. ОАО «Мозырьсоль» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.mozyrsalt.by](http://www.mozyrsalt.by). – Дата доступа: 21.05.2019.

УДК 528.942

#### **А. Н. МАЕВСКАЯ**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина  
E-mail: [maevskaya.anna@inbox.ru](mailto:maevskaya.anna@inbox.ru)

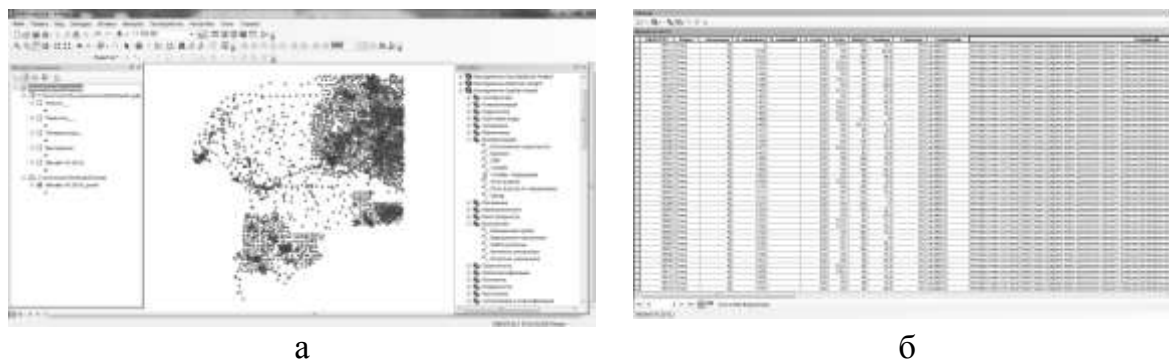
#### **АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В настоящее время отмечается активное использование ГИС-технологий в решении ряда геологических задач: разработка и создание баз пространственных данных, представление в картографическом виде географических планов и разрезов месторождений, проведение анализа месторождений и др. Широко применяются ГИС-технологии и в решении задач моделирования структурных геологических поверхностей (создании моделей кровли и подошвы пластов), основой для построения которых выступают результаты бурения скважин для технологических целей или разведки на различные виды природных ресурсов.

В данной работе представлен алгоритм создания структурных геологических моделей с применением настольного пакета ArcGIS 10.5, разработанный и апробированный для территории Подляско-Брестской впадины и Луковско-Ратновского горста. Информационной базой для составления моделей послужили данные буровых работ (3 732 колонки буровых скважин).

Представленный в данной работе алгоритм учитывает существующие подходы к построению структурных геологических поверхностей, представленные в научной литературе [1–3], и включает несколько этапов.

**Проектирование базы данных геологических скважин.** В рамках данного этапа было выполнено создание точечного shape-файла с нанесением на него позиций буровых скважин, а также заполнение атрибутивной таблицы по следующим параметрам: номенклатура, номер отчета, номер скважины, ее координаты и абсолютная отметка, глубина залегания пластов, абсолютные отметки кровли и подошвы, стратиграфия (рисунок 1).



**Рисунок 1 – База данных геологических скважин:**

а) слой с позициями буровых скважин, б) таблица атрибутов

**Выбор варианта построения геологической модели.** На данном этапе с учетом информации, имеющейся в исходной спроектированной базе данных, было рассмотрено два основных варианта построения будущей геологической модели: «от общего к частному», т. е. построение от более крупных стратиграфических подразделений, в данном случае «система», к мелким («горизонт»), и «от частного к общему», т. е. построение от наименьших стратиграфических подразделений («горизонт») к крупным («система»). Но с учетом того что построение моделей крупных структур лучше поддается процессам автоматизации, был выбран первый вариант.

**Подготовка исходных данных.** Данный этап включал работы по объединению стратиграфических подразделений, представленных в исходной базе данных, до уровня системы. Объединение атрибутов таблицы осуществлялось с использованием системных наборов инструментов ArcGIS 10.5 (*Spatial Analyst – Data Management Tools – Generalization – Solve by attribute*).

В рамках данного этапа также была осуществлена выборка слоев из объединенной базы данных (*Analysis Tools – Extract – Select*), где в качестве критерия выступали стратиграфические подразделения. По результатам выборки

было сформировано три слоя, которые соответствуют трем периодам кайнозойской эры.

**Выбор метода интерполяции.** При выборе метода интерполяции учитывалось несколько ключевых особенностей: 1) количество опорных точек; 2) природа данных; 3) планируемая область применения. При этом наиболее важное значение среди перечисленных особенностей играет количество опорных точек. Если в основе построений лежит густая сеть опорных точек, эффективность использования ГИС-технологий для выявления и анализа геологического строения территории является высокой. В то же время при разреженной сети исходных применение методов автоматической интерполяции для построения моделей погребенного рельефа является невозможным [4].

Для построения grid-моделей кровли и подошвы пластов, представленных в данной работе, было рассмотрено применение нескольких методов интерполяции, представленных в наборе инструментов *Spatial Analyst: IDW* (обратно взвешенное расстояние), *Natural Neighbor* (естественная окрестность), *Kriging* (Кригинг), *Topo to Raster* (топо в растр). В целом все виды интерполяции, представленные в данном наборе инструментов, показывают корректные результаты, что обусловлено достаточно густой сетью опорных точек. В то же время наибольшая точность при построении моделей кровли пласта достигается методом *Topo to Raster*.

**Создание интерполяционных grid-моделей кровли и подошвы пластов.** На основе полученных в ходе выборки слоев (палеогеновая система, неогеновая система, четвертичная система), а также выбранного метода интерполяции (*Topo to Raster*) осуществлялось построение поверхностей кровли и подошвы пластов (рисунок 2). В целом было построено шесть grid-моделей (по две модели для каждого периода кайнозойской эры).



**Рисунок 2 – Пример grid-моделей кровли и подошвы пласта четвертичных отложений:**

а) модель кровли четвертичных отложений, построенная методом интерполяции *Topo to Raster*; б) модель подошвы четвертичных отложений, построенная методом интерполяции *Topo to Raster*

**Визуальный анализ построенных поверхностей.** С целью определения соответствия полученных поверхностей реальной модели погребенного рельефа данной территории был выполнен визуальный анализ построенных поверх-

ностей. Данный анализ показал, что в модели подошвы пласта четвертичных отложений присутствует ряд ячеек с локальными выпадающими значениями, которые могут являться значениями с ошибками в исходных данных либо выступать нормой для отдельных участков территории. Наличие таких значений обуславливает необходимость проведения дополнительного анализа, который позволит осуществить поиск и исключение некорректных данных из выборки в автоматическом режиме.

В дальнейшем на основе разработанных алгоритмов с целью автоматизации процесса построения структурных геологических поверхностей была составлена модель обработки, которая позволяет выполнять построение в пакетном режиме. Построение модели заключается в создании и связывании между собой процессов, реализующихся с помощью *ArcToolBoox*. С использованием исходного набора данных технологический процесс можно запускать многократно, дополняя его различными наборами исходных данных.

Таким образом, разработанная модель позволит: 1) выполнять на основе разработанных алгоритмов построения поверхностей других стратиграфических подразделений в автоматическом режиме; 2) дополнять исходную модель рядом других необходимых инструментов; 3) осуществлять построение региональных геологических разрезов по любому заданному профилю.

В перспективе планируется реализация следующих направлений: 1) построение растров мощности (вертикальной и истинной) на основе созданных grid-моделей кровли и подошвы пластов; 2) построение карт изолиний на основе построенных поверхностей; 3) выполнение операций наложения построенных поверхностей и их уравнивания; 4) осуществление перехода от построения моделей для крупных стратиграфических подразделений (система) к более мелким (горизонт).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крошинский, В. А. Геологическое картирование северного участка Минской возвышенности на основе ГИС-технологий / В. А. Крошинский // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : сб. материалов междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. К. И. Лукашева, Минск, 23–25 мая 2017 г. : в 2 ч. / БГУ ; редкол.: О. В. Лукашев (отв. ред.). – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 36–38.

2. Курлович, Д. М. Использование ГИС-технологий для разработки баз геоданных и информационных проектов месторождений бурых углей и горючих сланцев Республики Беларусь / Д. М. Курлович // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии : сб. материалов междунар. науч. конгр., Минск, 3 нояб. 2011 г. / БГУ. – Минск, 2011. – С. 188–193.

3. Ханжиян, Е. Геоинформационная система и база геоданных на основе карт «Атласа геологического строения и нефтегазоносности Юга России» / Е. Ханжиян, В. Мараев // *ArcReview*. – 2005. – № 1 (32).

4. Миронов, О. К. Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт г. Москвы / О. К. Миронов // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. – 2011. – № 3. – С. 198–214.

UDC 553.78

**SIAMAK MANSOURI FAR**

Republic of Belarus, Minsk, Belarusian State University

E-mail: siamak\_mansourifar@yahoo.com

**HYDROTHERMAL MANIFESTATIONS IN NORTH WEST IRAN  
AND GEOTHERMAL RESOURCES**

**Introduction.** Characteristics of springs (especially hot springs) in orogenic regions are due to the interaction between water, rocks, and environmental conditions like lithology, pathways, residence time underground, and many other factors. The origin of elevated temperatures in hydrothermal reservoirs (hot/warm springs) can be due to the geothermal gradient with deep circulation of groundwater through faults, chemical reactions (e. g., in evaporates and oil field brines), heat produced through radioactive decay of long-living radioactive material (isotopes), and mixing of meteoric water with magmatic water or water steam in volcanic area [1].

The hydrothermal phenomenon most often occurs where the released water and vapor are related to regional volcanic activities. The geothermal heat transfer to the ground surface occurs through aqueous and magmatic/volcanic systems. In an aqueous system, cold surface water can penetrate to depth through deep faults/fractures, where convective currents cause heating or even boiling of water. Subsequently the high temperature groundwater flows upward creating a hydrothermal system on or near the ground surface as hot springs or thermal groundwater discharge within an aquifer [2].

In a geothermal field, an aqueous system can be seen as hot springs, geysers, and mudpot subsystems. At the same time springs of warm and hot water are indicators of the presence resources of geothermal energy within the sedimentary cover, or upper parts of cracked basement. Therefore, their areal distribution is closely related to elevated temperatures within cracked and permeable rock massifs. We consider such manifestations in the article on an example of the north and northwester Iran.

**Geology.** A geologic survey is usually the first work to be conducted “on the ground” and aims at detecting and characterizing the following [3]: *1. Tectonic and stratigraphic setting 2. Recent faulting 3. Distribution and age of young volcanic rocks 4. Location and nature of thermal manifestations 5. Hydrothermally-altered ground and rocks.*

**Young Volcanic Rocks.** These rocks were subjected to high-grade metamorphism and can provide an evidence of for geothermal resources, usually high-temperature geothermal reservoirs. Young volcanic rocks in west Azerbaijan province (WAP) are divided into two main groups, namely Quaternary rocks and Pliocene ones. It should be noted that latter ones are not very young, therefore in some cases these rocks can also form some low temperature geothermal resources.

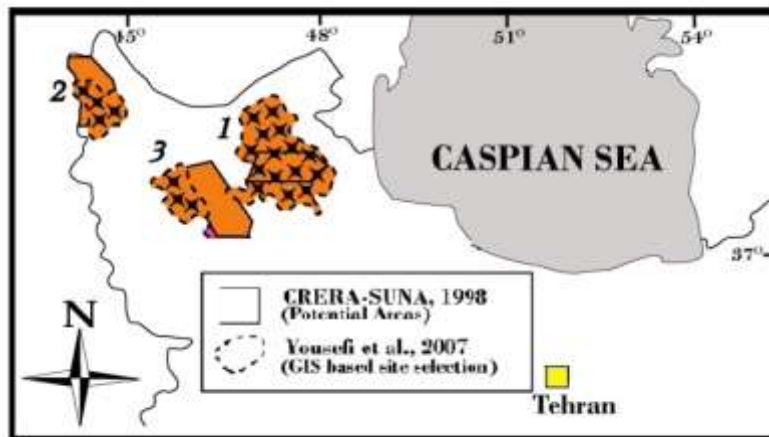
Quaternary volcanic rocks are located in the northern and central parts of the WAP, while Pliocene volcanic rocks exist in the southeastern part. Based on geological maps, both groups of volcanic rocks are basaltic in composition. However, there are some geothermal situations within this area, for instance, in Silvana and



Shahindezh, there are geothermal prospects, where there are not any outcrops of young volcanic rocks surrounding warm springs.

**Geothermal Prospects in the UDMA part of Volcanic Rocks.** Extensive part of Volcanic Rocks zone proposed by [4] has been recognized as Urumieh-Dokhtar volcanic zone or the Urumieh-Dokhtar Magmatic Assemblage (UDMA) by various geologists [5; 6]. This NW-SE trending zone is 150 km in width and is situated in the north of Sanandaj-Sirjan metamorphic belt [7]. have proposed that this subduction-related Andean-type magmatic arc has been active from the Late Jurassic to the present. The Plio-Quaternary volcanic belt being known as Sahand-Bazman Quaternary volcanic belt extends across the UDMA. The UDMA and Sahand Bazman Plio-quaternary volcanic belt host most of the geothermal prospects of Iran, including Sabalan, Khoy-Maku, Sahand, Taftan-Bazman, Takab-Bijar, Isfahan-Mahalat, Avaj, and Baft.

**Sabalan Area (No. 1).** The Sabalan volcano (Figure and Table) and relating geothermal area is located in the Ardebil province, NW Iran. It is 4811 m high and its deposits covers an area of approximately 1 200 km<sup>2</sup>. Volcanologically, Sabalan is similar to Sahand volcano (Stromboli-Plinian-Peléan composite stratovolcano) and consists of three cones that are extensively eroded by collapse of their craters. It has been active from the Eocene to Pliocene. Studies indicate that the stages of pre- and after caldera formation have occurred in Plio-Quaternary times. It has mainly andesitic, dacitic to latite-basaltic lavas and pyroclastics with minor rhyoliticignimbrite lavas. The Sabalan volcano is the location of the most explored geothermal field in Iran (Figure).



**Figure – Fragment from Geological classification map of Iran's geothermal prospects [8]**

**Table – Geological classification of geothermal areas in NW Iran (fragment from [8])**

Geothermal Prospects	Structural – Sedimentary Basin	Temperature – based Type	Crustal Heat Source	Resource Category
Sabalan	Volcanic Rocks (UDMA)	High Temperature	Magmatic	S. H. (Hydrothermal)
Khoy-Maku	Volcanic Rocks (UDMA)	High Temperature	Magmatic	S. H. (Hydrothermal)
Sahand	Volcanic Rocks (UDMA)	High Temperature	Magmatic	S. H. (Hydrothermal)

Note – S. H. – Stem Hydromagmatic.

**Khoy-Maku Area (No. 2).** Volcanic formations in the most NW regions of Iran such as Khoy, Maku and Seru pertain to KhoyMaku geothermal area and are mostly comprised of basaltic flows relevant to the Ararat volcano in Turkey, EW and NW-SE prolongation of the volcano series, including the Ararat, Sufan, Namrud, and Tandurk volcanoes in Turkey and Armenia. With up to 200 m thickness, they cover an area of approximately 700 km<sup>2</sup> and compose a variation of volcanic rocks of different composition. They dominantly form flat structures and low topographic features in a way that can be classified as Hawaii-type volcanic activity (Figure).

**Sahand Area (No. 3).** Having an area of about 4 500 km<sup>2</sup> and a height of 3 707 m, it is situated in 40 km south of Tabriz city, NW Iran. It is another classic composite stratovolcano that is fairly older than the Quaternary volcanic rocks (middle Miocene to late Pleistocene). Stromboli-Plinian-Peleian explosive features demonstrate a semi-marine environment for the Sahand volcano at the time of its explosion. It is composed of rhyolitic, dacitic, andesitic lavas and pyroclastics. Occurrence of pumice and volcanic ashes implies that it used to be an explosive volcano (Figure).

**Warm and hot springs.** The temperature of hot spring manifestations at the ground surface within the considered area changes in a wide range from around 20–30 till 70–80 °C depending on local geologic environment and their locality. They are good indicators of availability of hot rocks situated close to the ground surface. The considered area belongs to the Alpine-Himalayan folded belt where rocks are intensively cracked in result of recent tectonic movements. Many activated and differently oriented faults cross these area. These pathways produce a convective component of heat transfer from below, which warms up the upper part of the geologic section. Hot springs are available in many localities of the West and East Azerbaijan, Ardebil, Mazandaran, North Horasan, where in the latter one according to Na–K isotopic thermometers based on the Ayub-Peighambar and Shafa water springs, the temperature can reach as high as 100–110 °C [1].

**Conclusions.** The considered area of the NW Iran belongs to the Alpine-Himalayan folded belt with is characterized by developed system of cracks and deep penetrating faults, which are conduits of heat from below to the ground surface. It provides the convective component of heat transfer. Hydrothermal convective cells are situated close to the surface of the sedimentary cover and in many localities they reach the ground surface with warm or hot water discharge in the form of springs. Hence the availability of such springs witnesses on the shallow reservoirs of geothermal energy. It could be used by means of heat pump installations. Other applications are spas (swimming and recreational facility near Meshkinshahr, Lavidj spa in a resort area of Mazandaran Province), swimming pools (Ayub-Peighambar and Shafa hydrothermal manifestations), heating of buildings, etc.

Hydrothermally altered rocks show the evidence of high-enthalpy geothermal reservoirs, which could be considered and potential sources of underground water steam systems. An example of such system is the Sabalan power plant the temperature of the water stem exceeding 200 °C.

## REFERENCES

1. Mohammadzadeh, H. Geofluids Assessment of the Ayub and Shafa Hot Springs in Kopet-Dagh Zone (NE Iran): An Isotopic Geochemistry Approach / H. Mohammadzadeh, M. Kazemi // *Geofluids*. – 2017. – № 2017 (2):1-11.
2. Todd, D. *Groundwater Hydrology* / D. Todd. – New York : Argosy Publishing, 2005.
3. DiPippo, R. *Geothermal power plants. Principles, Applications, Case studies and Environmental Impact* / R. DiPippo. – Butterworth-Heinemann, 2007. – 520 p.
4. Aghanabati, S. A. *Geology of Iran. Geological survey of Iran Press* / S. A. Aghanabati. – Tehran, 2004. – 586 p.
5. Schroder, J. W. *Essai sur la structure de l'Iran* / J. W. Schroder // *Ecologiae Geologicae Helvetiae*. – 1944. – № 37. – P. 37–81.
6. Alavi, M. *Regional stratigraphy of the Zagros folded-thrust belt of Iran and its foreland evolution* / M. Alavi // *American Journal of Science*. – 2004. – Vol. 304. – P. 1–20.
7. Berberian, M. *Towards a palaeogeography and tectonic evolution of Iran* / M. Berberian, G. C. P. King // *Canadian Journal of Earth Sciences*. – 1981. – Vol. 18. – P. 210–265.
8. Kosari Torbehbar, A. *Geological Classification of Proposed Geothermal Areas of Iran* / A. Kosari Torbehbar, M. Haghazadeh Liseroudi // *Proceedings World Geothermal Congress*. – 2015. – April. – P. 19–25.

УДК 553.99(477)

**В. М. МАЦУЙ, Е. А. РЕМЕЗОВА, У. З. НАУМЕНКО**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: v\_matsui@ukr.net; elena.titania2305@gmail.com; uznaum@gmail.com

## **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ СМОЛ СОВРЕМЕННЫХ КОНТИНЕНТОВ**

Ископаемые смолы (ИС) – аморфные высокомолекулярные соединения органических веществ, распространены на всех континентах земного шара и имеют множество различных наименований. Наиболее популярны и широко известны смолы, применяемые в ювелирном производстве. Прежде всего это янтарь (сукцинит) – самая ценная разновидность, добываемая исключительно на территории Балтийско-Днепровской янтареносной провинции. Основным положительным свойством янтаря-сукцинита (ЯС) как ювелирно-поделочного камня является вязкость (низкая хрупкость) при чрезвычайно высокой декоративности (фото). Он легко пилится, обтачивается, сверлится, полируется и поддается облагораживанию. Наличие свободной янтарной кислоты и ее солей (до 8 % и более) открывает широкие возможности применения в химической промышленности, медицине, сельском хозяйстве.

Лишь по некоторым параметрам к ЯС приближается небольшая группа ИС, так называемых «янтареподобных смол»: бирмит, дялтинит, доминиканский янтарь, канадский янтарь, румэнит, симетит, янтарь японский (японская смола) и др.

Иная группа ИС – хрупкие и не применяемые в ювелирном деле смолы ретинит, айкаит, телегдит, альмашит, пиатра и мн. др. – используется частично в химической и других отраслях промышленности.



**Фото – Ископаемые смолы:**

А – алингит, Б – симетит, В – янтарь-сукцинит

Самые «молодые» ИС приурочены к современным влажным тропическим и субтропическим лесным ландшафтам Африки, Южной и Центральной Америки, Юго-Восточной Азии, Австралии и Океании. Формируются они на протяжении плейстоцена и голоцена. Эти еще незрелые ИС (копал, амбрит) характеризуют незавершенный этап наземно-болотных преобразований живицы – смолы как хвойных (*Agathis* и др.), так и широколиственных пород деревьев (*Hymenaea*).

Не вызывает сомнений пространственная близость месторождений бурых углей, лигнита и ИС разных видов, что свидетельствует об их парагенетических и генетических связях.

В процессе исторического развития древесной растительности экскреция живицы впервые появилась в девоне (порядка 400 млн лет) на этапе вытеснения споровых и появления первичных голосеменных папоротниковидных и хвойных, а начало промышленного угленакопления (превращения отмерших растений в уголь) датируется средним девонem (397–391 млн лет). В позднем девоне и карбоне при благоприятном климате и рельефе происходило интенсивное формирование каменноугольных бассейнов в регионах Евразии, Северной Америки и иных континентов.

В процессе эволюции растительного мира увеличились площади ареалов голосеменных (пермь – триас) и покрытосеменных (цветковых) растений (мел – квартер). В угольных напластованиях среднеюрской эпохи впервые фиксируются инклюзы, представленные остатками древнейших из известных животных включений (Ливан). В меловом периоде значительно расширяются ареалы растительности. В зависимости от природной среды и условий фоссилизации первичные авто- и аллохтонные месторождения ИС представлены различными минераль-

ными видами ИС – бирмит, румэнит, айкаит, ретинит, седарит и др. с включениями представителей животного и растительного царства мелового периода.

В палеогене произошла вторая перестройка древесной растительности, что вызвало новую волну сукциноза и накопления смоляных выделений (протоянтаря) на заболоченных площадях произрастания «янтарных лесов». В позднем эоцене – раннем олигоцене палеоторфяники и формирующиеся бурые угли с включениями протоянтаря подвергались значительным размывам. Дальнейшая фоссилизация протоянтаря и формирование самых различных видов ИС происходили в морских и континентальных обстановках. В местах первичных скоплений протоянтаря (буроугольных бассейнах) в анаэробных условиях проходило закрепление всех типичных признаков и свойств ИС (хрупкость, трещиноватость и др.); в морской глауконитсодержащей обстановке протоянтарь приобретал характерные черты ЯС (вязкость, наличие янтарной кислоты и ее солей), формировались россыпи первых промежуточных коллекторов.

Таблица – Некоторые разновидности ископаемых смол

БИОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ (ПЕРВИЧНЫЕ) ЗАЛЕЖИ	Автохтонные и аллохтонные ископаемые смолы (ИС)	Название	Цвет	Отложения (первоисточник)	Страны
		Айкаит	бледно-желтый, красно-бурый	бурые угли	Венгрия, Шотландия
		Валховит	красновато-желтый, бурый	бурые угли	Чехия
		Кранцит	светло-желтый, зеленый	бурые угли	Германия
		Ливанская смола	восково-желтый	бурые угли	Ливан
		Ретинит	желтый до коричневого, бурого и красного	бурые угли	США, Германия, Испания, Канада, Ливан, Чехия, Россия, Украина
		Росторнит	красно-бурый	бурые угли	Австрия
		Седарит (чемавинит)	красновато-желтый, темно-бурый	бурые угли	Канада
		Тринкерит	гиацинтово-красный до каштаново-бурого	бурые угли	Италия, Австрия
		Уилерит	желтый, красный	бурые угли	США, Мексика, Россия
		Яулингит	медово-желтый	лигниты, угли	Австрия
		Пиатра	зеленовато-голубой, темно-зеленый, коричнево-зеленый, иногда почти черный	песчаники	Румыния
		Некоторые разновидности румынита		песчаники, алевролиты	Карпаты

## Продолжение таблицы

БИОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ (ПЕРВИЧНЫЕ) ЗАЛЕЖИ	Автохтонные и аллохтонные ископаемые		Название	Цвет	Отложения (первоисточник)	Страны	
				Копал – собирательный термин для обозначения посленеогеновых (антропогенных и современных) ИС	бледно-желтый, прозрачный, желтоватобурый	почвенный слой современных тропических лесов. Ископаемые копалы – песок, суглинок, торф. Застывший сок современных деревьев	тропические и субтропические области Африки, Америки, Австралии, Юго-Восточной Азии, острова Океании
ВТОРИЧНЫЕ РОССЫПИ	Специфические незрелые ИС в «голубой земле»		Беккерит	бурый, коричневый	«голубая земля»	Германия	
			Геданит	желтый, винножелтый, грязножелтый	«голубая земля»	Германия	
			Глессит	красно-бурый, бурый, чернобурый	«голубая земля»	страны Прибалтики	
			Стантиенит	буро-черный, непрозрачный	«голубая земля»	Украина, Германия	
	ИС, прошедшие катагенез в морской среде с глаукоцитом		Янтарь-сукцинит	все расцветки	пески глинистые, алевриты, глины с обугленной древесиной	страны Прибалтики, Беларусь, Украина	
		ИС, испытавшие горное давление и дислокацию		Бирмит	желто-бурый, красный, темно-коричневый	песчаники, сланцы, конгломераты	Бирма
				Делятинит	светло-желтый, буро-желтый	битуминозные аргиллиты	Украина
				Доминиканский янтарь	светло-желтый до коричневого, красно-коричневый	песчаники, глинистые сланцы	Доминиканская Республика
				Мексиканский янтарь	желтый, красно-бурый	песчаники, сланцы	Мексика
				Румынит	желтый, красный, коричневый, черный	мергелистоглинистые породы	Румыния
				Симетит	красно-бурый, оранжевый, красный, желтый	песчаники, сланцы	Сицилия, Мексика, Апенинский полуостров

УДК 549.091(477)

**В. А. НЕСТЕРОВСКИЙ, Л. А. ВОЛКОНСКАЯ**

Украина, Киев, КНУ имени Т. Шевченко

E-mai: v.nesterovski@ukr.net; lvolks@ukr.net

## **ЯШМЫ УКРАИНЫ**

В современной геммологии к яшмам относится большая группа декоративных пород разного состава и генезиса, которые объединены признаками криптозернистой структуры и преобладающего силицитного состава. Декоративность обусловлена своеобразной пестрой неоднородной окраской и текстурным рисунком. Яшмы классифицируются по минеральному составу, генезису, декоративности, географической привязке и т. д. Основными хромофорами яшм выступают оксиды и гидроксиды железа, марганца, хлориты, эпидот, пумпеллиит, актинолит, глаукофан, рибекит. В разных комбинациях эти минералы дают огромное многообразие цветовой гаммы, что ставит их на перове место по количеству разновидностей.

Геммологическая оценка яшм основывается на их декоративности и технологических свойствах. К главным параметрам декоративности следует отнести окраску, наличие и контрастность текстурного рисунка, пространственную выдержанность цвета и его оптическое воздействие, оптимальное расстояние для восприятия. По комплексу цветовых параметров яшмы можно разделить на три большие группы: однотонные, полосчатые, пятнистые (пейзажные). Между этими группами существуют многочисленные разновидности.

К основным технологическим параметрам относятся твердость, вязкость, пористость, трещиноватость, блочность, полируемость.

Яшмы на территории Украины имеют небольшое распространение и относятся к трем генетическим группам: эндогенной, экзогенной и метаморфогенной.

**Яшмы Украинского щита (УЩ).** В корях выветривания нонtronитового типа проявления яшм выявлены на территории Среднего Побужья. Яшма образует маломощные (до 10 см) жилы длиной до 50 м и отдельные небольшие тела неправильной формы размером до 10–12 м в поперечнике. Они встречаются в третьей и четвертой зонах профиля. Сложены тонкозернистым халцедоном, дисперсным кристобалитом с примесями гетита, лимонита, глинистых минералов и кварца. Окраска желтая, коричнево-желтая, охристо-желтая, темно-красная. Текстуриный рисунок однородный, прожилково-пятнистый.

Окремнение жильных яшм значительно выше массивных. Содержание  $\text{SiO}_2$  в жильных яшмах 89,5–93,4 %, а в массивных – до 65 %.

Спорадически во 2-й и 3-й зонах профиля встречается зеленая яшма – плазма. Форма выделения – желваки. Они тяготеют к узлам пересечения халцедоновых жил, а также к контактам гидрохлоритовых пород и измененных серпентинитов с породами кислого состава. Породообразующими минералами плазмы являются халцедон и хлорит, второстепенные – опал, кварц, кварцин, гетит. Окраска плазм в большинстве случаев бледно-зеленая, иногда пятнистая.

С линейной и площадной корой выветривания Завальевского месторождения графита связано проявление яшм и авантюринового кварцита.

Яшмы залегают в виде жил, линз мощностью от 5–40 см до 1 м и желваков размером 5–10 см. Сложены халцедоном, кварцином, кварцем с примесью гидроокислов железа, мусковита, апатита, глинистых и карбонатных минералов. В качестве хромофоров выступают селадонит, хлорит, оксиды железа. В виде вкраплений встречается графит. Содержание  $\text{SiO}_2$  изменяется от 75 до 90 %. Цвет яшм зеленый разных оттенков с желтыми, розовыми, белыми, коричневыми прожилками и включениями. Среди текстурных рисунков преобладают сферолитовый (очковый), прожилково-сферолитовый, пейзажный. Яшма хорошо обрабатывается, принимает зеркальную полировку.

Яшмы эндогенного генезиса установлены в толще кварцевых диорит-порфиритов и палеотипных риолитов протерозоя в пределах Волынского мегаблока УЩ. На южном склоне Овручской грабен-синклинали эти породы выходят на дневную поверхность и обнажаются в районе населенных пунктов Збраньки, Подвеледники, Переброды и вошли в литературу как «Збраньковские яшмы». Представляют собой линзоподобные тела до 1,5 м. Цвет сургучно-красный, однородный, реже с неясным текстурным рисунком. Макроструктура тонкозернистая, под микроскопом атакситовая, флюидальная. В составе яшм преобладает халцедон микросферолитового строения, который находится в дисперсной слабо раскристаллизованной массе. Цвет обусловлен оксидами и гидроксидами железа. Збраньковские яшмы легко обрабатываются, полируются до зеркального блеска. По декоративным свойствам не отличаются от сургучных яшм Казахстана и Урала. Они хороши для изготовления глиптики и мозаичных работ.

**Яшмы Донбасса.** Проявления яшм известны на юго-западной окраине Донецкого складчатого сооружения. Локализованы в пределах распространения вулканогенно-осадочных пород верхнего девона и приурочены к контактными зонам туфов франско-фаменского ярусов и докембрийских гранитоидов с карбонатными породами нижнего карбона. На дневную поверхность яшмы выходят в долине реки Мокрая Волноваха. Наиболее интересным является Каракубское проявление.

По петрографическому составу яшма соответствует окремневшему и хлоритизированному фельзитовому порфириту. Это плотная микрокриптозернистая порода с однородной, пятнистой или полосчатой текстурой. В шлифах имеет микрофельзитовую структуру. Яшма сложена криптокристаллическим кварцем с мелкими включениями реликтового альбита и вулканического стекла.

Окраска обусловлена присутствием хлорита и гидроксидов железа. В целом преобладают желто-зеленые, желто-бурые и коричнево-зеленые оттенки. Иногда встречаются голубовато-зеленые и желто-зеленые разновидности. Основным недостатком яшм является их высокая трещиноватость. По плоскостям отдельности они раскалываются на плитку размером 20–25 см при средней толщине до 15 см.

**Яшмы Волыно-Подолья.** Проявления яшм связаны с вулканиками береговецкой свиты волынской серии венда. Они входят в состав трапповой формации юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы, область развития



которой охватывает территорию юго-западной Беларуси, северо-запада Украины и восточной Польши. На территории Ровенской и Волынской областей вулкани- ты прослеживаются полосой до 120 км в северо-западном направлении, шири- ной 12–14 км на юге и до 22 км на севере.

Проявления яшм выявлены в карьерах Ивано-Долинского месторождения базальтов (Ровенская область) и приурочены к разлому северо-западного про- стирания. Это небольшие (до 10–15 м в длину и до 2,5 м в ширину) линзоподоб- ные тела, представляющие собой интенсивно-переработанный окварцованный туф, преимущественно сургучно-коричневой окраски. Иногда яшмовые тела проявляют зональное строение. В центральной части более однородные, а в пе- риферийной – пестрые с брекчиевой текстурой.

**Яшмы Крыма.** Проявления яшм выявлены в районе палеовулкана Кара- даг, мыса Фиолент и междуречья Альма-Бодрак. Все они приурочены к вулкани- ческим фациям, для большинства из которых устанавливается среднекембрий- ский-кимериджский возраст. По генезису принадлежат к гидротермальным и гидротермально-метасоматическим образованиям. Форма проявления – жилы. Наиболее масштабное проявление яшм связано с Карадагским вулканическим массивом.

Яшмы и яшмоиды Карадага отличаются широким разнообразием цвета и неповторимостью рисунка. Некоторые являются уникальными. В междуречье Альма-Бодрак яшмы в небольших объемах можно найти среди аллювиальных и склоновых отложений. В районе мыса Фиолент проявления яшм связаны с вул- канитами и их туфами, которые раскрываются побережьем Черного моря на участке от Балаклавы до Севастополя. В районе Георгиевского монастыря за местным пляжем даже закрепилось название Яшмовый.

Яшмы Карадага имеют преимущественно кварц-халцедоновый и халцедо- новый состав. Среди них распространены желтые, фиолетовые, голубовато- зеленые, реже зеленые, красные и др. Особо привлекательными являются сире- невая, парчовая, гелиотроповая, форелевая и черноморитовая разновидности.

Природу окраски желтых и сиреневых яшм изучали В. А. Супрычев (1973) и М. Е. Яковлева (1976), форелевой – В. А. Нестеровский (2012). Желтая окраска обусловлена примесью тонкодисперсного гетита, а сиреневая – комбинацией гид- рогематита и гетита. Кроме того, в яшмах установлены примеси пирита, гематита, опала, кальцита, селадонита, апофиллита, цеолитов, которые находятся в разных комбинациях и количествах. Все это в совокупности дает разнообразие цветовой гаммы и неповторимость рисунка. Рисунок форелевой яшмы обусловлен присут- ствием прокристаллов альмандина с примесями спессартина и гроссуляра, кото- рые образуют красные пятна, и псевдоморфозы эпидота по плагиоклазам, которые образуют темные пятна. Дополнительным декорирующим элементом выступают гидроксиды железа глобулярного строения, рассеянные по всей массе породы.

Большинство исследованных яшм Украины имеют малую блочность, од- нако, учитывая их огромное цветовое разнообразие и способность к обработке, их можно успешно использовать для изготовления ювелирных и сувенирных из- делий небольших форм и мозаики. Они также представляют интерес для коллек- ционирования.

УДК 550.834

**Я. А. ПЕРЕВОЛОЦКАЯ**

Беларусь, Гомель, БелНИПИнефть

E-mail: Ya.Perevolockaya@beloil.by

### **AVO-АНАЛИЗ – КАЧЕСТВЕННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕЖСОЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

Одним из методов, применяемых при проведении динамической интерпретации сейсмических данных, является AVO-анализ. Информативность метода признана специалистами во всем мире, его практическое применение в большей степени ориентировано на прогнозирование залежей газа в терригенных породах, однако в последнее время данный вид анализа используется и для карбонатных коллекторов. Аномалии, выделяемые по данному виду анализа, могут косвенно подтверждать потенциальную продуктивность осадочной толщи и снизить риски поисково-разведочного бурения [1].

Основная цель AVO-анализа – это получение информации из сейсмической записи, которая в первую очередь характеризовала бы литологию, флюидонасыщение, поэтому одним из немаловажных факторов получения качественного результата является проведение предварительного анализа сейсмического материала [2].

Исходными сейсмическими данными для AVO-анализа являются мигрированный куб сейсмограмм в глубинной области и глубинно-скоростная модель. Мигрированные сейсмограммы переводят из глубинной во временную область, используя глубинно-скоростную модель. Использование для AVO-анализа скалированных во временную область сейсмограмм позволяет скорректировать амплитуды горизонтальных различий динамических эффектов – геометрическое расхождение и потери на прохождение, а также эффекты регистрации [3].

С целью оценки качества обработки сейсмического материала, т. е. его пригодности для проведения дальнейших процедур динамической интерпретации сейсмических данных, осуществляется оценка изменения основных параметров сейсмической записи (спектр, отношение сигнал – помеха, разрешенность).

Как правило, в ходе подготовки к проведению AVO-анализа несуммированные сейсмические данные подвергаются корректировке с применением процедур дообработки в режиме сохранения истинных амплитуд (Design Preconditioning). Основная задача процедур дообработки заключается в том, чтобы учесть все эффекты распространения волн, влияющие на амплитуду, и подготовить данные таким образом, чтобы амплитуда была пропорциональна коэффициенту отражения.

С целью получения сейсмограмм, пригодных для проведения AVO-анализа для площадей Припятского прогиба, стандартно применяются следующие процедуры дообработки: медианный фильтр, Bandpass Filter, Wavelet Unstretching, амплитудная балансировка, геометрическое расхождение [1].

На основе проведенной оценки сейсмического материала, его дообработки, а также анализа имеющейся на площади скважинной информации выполняется AVO-анализ, в ходе которого несуммированные данные на основе подобранных линейных аппроксимаций пересчитываются в AVO-атрибуты, являющиеся мерами различных упругих параметров. Программный пакет Probe компании Paradigm позволяет создавать объемные AVO-атрибуты.

Для расчета AVO-атрибутов задается Линия Мадрока (для расчета аппроксимации Аки – Ричардса – линия нормального соотношения  $V_p/V_s$ ). Аномальными программа считает значения, не попадающие на эту линию, т. е. отличающиеся от фоновых. Соотношение рассчитывается по кросс-плоту между скоростями продольных и поперечных волн [4].

С целью определения характера аномалий осуществляется построение кросс-плотов между соответствующими атрибутными парами карт, выделяемые аномалии могут быть обусловлены отличными от окружающих пород свойствами, поэтому для проведения AVO-анализа на площади необходимо наличие достаточного количества скважин, которые имели бы в своем разрезе породы-коллекторы с различными свойствами или их отсутствие.

Специфический характер AVO-аномалий определяется для каждого конкретного месторождения отдельно, поскольку геологические условия по площадям Припятского прогиба имеют отличия.

Анализ пар соответствующих атрибутов в интервалах межсолевой толщи на ряде площадей Припятского прогиба, а также кросс-плотов между этими картами позволяет характеризовать атрибуты  $\text{Lambda} \cdot \text{RhoReflectivity}$  и  $\text{Mu} \cdot \text{RhoReflectivity}$ , Fluid Factor, а также Normal Incidence Reflectivity, Gradient как наиболее информативные.

Таким образом, в условиях сложнопостроенных карбонатных коллекторов Припятского прогиба AVO-анализ стоит рассматривать как качественный метод, поскольку по полученным результатам нельзя дать количественную оценку параметров фильтрационно-емкостных свойств коллекторов, однако результаты его несут много дополнительной информации о продуктивных свойствах пластов с высокой степенью достоверности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переволоцкая, Я. А. Применение AVO-анализа для оценки межсолевого комплекса Красносельского месторождения Припятского прогиба / Я. А. Переволоцкая, А. П. Шкрабов // Литасфера. – 2017. – № 1 (46) – С. 129–134.
2. Ross, C. P. Seismic offset balancing / C. P. Ross, P. L. Beale // Geophysics. – 1994. – Vol. 59. – P. 93–101.
3. Воскресенский, Ю. Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов : учеб. пособие для вузов / Ю. Н. Воскресенский. – М. : РГУ нефти и газа, 2001. – 68 с.
4. Foster, D. J. Another perspective on AVO crossplotting / D. J. Foster, R. G. Keys, J. M. Reilly // The Leading Edge. – 1997. – Vol. 16. – P. 1233–1237.

УДК [553.99+338.481](477)

**Е. А. РЕМЕЗОВА, В. М. МАЦУЙ, У. З. НАУМЕНКО**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: elena.titania2305@gmail.com; uznaum@gmail.com

### **ИЗУЧЕНИЕ СЕТИ УКРАИНСКИХ «ЯНТАРНЫХ ПУТЕЙ» КАК ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ОДНОИМЕННОГО ГЕОТУРИСТИЧЕСКОГО БРЕНДА**

Вопросы истории янтаря в материальной культуре, освоение залежей и пути транспортировки в страны Средиземного моря и отдаленные регионы Азии и Африки на территории западной Европы изучаются и широко освещаются в современной научной и популярной литературе с XIX–XX вв. [1]. Украинский регион, охватывающий юго-западную часть янтареносной провинции, в этом плане по известным причинам до настоящего времени все еще остается белым пятном. В связи с подъемом интереса туристов к «янтарным путям» Европы представляется необходимым более детальная разработка туристических маршрутов, которые бы отражали основные этапы освоения янтарных залежей в Украине.

Древнейшие свидетельства использования янтаря в быту, а также в качестве материала для изготовления украшений и межплеменного обмена впервые установлены на территории Среднего Приднепровья и Украинского Полесья в конце эпохи позднего палеолита 18–15 тыс. лет тому назад. Проживавшие здесь первобытные охотники оставили после себя следы уникальных сооружений – жилищ из костей мамонта, которые наиболее изучены в долинах рек Десны у с. Мезин, Днепра в Киеве, Супоя у с. Добраничевка, Роси и ее притока Росавы у с. Межиричи [2]. В хозяйственном комплексе отмеченных поселений, а также в сезонных охотничьих стоянках в бассейне реки Трубеж близ с. Семеновка и в Полесье – поселение Бармаки (г. Ровно) в бассейне реки Горынь – наряду с кремниевыми изделиями выявлены выветрелые куски необработанного и обработанного янтаря-сукцинита, не встречавшиеся в более ранних палеолитических памятниках.

Радиоуглеродные датировки остатков костей мамонтов из отмеченных поселений любезно предоставлены археологом Д. Ю. Нужным: Межирич – 14 450 лет; Мезин – 14 560 лет; Добраничевка – 14 350 лет с возможной поправкой  $\pm 90$  лет (данные лаборатории Гронингена, Бельгия). Датировка мезинского жилища  $15\,600 \pm 250$  лет, поселение Бармаки –  $14\,300 \pm 220$  лет (данные Н. Н. Ковалюха, Институт геохимии окружающей среды НАН Украины) [2].

Палеогеографический анализ территории Балтийско-Днепровской янтареносной провинции конца позднего палеолита позволяет судить о том, что охотники-собиратели Среднего Приднепровья и Волыни в каменном веке уже интенсивно собирали местный янтарь и использовали его в быту, когда прибалтийские месторождения и проявления еще были недоступны для освоения. В поисках крупных животных охотники продвигались далеко на север в сторону края

отступающего ледника, а во времена осцилляции холода возвращались в места проживания. Многочисленные фактические данные позволяют судить о некотором переселении и обменной торговле позднепалеолитического человека, по крайней мере, на территории современной Украины. На это указывает значительное сходство кремниевого инвентаря, а иногда и почти полное тождество в наборе орудий труда «янтарных» поселений, например Ровно (Бармаки) и Мезина на Десне, отстоящих друг от друга белее чем на 500 км.

С развитием европейской цивилизации в конце мезолита (эпипалеолита) – переходной эпохи между палеолитом и неолитом (XIV–IX тыс. до н. э., по другим данным – 10–7 тыс. лет тому назад) – и в неолите (VI–IV тыс. до н. э.) янтарь-сукцинит Балтийско-Днепровской провинции постепенно становится предметом торговли. В неолите на побережье Балтийского моря янтарь уже собирали массово и, по-видимому, в больших объемах, что способствовало его массовой реализации. К тому же этот самоцвет приобрел огромную популярность в странах Средиземноморья, значительно удаленных от регионов его коренного залегания. Таким образом, в неолите янтарь-сукцинит становится предметом торговли со странами Средиземного и Черного морей, формируется западный материковый янтарный путь – Рейнский из Ютландии на юг Европы, а в начале II тыс. до н. э. – морской. Со Средиземноморья янтарные пути расходились в Египет, Индию и Китай.

На территории Украины это время (переход каменного века в бронзовый до раннего железного века, т. е. до раннескифского) слабо охарактеризовано артефактами, свидетельствовавшими об освоении и торговле янтарем в Полесье и бассейне Днестра и за пределами региона. Однако следует отметить, что выявленные на территории Украины в мезолите и неолите археологические памятники с обработанным и необработанным янтарем непосредственно примыкают к области коренных месторождений и янтарепроявлений Припятского и Днепровского янтареносных бассейнов, что позволяет считать этот янтарь местным, а не привозным с Прибалтики.

Из неолитических памятников Украины следует отметить могильник у с. Гордеевка Винницкой области (свыше 40 раскопанных курганов). Расположен он на водораздельной террасе между двумя притоками Южного Буга – Битюгом и Тростяничком. Инвентарный набор находок связывает этот могильник с так называемой курганной культурой, которая присуща Центральной и Восточной Европе на рубеже бронзового и железного веков [4].

Состояние захоронений Гордеевского могильника во время раскопок указывает на его разграбление в древние времена. Несмотря на это, почти в каждом погребении присутствовали находки из золота, серебра, бронзы, янтаря и др., причем поражает количество янтаря, который отмечался почти в каждом захоронении. Из всех известных в Европе коллекций археологического янтаря, которые находили в одном пункте, коллекция Гордеевки самая многочисленная, насчитывающая порядка 1 500 изделий преимущественно в виде бус и подвесок разных размеров и форм величиной в среднем 0,4–5 см. Гордеевский памятник воспринимается как «могильник избранных» [4]. Однако в пределах Северного

Причерноморья, охватывающего низовья рек, впадающих в Черное море (Днестр, Южный Буг, Днепр и др.), не вызывает сомнений значительная удаленность (порядка 800–1 000 км) Гордеевки от прибалтийских источников янтаря-сукцинита и очевидная близость приднепровских надпорожских янтарепроявлений, что в условиях медно-каменного века могло служить определяющим аргументом в пользу транспортировки янтаря из бассейна Днепра. Тогда реки являлись своеобразными артериями жизни, вдоль которых находились очаги цивилизации. В данном случае река Синюха (левый приток реки Южный Буг), как самый короткий и удобный водный путь из приднепровских янтарепроявлений к северным берегам черноморского побережья, в рассматриваемое время служила основным транспортным путем янтаря. Следует заметить, что в зимние месяцы года река Синюха из препятствия превращалась в замечательную транспортную дорогу.

Основываясь на приведенных данных, полагаем, что в медно-каменном веке янтарь-сукцинит доставлялся к скверным берегам Черного моря из приднепровских янтарепроявлений, что являлось продолжением традиций, заложенных еще в конце позднего палеолита (каменном веке), когда прибалтийский янтарь еще не разрабатывался.

В настоящее время формируется геотуристический маршрут в пределах Винницкой области, который включен в «Украинский янтарный путь». Недалеко от Гордеевки находится могила «Сорока» – самый большой скифский курган в Украине (IV–III вв. до н. э.). До момента раскопок он имел высоту 30–35 м и диаметр 200 м (сейчас только 16 м в высоту, а по периметру 60–80 м). Также известны скифские валы возле г. Немирова и Ильинецкая астроблема – геологический памятник. Здесь обнаружен карьер IX–XI вв., где добывался камень для жерновов, т. е. можно говорить о включенности этого региона в древние торговые пути.

До раннескифского времени в конце мезолита (медно-каменный век) янтарь-сукцинит доставлялся в прибрежные районы Северного Причерноморья с приднестровских янтарепроявлений. Этот же янтарный путь с надпорожистой части Днепра в Причерноморье осуществлялся и скифами в годы своего расцвета – V–IV вв. до н. э., когда племена Среднего Приднепровья и Полесья широко использовали древнейший промысел добычи «скифского янтаря» с помощью расчисток и копанок продуктивных горизонтов на крутых склонах Днепра и его протоков, днищах балок и оврагов, куда сносился янтарь временными потоками с размываемых бортов долин.

Скифские изделия из янтаря по качеству не уступали таковым из балтийского сукцинита. Скифский янтарь вывозили в страны античного мира и Ближнего Востока. Обменивался он преимущественно на золото и медь, изделия из бронзы и железа, оружие с чеканкой, тонкие сукна, а позднее – на монеты из золота и серебра. Центр ареала археологических находок янтаря-сукцинита охватил бассейн Южного Буга, куда было направлено движение янтаря с прибалтийского и днепровского первоисточников по левым притокам реки Южный Буг, а также балтийского (часть продолжения Вислинского пути – по реке Висла,

дальше на восток через Днепр, Дон, до Кавказа) и, вероятно, из Карпатского региона (транспортировались некоторые виды ископаемых смол – делятинит, руменит). Вероятно, идея этого пути впервые была высказана 2 тыс. лет тому назад Плинием Старшим в «Естественной истории». Ученый, цитируя некоторых древних авторов, писал о том, что янтарь добывался в Скифии, причем был он двух видов: один – белый, подобный воску, другой – темно-желтый. Предполагалось, что белый янтарь на территории Скифии поступал из днепровских и полесских янтарепроявлений, темно-желтый – из Восточных Карпат и Прибалтики.

В конце III – начале IV в. начал осваиваться торговый «янтарный путь» по Неве и Днепру, связывающий Балтийское море с Беларусью, Украиной, римскими колониями, Византией, Уральским Камнем, бассейном Волги. По данным археологов [1], мода на янтарь появилась в I–II вв. н. э., т. е. в это время были обновлены транспортные схемы (янтарные пути) с основных источников – прибалтийского и днепровско-полесского.

К концу VII в. международная торговля янтарем в Европе на несколько веков перешла в руки местных балтийских народов. «Главным торговым центром стало большое полиэтничное поселение Трусо в устье реки Вислы, где сходились пути, связывающие между собой Восточную, Западную и Северную Европу. Пути и морские, и речные, и сухопутные. И текли по ним и меха, и янтарь, и восточное серебро с севера на юг и с востока на запад» [3].

В эпоху Киевской Руси (IX в. – 40-е гг. XIII в.) Киев по сути был основателем одного из важнейших торговых (в том числе янтарных) маршрутов Средневековья – Великого Днепровского пути «из варяг в греки» (по летописцу Сильвестру). Это был наиболее короткий и экономичный, самый выгодный путь от Балтики до Константинополя, пролежавший через Киевскую Русь. «Янтарный путь» связывал Северную Европу с Южной и объединял все области восточнославянских племен и в свое время играл большую роль в экономике Киевской Руси. Пролегал от берегов Балтийского моря в Западную Двину, затем через волоки в Верхнее Поднепровье (река Друть) и далее вниз по Днепру в Черное море. Янтарь был одним из наиболее популярных товаров того времени. В Киеве и других городах времен Киевской Руси готовые изделия из янтаря находили не только в мастерских и складах, но и в единичных экземплярах в составе погребальных комплексов и жилищного инвентаря.

В настоящее время проводится экспедиция по изучению этих путей и истории флота Украины, которая станет основой для нового туристического маршрута. Основные разветвления этого пути:

- в верховьях Днепра – по речным артериям и волоком за Уральский Камень, в Прикамье и далее;
- от устья Днепра на восток в Крым и в Азовское море. Через Перекоп существовал древний канал, но с течением времени он был засыпан. Далее путь шел к устью Дона, вверх по Дону, затем по его левому притоку Иловле, волоком к правому притоку Волги Камышинке и вниз по Волге в Каспийское море;
- от устья Днепра к устьям рек Южный Буг, Днестр, Дунай.

Таким образом, основными украинскими направлениями торговых янтарных путей от коренных первоисточников являлись:

а) порожистая часть Днепра (Среднее Приднепровье – левые притоки реки Южный Буг (река Синюха и др.) – береговая полоса Черного и Азовского морей);

б) Днепровский торговый путь, в летописях названный «из варяг в греки» или «из грек в варяги». Днепровским путем янтарные изделия не только импортировались с берегов Балтики (не позднее XI в.), но и экспортировались вверх по Днепру в Прибалтику (конец XI – начало XII в.).

В настоящее время в Украине после перерыва в тысячу лет вновь постепенно возрождается добыча и обработка янтаря, развивается торговля и изучение геологии янтареносных россыпей, уникальных эстетических и лечебных свойств киевского сукцинита. Важным активом экономики является также туризм, в том числе геотуризм. В этом контексте важно изучение всей системы древних торговых путей, со всеми ответвлениями и пунктами торговли и перевалки товаров. На этой основе возможно построение серии туристических маршрутов под брендом «Янтарный путь».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева, Е. М. Античные бусы в Северном Причерноморье / Е. М. Алексеева. – М., 1978. – 22 с.
2. Мацуй, В. М. Эволюция смолопродуцирующей растительности и формирование залежей ископаемых смол / В. М. Мацуй. – Киев : Наук. думка, 2016. – 140 с.
3. Янтарь в древних культурах (художественные произведения из собрания Эрмитажа. – СПб. : Славия, 2010. – 143 с.
4. Шумова, В. О. Бурштин Гордіївського могильнику / В. О. Шумова // Гордіївський могильник / за ред. В. І. Клочка. – Вінниця, 2011. – С. 270–275.

УДК 553.89

**Г. И. РУДЬКО, С. Ф. ЛИТВИНЮК**

Украина, Киев, Государственная комиссия Украины по запасам полезных ископаемых

E-mail: office@dkz.gov.ua

#### **ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАЛЕЖЕЙ ЯНТАРЯ УКРАИНЫ**

**Введение.** Янтарь – собирательный термин, объединяющий названия разновидностей ископаемых смол, пригодных для использования в ювелирно-поделочной, химической, фармацевтической и других отраслях производства [3; 8; 9]. Основным направлением использования янтаря является ювелирно-поделочная отрасль. Отходы ювелирной отрасли и некондиционный янтарь используют как ценное химическое сырье в парфюмерной, фармацевтической и лакокрасочной отраслях.



Декоративно-качественная характеристика янтарного сырья оценивается в соответствии с техническими условиями Украины «Янтарь ТУ У 13970826.003-2000». Янтарь относится к группе драгоценных камней органогенного образования (жемчуг и янтарь), особенности учета, хранения и использования которых определяются Министерством финансов Украины [2].

**Особенности геологического строения месторождений (залежей) янтаря.** Месторождения янтаря делятся на три геолого-промышленные типы: 1) захороненные морские лагунно-дельтовые и озерно-ледниковые месторождения; 2) современные месторождения морских пляжей и аллювиальные месторождения; 3) биогенно-осадочные.

Захороненные морские лагунно-дельтовые и озерно-ледниковые месторождения – это главный геолого-промышленный тип месторождений ископаемых смол США, Канады, Бирмы, Российской Федерации и Украины. Переотложение вымытого с биогенно-осадочных россыпей и захоронение кусков и зерен янтаря происходило в морских заливах или в устьях больших рек, в флювиогляциальных песках на дне ледниковых озер.

Месторождения и проявления янтаря Припятского бассейна представлены в основном россыпями, связанными с осадочными прибрежно-морскими лагунно-дельтовыми фациями – песчано-глинистыми отложениями межигорской свиты харьковской серии и берецкой свиты полтавской серии, которые содержат в своем составе глауконит и органические остатки. Эти отложения перекрывают осадочные образования обуховской свиты харьковской серии или залегают на коре выветривания кристаллических пород [1].

Наибольшая концентрация украинских янтарных россыпей данного типа находится в пределах Клесовско-Пержанской (Клесовско-Рокитновской), Владимирецко-Дубровицкой и Манивецко-Заречненской структурно-минерагенических зон, где обнаружены Клесовское, Свободное, Дубовское, Викторовское, Петровское, Вырка, Владимирец-Восточное и другие месторождения, участки промышленного назначения Золотая, Пугач, Дубовский, Каноночы, Белковская и др., а также выделено более 30 перспективных участков.

**Последовательность геолого-разведочных работ.** Геолого-разведочные работы, направленные на поиск, поисковую оценку и разведку месторождений янтаря, следует проводить в последовательности, предусмотренной Положением о стадии геолого-разведочных работ на твердые полезные ископаемые.

*Поисковые работы* проводят с целью выявления месторождений (залежей) янтаря в пределах известных бассейнов, зон и районов распространения потенциально перспективных отложений, выделенных предварительными геологосъемочными, геологопрогнозными и другими работами. По результатам поисков осуществляют оценку перспективных ресурсов, выполняют начальную геолого-экономическую оценку (ГЕО-3) перспективных участков, прорабатываются технико-экономические соображения (ТЭС).

*Поисково-оценочные работы* проводят на участках или проявлениях янтаря, которые рекомендованы для дальнейших геолого-разведочных работ на основе ГЕО-3. По результатам поисково-оценочных работ составляют ГЕО-2

промышленного значения предварительно разведанных запасов янтаря, прорабатывают технико-экономический доклад (ТЭД).

*Детальную разведку* проводят только на тех месторождениях и участках, которые получили положительную оценку по результатам предыдущих работ и признаны первоочередными для промышленного освоения.

На основе разведанных запасов янтаря составляют детальную геолого-экономическую оценку (ГЕО-1), которая включает технико-экономическое обоснование (ТЭО) постоянных кондиций для их подсчета. Детальность технико-экономических расчетов и надежность финансовых показателей ГЕО-1 должны быть достаточными для принятия инвестиционного решения без дополнительных исследований.

Общепринятая стадийность геолого-разведочных работ по цветным камням может меняться. В зависимости от конкретных условий некоторые стадии могут выпадать или объединяться между собой.

**Требования к изученности месторождений (залежей) янтаря.** Россыпные месторождения янтаря изучают с детальностью, позволяющей установить условия залегания, форму, размеры, мощность рудных залежей, их изменчивость в различных частях продуктивного пласта, характер распределения янтаря в вертикальном разрезе и по площади. Особое внимание следует уделять определению и картированию природных факторов, контролирующих размещение скоплений янтаря, или геологических предпосылок локализации россыпей янтаря [4; 6].

Изучение месторождений (залежей) янтаря базируется на обоснованном оптимальном комплексе исследований, необходимой детальности изучения объекта, правильном выборе технических средств и их технологических параметров, обоснованной достаточной сети исследований (плотность, геометрия), определенных объектах-аналогах разрабатываемых месторождений.

Для изучения россыпей янтаря применяют, как правило, скважины большого диаметра, шурфы, траншеи (канавы), исследовательские карьеры, а также исследования естественных обнажений. Основным видом работ для объективной оценки перспективности и промышленного значения янтарных россыпей является опробование горных выработок, которое проводят на всех стадиях геолого-разведочного процесса. Во время разведки россыпей янтаря следует проводить также горнотехническое и инженерно-геологическое опробование для установления зернового состава, объемной массы, коэффициента разрыхления, а также валунности, *промывочности* и влажности производительных и вскрышных пород.

Технологические свойства залежей и россыпей изучают в лабораторных, полупромышленных и промышленных условиях, а при наличии опыта переработки песков на месторождениях-аналогах.

Во время геолого-экономических оценок месторождений и участков янтаря, которые обязательно должны выполняться на всех стадиях геолого-разведочных работ и в течение эксплуатации объектов, рассчитывают ожидаемые технико-экономические показатели возможного их промышленного освоения, главными из которых являются рентабельность, %; срок окупаемости капиталовложений, годы; индекс доходности; чистый дисконтированный денежный

поток (ЧДГП), тыс. грн; внутренняя норма доходности, %; коэффициент рентабельности горнодобывающего предприятия.

На основе технико-экономических расчетов определяют экономическую эффективность возможной промышленной разработки и целесообразность дальнейших геолого-разведочных работ определенных месторождений или перспективных участков, в том числе опытно-промышленной разработки, в современных экономических условиях.

Согласно Классификации [5] и Инструкции [3] выполняется распределение подсчитанных запасов янтаря по промышленному значению, по степени технико-экономического изучения и геологического изучения, по международным кодам классов. По результатам выполненной ГЕО должен быть сделан вывод о перспективах и подготовленности объекта для дальнейших геолого-разведочных работ, опытно-промышленной разработки, начала или продолжения его эксплуатации.

**Требования к подсчету запасов янтаря.** Подсчет запасов янтарной руды и янтаря в недрах проводится по результатам геолого-разведочных работ или разработки месторождений в соответствии с требованиями Классификации [5] и Инструкции [3]. Отдельно подсчитываются запасы, принадлежащие к разным группам и классам по уровню их промышленного значения, степени технико-экономического и геологического изучения. Общие и извлекаемые запасы янтаря определяются в янтаре-сырце и распределяются по сортности в соответствии с требованиями технических условий товарной продукции.

Подсчет запасов осуществляется в пределах установленных промышленных контуров янтарных залежей, определенных на основании данных опробования, геологической документации горных выработок (шурфов, траншей, карьеров) и разработанных кондиций. Результаты ГЕО и подсчета запасов оформляют в соответствии с требованиями методических рекомендаций [7].

Во время геолого-разведочных работ и геолого-экономической оценки месторождений янтаря следует обследовать площади, нарушенные несанкционированной его добычей, учитывать объемы этой добычи, а также обосновывать величины коэффициентов незаконно изъятых янтаря.

**Выводы.** Основные промышленные запасы янтаря находятся в пределах Клесовско-Пержанской (Клесовско-Рокитновской), Владимирецко-Дубровицкой и Манивецко-Заречненской структурно-минерагенических зон.

Промышленная ценность выявленных в Украине залежей янтаря обусловлена рядом природных и экономико-географических факторов: значительными объемами запасов и ресурсов янтаря; большими размерами перспективных площадей; высоким ювелирным качеством янтаря и др.

Месторождения янтаря делятся на три геолого-промышленные типы: захороненные морские лагунно-дельтовые и озерно-ледниковые месторождения, современные месторождения морских пляжей и аллювиальные месторождения, биогенно-осадочные.

По сложности геологического строения и особенностям распределения полезного компонента месторождения янтаря согласно Инструкции [3] относятся к 2-й, 3-й и 4-й группам.

Геолого-разведочные работы, направленные на поиск, поисковую оценку и разведку месторождений янтаря, необходимо проводить в определенной последовательности, предусмотренной Положением о стадии геолого-разведочных работ. Этим стадиям в зависимости от детальности работ соответствует начальная (ГЕО-3), предварительная (ГЕО-2) или подробная (ГЕО-1) геолого-экономическая оценка.

Россыпные месторождения янтаря изучают с детальностью, позволяющей установить условия залегания, форму, размеры, мощность рудных залежей, их изменчивость в различных частях продуктивного пласта, характер распределения янтаря в вертикальном разрезе и по площади.

Подсчет запасов янтарной руды и янтаря в недрах проводится по результатам геолого-разведочных работ или разработки месторождений в соответствии с требованиями Классификации [5] и Инструкции [3] в пределах установленных промышленных контуров янтарных залежей, определенных на основании данных опробования, геологической документации горных выработок (шурфов, траншей, карьеров) и разработанных кондиций.

Во время геолого-экономической оценки месторождений янтаря следует учитывать площади и объемы, нарушенные несанкционированной его добычей, а также обосновывать величины коэффициентов незаконно изъятых янтаря.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неметалічні корисні копалини України / Д. С. Гурський [та ін.]. – Київ ; Львів : Центр Європи, 2006. – 552 с.
2. Про державне регулювання видобутку, виробництва і використання дорогоцінних металів і дорогоцінного каміння та контроль за операціями з ними : Закон України, 18 листоп. 1997 р., № 637/97-ВР (637/97-вр) // Відомості Верховної Ради України. – 1998. – № 9.
3. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ бурштину [Електронний ресурс] : затв. наказом Держ. коміс. України по запасах корис. копалин 10.02.2003 № 29. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0155-03>.
4. Киевленко, Е. Я. Поиски и оценка месторождений драгоценных и поделочных камней / Е. Я. Киевленко. – М. : Недра, 1980. – 167 с.
5. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [Електронний ресурс] : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.97 № 432. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-п>.
6. Крейтер, В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых : в 2 ч. / В. М. Крейтер. – М. : Госгеолтехиздат, 1961. – Ч. 2. – 390 с.
7. Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення і порядку подання на розгляд Державної комісії України по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин [Електронний ресурс] : затв. наказом Держ. коміс. України по запасах корис. копалин від 21.07.2015 № 293. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0293339-15>.
8. Минералы Украины : крат. справ. – Киев : Наук. думка, 1990. – 407 с.
9. Трофимов, В. С. Янтарь / В. С. Трофимов. – М. : Недра, 1974. – 183 с.

УДК 551.734+556.314(476-12)

**В. И. ТОЛСТОШЕЕВ, В. М. ШИМАНОВИЧ, С. А. КРУЧЕК,  
П. О. САХАРУК**

Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии  
E-mail: vshimanovich49@gmail.com; kruchek37@gmail.com;  
polina.sakharuk@gmail.com

### **О ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

Работа посвящена рассмотрению гидрогеохимических особенностей разреза франских отложений верхнего девона Гомельской структурной перемычки и является продолжением цикла публикаций по образованиям франского яруса верхнего девона региона [1; 2]. Собрано и проанализировано большое количество геологических и гидрогеохимических материалов из производственных отчетов (В. Г. Лободенко, В. И. Гурский, Т. Г. Галкина, В. В. Дынич, К. М. Тонкович, Ю. Т. Залиппа и др.) и научных публикаций по исследуемой территории не только по верхнедевонским, а и нижезалегающим средне- и нижнедевонским и верхнепротерозойским отложениям платформенного чехла, а также трещиноватым породам кристаллического фундамента [3; 4]. В результате проведенных исследований в гидрогеологическом разрезе выделены водоносные горизонты и комплексы, содержащие воды разной степени минерализации, а также уточнено стратиграфическое положение в этом разрезе изученных водоносных комплексов в соответствии с новыми Стратиграфическими схемами Беларуси 2010 г. [5]. На основе геологических и гидрогеохимических материалов РУП «Белгеология», РУП «ПО «Белоруснефть»», управления «Укргеокаптажминводы», а также государственного предприятия «Научно-практический центр по геологии» построена гидрогеохимическая карта средне-верхнедевонских (франских) отложений Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий в масштабе 1 : 200 000. Ниже из этой карты приводится карта Гомельской перемычки (рисунок) без гидрогеохимической характеристики сопредельных территорий, описание которых является предметом отдельной публикации. На этой карте цветом показано районирование минеральных вод перемычки по степени минерализации верхнедевонских (франских) отложений. В местах отсутствия франских отложений на ней отображены водоносные комплексы в образованиях среднего девона. На рисунке отмечены блоки и разделяющие их разломы, унаследованные от кристаллического фундамента, а также показаны скважины, из которых получены минеральные воды.

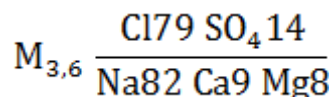
Так, в северо-западной части перемычки Белорусской геолого-разведочной экспедицией (М. Г. Левый) пробурено несколько десятков мелких скважин с целью поисков алмазов в трубках взрыва. Под нижнетриасовыми, или среднеюрскими отложениями они вскрыли лишь верхнюю часть мощной толщи вулканогенных эффузивных пород и их туфов, которые отнесены к франскому ярусу

верхнего девона. Контур толщи эффузивных пород показан на рисунке. В пределах этой площади самыми глубокими скважинами являются гидрогеологическая Центролит 2 и параметрическая Прибор 1. Скважина Центролит 2, пробуренная в 1979–1980 гг. (Т. Г. Галкина, Н. И. Рудницкий), вскрыла толщу эффузивных пород в интервале 401,0–1 002,0 м (забой) (мощность 601,0 м), а скважина Прибор 1, пробуренная в 2017–2018 гг., прошла эту толщу полностью в интервале 353,0–961,0 м (мощность 607,0 м) и вошла в кристаллический фундамент на глубине 965,0 м. Терригенные образования скважины Прибор 1 в интервале 961,0–965,0 м (мощность 4,0 м) А. Г. Лапцевич и О. Ф. Кузьменковой предположительно отнесены к верхнему протерозою. Изучение вулканогенных эффузивных пород и их туфов обеих скважин показало, что они являются водонепроницаемыми, поэтому приток воды из них не был получен и высокоминерализованные воды не выявлены. Лечебно-столовые хлоридно-натриевые воды с минерализацией 4,3 г/л получены здесь только из песчаников корневской свиты нижнего триаса в интервале 351,8–354,8 м скважины Центролит 2 (Т. Г. Галкина).

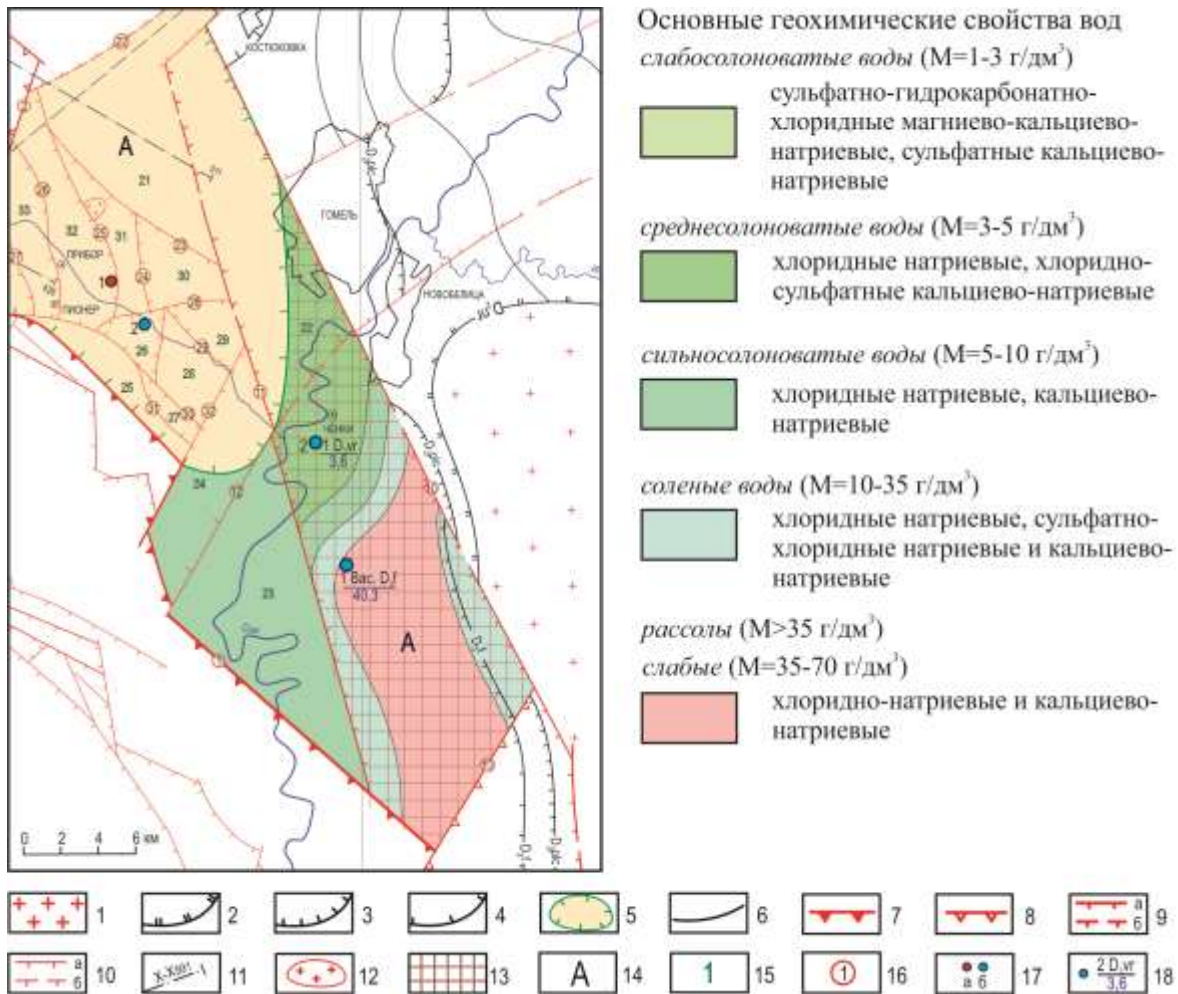
В отличие от северо-западной, в юго-восточной части Гомельской перемычки подземные минеральные воды в образованиях франского яруса верхнего девона вскрыты и изучены только в Чёнковском блоке в скважинах Чёнки 1, 2 и Васильевка 1 (рисунок). В частности, в скважинах Чёнки 1 и 2, пробуренных в 1981 г. (Т. Г. Галкина), установлены минеральные воды, приуроченные к отложениям воронежского горизонта и саргаевско-семилукского комплекса, характеристика которых приводится ниже.

*Водоносный воронежский карбонатный горизонт.* Отложения воронежского горизонта франского яруса вскрыты скважиной Чёнки 1 в интервале 464,5–496,0 м. Они представлены доломитизированными известняками розовато-серыми, плотными, кавернозными и трещиноватыми.

Откачка проведена в интервале 467,5–499,0 м. Трещиноватые известняки содержат напорные хлоридные натриевые воды. Пьезометрический уровень установился на 4,9 м выше поверхности земли. Напор составил 469,4 м. Дебит скважины 7,0 л/сек при понижении 3,35 м. Коэффициент водопроницаемости ( $km$ ), определенный графоаналитическим методом по данным восстановления уровня, равен  $367 \text{ м}^2/\text{сутки}$ . Температура воды –  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ . Вода без цвета и запаха, на вкус слабосоленая, рН 7,2–7,3. Из микрокомпонентов отмечены (в мг/л): бром – 4,0; фтор – 0,7–1,15; кремниевая кислота – 8,6; борная кислота – 12,7. В воде также содержатся гелий в количестве  $57 \times 10^{-5} \text{ см}^3/\text{л}$ , уран  $3,2 \times 10^{-7} \text{ г/л}$ , радий  $1,98 \times 10^{-12} \text{ г/л}$  (Т. Г. Галкина).



По заключению Центрального научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии (ЦНИИКиФ), вода скважины № 1 относится к Миргородскому типу и согласно ГОСТ 13273-73 употребляется как лечебно-столовая для лечения хронических гастритов с секреторной недостаточностью и хронических колитов.

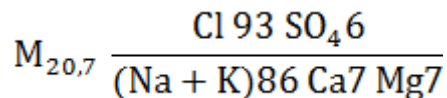


**Рисунок – Гидрогеохимическая карта верхнедевонских отложений Гомельской структурной перемычки (сост. П. О. Сахарук, 2019):**

1 – кристаллический фундамент; 2–4 – границы распространения отложений: 2 – наровского надгоризонта эйфельского яруса, 3 – полоцкого горизонта живетского яруса, 4 – франского яруса; 5 – контур эффузивных водонепроницаемых пород верхнего девона; 6 – условные границы водоносных комплексов; 7–10 – разломы по данным сейсморазведки и буровым скважинам: 7 – суперрегиональный краевой, 8 – региональные, 9 – субрегиональные (а – установленные, б – предполагаемые), 10 – локальные (а – установленные, б – предполагаемые); 11 – сейсмические профили; 12 – ксенолит; 13 – специфические компоненты минеральных вод, бромные ( $\text{Br} > 25,0 \text{ мг/дм}^3$ ); 14 – Гомельская структурная перемычка (А); 15 – номера блоков кристаллического фундамента: 21 – Урицкий, 22 – Чёнковский, 23 – Терешковичский, 24 – Бобовичский, 25 – Пионерский, 26 – Восточно-Пионерский, 27 – Сосновский, 28 – Восточно-Сосновский, 29 – Западно-Давыдовский, 30 – Западно-Гомельский, 31 – Рандовский, 32 – Новобудовский, 33 – Приборский; 16 – номера разломов (цифры в кружках): 1 – Северо-Припятский, 2 – Малиновско-Глазовский, 10 – Гомельский, 11 – Западно-Чёнковский, 12 – Восточно-Бобовичский, 13 – Верхнеднепровский, 22 – Белицкий, 23 – Южно-Урицкий, 24 – Восточно-Рандовский, 25 – Восточно-Приборский, 26 – Западно-Новобудовский, 27 – Западно-Пионерский, 28 – Восточно-Новобудовский, 29 – Узовский, 30 – Южно-Сосновский, 31 – Южно-Приборский, 32 – Западно-Бобовичский; 17 – скважины: а – параметрическая Прибор 1, б – гидрогеологические; 18 – скважины, в которых изучались подземные минеральные воды: в числителе – индекс водоносного горизонта или комплекса, в знаменателе – минерализация, г/л. Геологические индексы:  $D_2nr$  – наровский надгоризонт,  $D_2plc$  – полоцкий горизонт,  $D_3vf$  – воронежский горизонт

*Водоносный саргаевско-семилукский карбонатный комплекс.* Саргаевско-семилукские карбонатные отложения франского яруса, вскрытые скважиной Чёнки 2 в интервале 568,0–608,0 м (забой), отделяются от образований воронежского горизонта мощной толщей глин и алевролитов речичского горизонта мощностью 69,6 м, которая является водоупором. Залегающие ниже саргаевско-семилукские образования сложены доломитизированными известняками буровато-серыми, крепкими, кавернозными и трещиноватыми. Откачка проведена в интервале 568,0–608,0 м. Воды напорные, пьезометрический уровень в скважине № 2 установился на глубине 0,8 м ниже поверхности земли. Напор составил 559,2 м. Дебит скважины 3,76 л/сек при понижении 2,09 м. Коэффициент водопроницаемости (km), определенный графоаналитическим методом по восстановлению уровня, равен 248–258 м<sup>2</sup>/сутки.

Воды хлоридные натриевые, холодные, с минерализацией 20,7–21,4 г/л. Температура воды 16 °С. Вода без цвета, запаха, соленая, рН 6,8. Из биологически активных компонентов присутствуют (в мг/л): бром 29,3; фтор 1,0–1,09; стронций 2,2; кремниевая кислота 11,4; борная кислота 18,9. В воде присутствуют гелий в количестве  $87 \times 10^{-5}$  см<sup>3</sup>/л, уран  $3,2 \times 10^{-6}$  г/л, радий  $6,10 \times 10^{-12}$  г/л. В бактериологическом отношении вода чистая (Т. Г. Галкина).



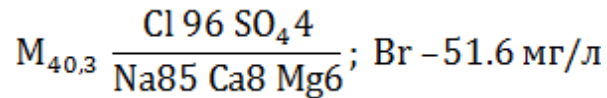
По заключению ЦНИИКиФ, вода скважины № 2 может использоваться для ванн при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистых, центральной и периферической нервной системы.

На южном участке Чёнковского блока интерес представляет разрез верхнедевонских отложений в скважине Васильевка 1. Здесь в интервале 608,0–660,0 м (забой) вскрыты эффузивные породы мощностью 52 м. Они представлены кератофирами красновато-коричневыми, трещиноватыми, на глубине 619,5–633,0 м сильно трещиноватыми, участками дроблеными. Эти эффузивные породы содержат трещинные воды. В стратиграфическом отношении толща кератофиров отнесена к франскому ярусу. На воды данной толщи была пробурена в 1977–1978 гг. разведочно-эксплуатационная скважина Васильевка 1 (В. В. Дынич). Откачка проведена в интервале 609,4–660,0 м. Пьезометрический уровень в скважине установился на глубине 16,7 м (абс. отметка 106,3 м). Высота напора – 591,3 м. Дебит скважины 2,06 л/сек при понижении 29,95 м. Коэффициент водопроницаемости, определенный графоаналитическим методом по данным восстановления уровня, равен 7,0 м<sup>2</sup>/сутки (В. В. Дынич).

Подземные воды данного водоносного комплекса относятся к рассолам хлоридного натриевого состава с повышенным содержанием брома. Температура воды 19 °С. Вода прозрачная, без цвета и запаха, сильно соленая на вкус, рН 7,1–7,6. Из биологически активных компонентов в воде присутствуют (в мг/л): Br – 51,6; Sr<sup>2+</sup> – 6,8; кремниевая кислота – 16,2; борная кислота – 18,7.



Уран в воде присутствует в незначительном количестве  $3,6 \times 10^{-6}$  г/л, гелий  $123 \times 10^{-5}$  см<sup>3</sup>/л, радон – 14 эман.



По заключению ЦНИИКиФ, бромные хлоридные натриевые рассолы пригодны для наружного применения в виде ванн при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, нервной системы и некоторых сердечно-сосудистых.

В результате проведенных исследований отметим следующее.

1. Составлена карта минеральных вод Гомельской структурной пере-мычки, дающая общее представление об особенностях распространения минеральных вод, их вертикальной и латеральной гидрогеохимической зональности.

2. На основе тектонической карты пере-мычки уточнена геологическая позиция скважин, пробуренных для добычи минеральных вод.

3. Согласно новой Стратиграфической схеме девонских отложений Беларуси 2010 г. уточнена и детализирована стратиграфическая принадлежность и литология пород в интервалах опробования водоносных горизонтов и комплексов, из которых получены минеральные воды.

4. Гидрогеохимическая карта и результаты исследований минеральных вод могут быть использованы при их поисках на изученной и сопредельных территориях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структура поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной пере-мычки и сопредельных территорий / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 19–28.

2. Карта мощностей отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной пере-мычки и сопредельных территорий / В. И. Толстошеев [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 2 (49). – С. 83–94.

3. Карта минеральных вод Республики Беларусь / В. М. Шиманович, Б. И. Коробейников, Т. А. Кононова ; гл. ред. А. А. Махнач. – 1 : 500 000. – Минск : БелНИГРИ, 2010.

4. Гідрагеахімічная карта дэвонскіх адкладаў. Маштаб 1 : 2 000 000) / У. М. Шымановіч [і інш.] // Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – Карта № 42. – С. 54.

5. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / под ред. С. А. Кручека [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + прил. из 15 стратигр. схем.

УДК 551.7:551.76(476)

**А. С. ЯКОВЛЕВ**

Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии

E-mail: Yakovlev@biobel.by

## **МОЛЛЮСКИ ИЗ КЕЛЛОВЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ**

В 2018 г. на юго-востоке Беларуси при проведении глубинного геологического картирования масштаба 1 : 200 000 территории листа N-36-XXXII (Новозыбков (Добруш)), выполняемого в рамках государственной программы, была пробурена скважина ГГК-3. Скважина расположена в 600 м к западу от населенного пункта Жгуно-Буда Добрушского района Гомельской области. В структурном плане скважина находится в пределах западного склона Воронежской антиклизы. Келловейские отложения средней юры вскрыты в интервале 288,2–396,9 м (мощность 108,7 м). Они представлены в основном глинистыми, глинисто-алевритовыми и песчано-глинистыми породами, содержащими остатки раковин моллюсков.

Всего в керне было обнаружено 109 идентифицируемых экземпляров, относящихся к 17 видам, 14 родам и 13 семействам. Также в отложениях было обнаружено много раковинного детрита, определить который не представляется возможным по причине плохой сохранности.

На основании палеонтологических исследований остатков макрофауны, литологических и промыслово-геофизических данных, образования келловейского яруса с определенной долей условности можно расчленить на три части (пачки). Основное количество экземпляров было найдено в нижней и средней частях келловейского разреза.

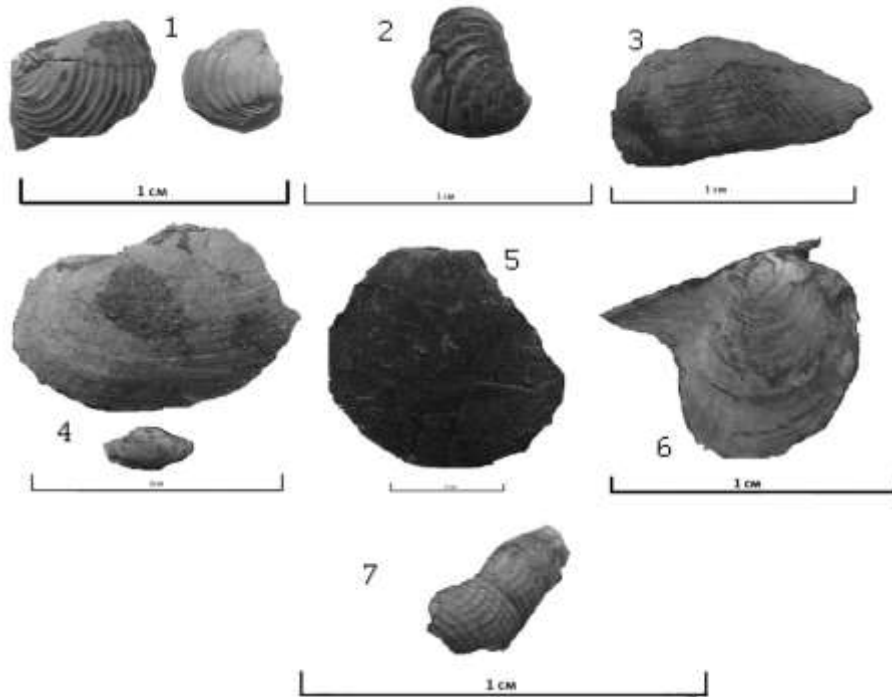
В нижней части разреза интервал 396,6–382 м представлен серыми, темно-серыми глинисто-алевритовыми породами, плитчатыми, слюдистыми (в верхней части пачки – в значительной мере), с обильным раковинным детритом и крупными органическими остатками: фрагментами аммонитов, белемнитов, двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Этот интервал, возможно, представляет отложения нижнего подъяруса келловейя. Определенная в этом интервале фауна представлена на фото 1.

Интервал 381,9–363 м сложен темно-серой глинисто-алевролитовой породой, комковатой, массивной с присыпками тонкого песчаного материала, обильным раковинным детритом плохой сохранности и крупными фрагментами раковин моллюсков (фото 2). Предположительно относится к нижней части среднекелловейского подъяруса.

В интервале 362,9–352 м залегают алевролиты серые слюдистые массивные, плитчатые, с присыпками песчаного и примазками глинистого материала, обильным недиагностируемым мелким раковинным детритом и крупными форменными остатками: аммонитами, двустворчатыми моллюсками (фото 3). Среди алевролитов встречены три прослоя песчано-сидеритовых пород горчично-

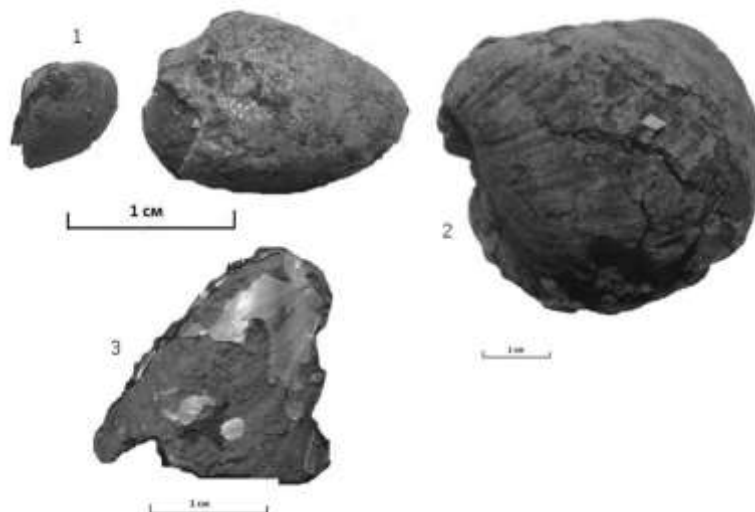
серого цвета с раковинным детритом. Породы из этого интервала предположительно характеризуют среднюю часть среднекембрийского подъяруса.

Также были обнаружены ранее упомянутые виды: *Astarte veneris* (d'Orbigny, 1845), *A. cordata* (Trautschold, 1948), *Discula subovalis* (Goldfuss, 1826–1844), *Inoceramus balticus* (Bohm, 1907), *Entolium erraticum* (Fiebelkorn, 1893).



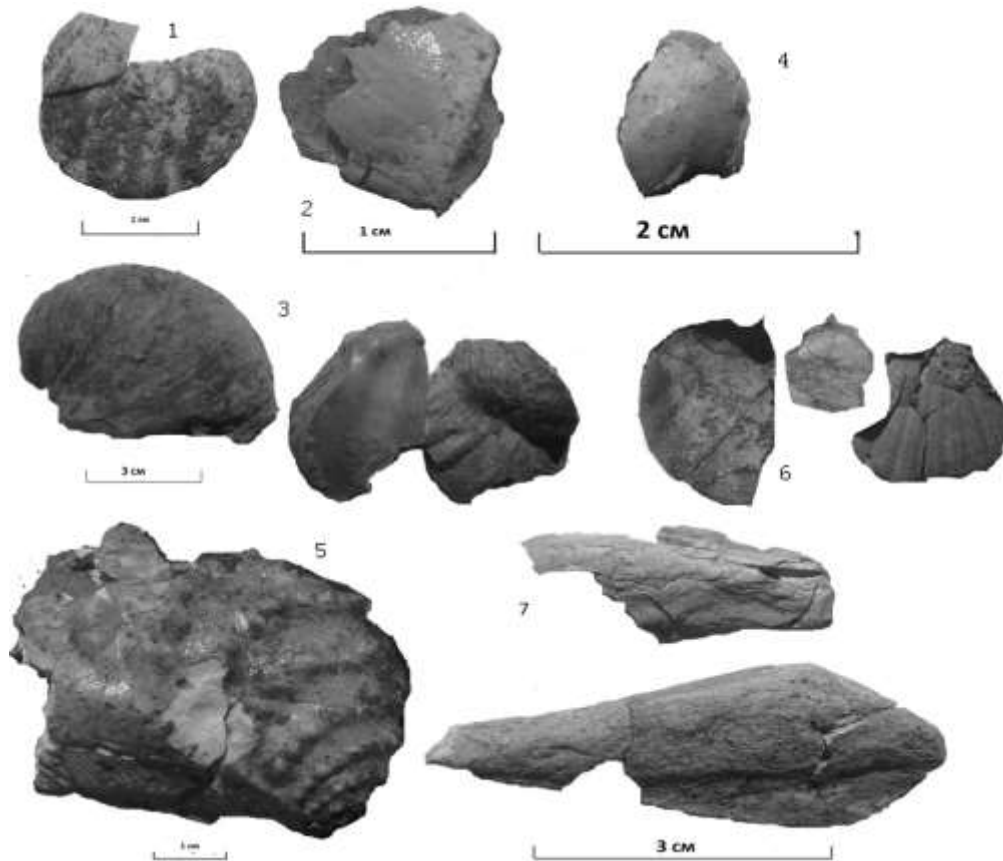
**Фото 1 – Макрофауна интервала 396,6–382 м:**

1 – *Astarte veneris* (d'Orbigny, 1845), 2 – *A. cordata* (Trautschold, 1948), 3 – *Grammatodon rouillieri* (Meek & Hayden, 1861), 4 – *Cosmetodon rouillieri* (Branson, 1948), 5 – *Entolium erraticum* (Fiebelkorn, 1893), 6 – *Oxytoma inaequalis* (Sowerby, 1819), 7 – *Cryptaulax* (*Neocryptaulax*) *mutabilis* (Gerasimov, 1995)



**Фото 2 – Видовой состав моллюсков из интервала 381,9–363 м:**

1 – *Discula* cf. *subovalis* (Goldfuss, 1826–1844), 2 – *Inoceramus balticus* (Bohm, 1907), 3 – *Modiolus bipartitus* (Sowerby, 1818)



**Фото 3 – Виды, обнаруженные в интервале глубин 362,9–352 м:**

- 1 – *Chlamys fibrosa* (Sowerby, 1813), 2 – *Cosmetodon pictum* (Branson, 1942),  
 3 – *Gryphaea dilatata* (Sowerby, 1818), 4 – *Liotrignonia lingonensis* (Dumortier, 1869),  
 5 – *Quadratotrignonia nodosa* (Sowerby, 1826), 6 – *Radulopecten laurae* (Rollier, 1911),  
 7 – *Pinna* sp.

Интервал 351,9–329 м представлен окрашенной в разные оттенки серого цвета песчано-глинисто-алевритовой породой с раковинным детритом. В средней части интервала песчано-глинистые породы с крупными фрагментами раковин и обильным раковинным детритом. Текстура породы – комковатая, на отдельных участках с элементами слоистости. В конце интервала глина тонкоплитчатая до листоватой, сланцеподобная с раковинным детритом, цвет глин – коричневато-серый. Предположительно породы можно отнести к верхней части среднекелловейского подъяруса.

В данном интервале были обнаружены целые остатки *Astarte* sp., *Entolium erraticum* (Fiebelkorn, 1893), *Oxytoma inaequivalvis* (Sowerby, 1819), *Quadratotrignonia nodosa* (Sowerby, 1826), *Pinna* sp. Также были обнаружены в большом количестве остатки белемнитов, аммонитов и раковин моллюсков, идентифицировать которые не представляется возможным в силу плохой сохранности.

Большая (в видовом и количественном отношении) часть макрофауны обнаружена в нижней и верхней пачках, соответствующих предположительно

раннекелловейским и средней части среднекелловейских отложений. Практически все раковины моллюсков располагаются параллельно напластованию пород.

**Выводы.** Обнаруженные виды моллюсков обладают широким ареалом распространения и встречаются далеко за пределами Беларуси [1–3].

Преобладающее большинство видов моллюсков встречаются на протяжении всего келловейского века, т. е. имеют широкий вертикальный стратиграфический диапазон распространения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двустворчатые моллюски России и сопредельных стран в фанерозое / Л. А. Невеская [и др.]. – М. : Науч. мир, 2013. – 524 с. : ил.
2. Эберзин, А. Г. Основы палеонтологии. Моллюски – панцирные, двустворчатые, лопатоногие / А. Г. Эберзин. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1960. – 302 с.
3. The treatise on invertebrate paleontology. Part N. Mollusca. Bivalvia / R. C. Moor [et al.]. – Geological Society of America and the University of Kansas, 1969. – 952 p.
4. Геология Беларуси / А. С. Махнач и [др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.

## Секция 2

**ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ**

УДК 551.248.2

**М. А. БАРКОВЕЦ**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: mbarkovec@mail.ru

**НОВЕЙШАЯ И СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА БАССЕЙНА  
ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ СВИСЛОЧЬ**

При изучении новейших и современных геодинамических движений территории в настоящее время применяют различные методы исследований: геологические, картографические, геоморфологические, инструментальные и др. При большом разнообразии существующих методов исследований во избежание одностороннего подхода особое внимание обращается на так называемый комплексный метод исследований, сущность которого заключается в одновременном применении нескольких методов исследований при изучении современной и новейшей геодинамики определенной территории.

При проведении оценки новейшей и современной геодинамики бассейна верхнего течения реки Свислочь был применен комплексный метод исследований, который включал линеаментный анализ территории, морфометрический метод, геологический метод. Исследование проводилось в среде современной географической информационной системы (ГИС) ArcGIS, что также способствовало комплексности и оптимизации выполнения работы, а также сокращению времени на ее выполнение.

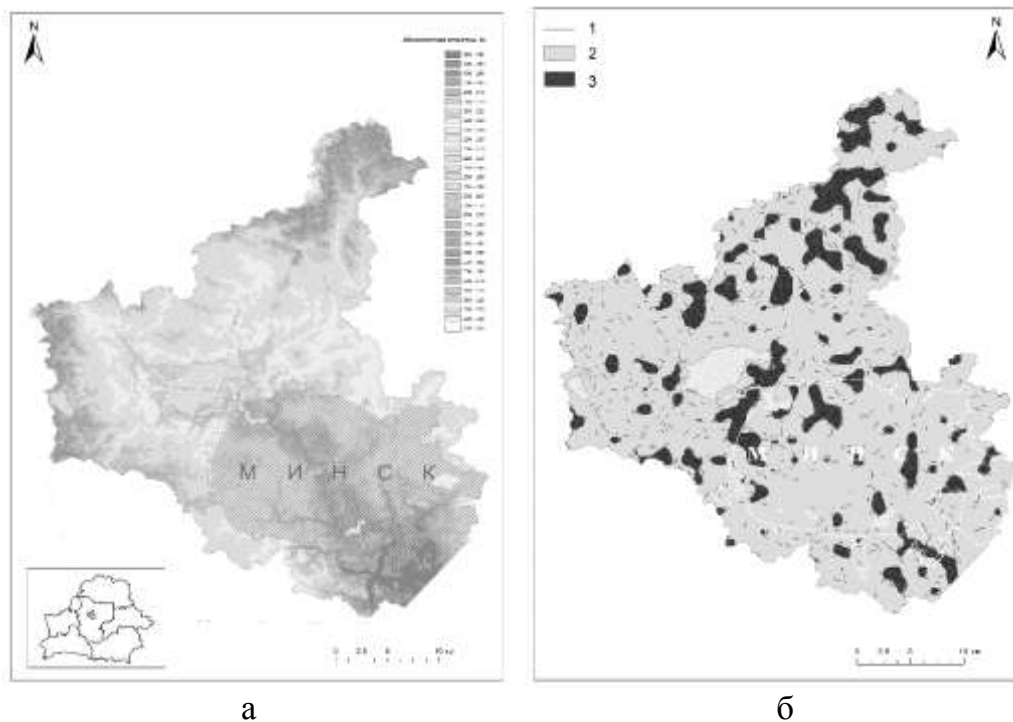
Исходными данными для выполнения исследований являлись топографические карты исследуемой территории, результаты геолого-разведочных работ, выполненных на исследуемой территории, различного назначения (стратиграфические данные скважин).

Горизонтالي рельефа, реки, озера и иная информация с топографических карт исследуемой территории оцифровывались в среде ArcGIS. По результатам оцифровки при помощи инструментов интерполяции ArcGIS была построена цифровая модель рельефа (ЦМР) бассейна верхнего течения реки Свислочь (рисунок 1).

Для оценки современной геодинамической активности территории бассейна верхнего течения реки Свислочь был выполнен линеаментный анализ территории исследований. В качестве линеаментов по ЦМР визуально выявлялись линейно ориентированные элементы ландшафта – прямолинейные участки гидрографической сети (за исключением сформированных путем антропогенной деятельности), овражно-балочных систем, береговой линии водоемов (за исключением сформированных путем антропогенной деятельности), форм микро- и мезорельефа. Далее с использованием инструментария ArcGIS была рассчитана

модель плотности линеаментов, а также определены основные ориентировки их направленности [1]. На основании модели плотности распределения линеаментов была построена модель, отражающая потенциальные зоны современной геодинамической активности (рисунок 1).

Помимо прочего, выявленная по цифровой модели рельефа линеаментная сеть сравнивалась с сетью выявленных разломов [2]. При этом анализировались плотность распространения линеаментов и разломов, в том числе путем проведения корреляционного анализа, и основные ориентировки направленности путем построения роз-диаграмм.



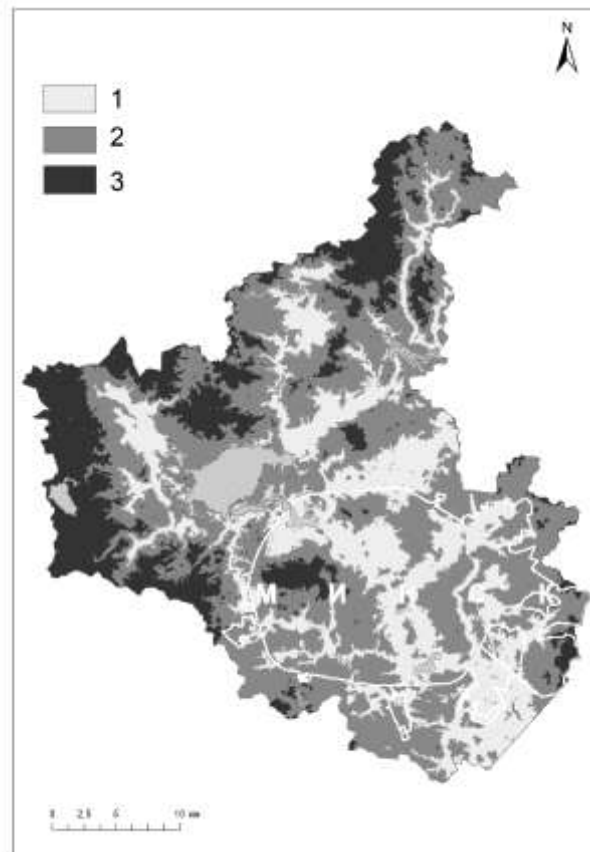
**Рисунок 1 – а) Цифровая модель рельефа бассейна верхнего течения реки Свисlochь; б) Зоны потенциального проявления современных геодинамических процессов:**

1 – линеаменты, 2 – потенциально неопасные участки, 3 – зоны потенциального проявления современных геодинамических процессов

Для выполнения оценки новейшей геодинамической активности был проведен анализ территории бассейна верхнего течения реки Свисlochь с применением морфометрического метода, предложенного В. П. Философовым [3]. Морфометрический анализ территории выполнялся с применением инструментария ArcGIS аналогично методике, описанной в [4].

На основании ЦМР в среде ArcGIS была получена карта порядков долин водотоков. Далее в пределах бассейна верхнего течения реки Свисlochь на основании карты порядков долин и горизонталей современного рельефа были построены базисные поверхности шести порядков, что дает возможность проследить за шестью этапами истории новейшей тектонической активности изучаемой

территории. В дальнейшем строилась серия карт разностей между базисными поверхностями. Суммирование карт разностей базисных поверхностей позволило оценить амплитуду суммарных новейших неотектонических движений. Результатом проведенного морфометрического анализа служит карта зон новейшей геодинамической активности, показанная на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Зоны геодинамической активности территории, выделенные по методике В. П. Философова:**

геодинамическая активность: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – выше среднего

Также дополнительно по сетке имеющихся геологических скважин (картировочные, разведочные и др.) на объекте исследования были построены геологические разрезы, отражающие основные стратиграфические горизонты осадочного чехла, которые в дальнейшем анализировались на предмет обнаружения на них признаков новейшей геодинамической активности в четвертичных отложениях: малоамплитудных смещений, флексурных изгибов и др. Затем полученные данные сравнивались с результатами ранее проведенных линеamentного и морфометрического анализов.

По результатам выполненной работы была исследована новейшая и современная геодинамика территории бассейна верхнего течения реки Свислочь с использованием линеamentного анализа, морфометрического и геологического методов. Комплексно выявлены территориальные закономерности по степени



протекания новейших и современных тектонических движений. Полученные результаты рекомендуется использовать как один из критериев при выборе оптимальных по инженерно-геоморфологическим характеристикам площадок для проектирования и строительства особо важных инженерных сооружений, оценке влияния геодинамических процессов на состояние окружающей среды, составлении комплексных территориальных схем рационального природопользования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барковец, М. А. Автоматизированный линеаментный анализ территории Беларуси / М. А. Барковец, Д. М. Курлович // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2015. – № 2. – С. 94–96.
2. Нечипоренко, Л. А. Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенного покрова Белоруссии / Л. А. Нечипоренко. – Минск : Наука и техника, 1989. – 114 с.
3. Философов, В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В. П. Философов ; под ред. проф. А. В. Вострякова. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 232 с.
4. Барбиков, Д. В. Новейшая геодинамика северного участка Петриковского месторождения калийных солей / Д. В. Барбиков, Д. М. Курлович, В. Э. Кутырло // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. – 2017. – № 2. – С. 175–183.

УДК 551.1/4(476)

**М. А. БОГДАСАРОВ<sup>1</sup>, Н. Ф. ГРЕЧАНИК<sup>1</sup>, Ю. Д. КОЖАНОВ<sup>1</sup>,  
Е. А. КУХАРИК<sup>2</sup>, Н. Н. ШПЕНДИК<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

<sup>3</sup>Беларусь, Брест, БрГТУ

E-mail: bogdasarov73@mail.ru; hrachanik55@mail.ru; shzhk@mail.ru

#### **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ**

Влияние хозяйственной деятельности человека на геологическую среду усиливается с каждым годом и приобретает неуправляемый характер. В зависимости от масштаба проявления техногенных процессов различают широко-масштабное (региональное), локальное (площадное, ограниченное), линейное (латеральное) и точечное воздействие на земную поверхность. По времени воздействие может быть постоянным и эпизодическим.

В природных условиях сложно выделить преобладающий техногенный фактор воздействия на геологическую среду; в большинстве случаев на нее оказывается многофакторное влияние производственной деятельности человека. В связи с этим выделяют воздействия, приводящие, с одной стороны, к истощению ресурсов недр (водоотбор для нужд водоснабжения, осушительные мелиорации, добыча полезных ископаемых и др.), а с другой – к положительным

и отрицательным изменениям геологической среды (искусственное восполнение запасов, орошение земель, подтопление территорий и др.).

Рельеф территории Подляско-Брестской впадины на современном этапе активно преобразуется в результате техногенеза. Согласно разработанной ранее классификации [1], выделяются 7 типов техногенных воздействий на земную поверхность региона: горнопромышленный, дорожный, селитебный, гидротехнический, гидромелиоративный, беллигеративный и коммунальный.

Общая площадь техногенного рельефа на территории Подляско-Брестской впадины составляет около 430 тыс. га. Положительные формы сосредоточены на площади примерно в 250 тыс. га. Среди них доминируют техноморфы, которые возникли в результате строительства автомобильных и железнодорожных магистралей. Наибольшую протяженность имеют насыпи автомобильных дорог различных классов с покрытием и без него (6 780 км). Их наибольшая густота установлена на территории Брестского (0,95 км/км<sup>2</sup>), Жабинковского (0,83 км/км<sup>2</sup>) и Кобринского (0,80 км/км<sup>2</sup>) районов. В процессе строительства дорог различного назначения естественный рельеф земной поверхности испытывает значительные изменения. В результате некоторые природные формы рельефа исчезают. Так, подверглись трансформации камовый холм, расположенный в устьевой части реки Осиповка в окрестностях д. Петровичи Жабинковского района Брестской области, а также эоловые песчаные холмы и гряды правобережной части реки Мухавец в районе автомагистрали М1. Отрицательные техногенные формы занимают площадь 180 тыс. га. Среди них доминируют открытые каналы-осушители различных классов, карьерные выработки по добыче песчано-гравийно-валунного материала, мела, торфа и сапропеля [1–3].

Значительная техногенная трансформация происходит в результате горнопромышленной деятельности, связанной с разведкой и добычей полезных ископаемых. На территории региона образуются искусственные формы рельефа – техноморфы, которые по своим параметрам сопоставимы с природными рельефными образованиями. Среди техноморф выделяются как положительные (отвалы, насыпи), так и отрицательные (карьеры, котлованы, копани) формы. Большая часть месторождений песка, песчано-гравийного материала и глины сосредоточена в пределах Высоковской и Пружанской моренно-водно-ледниковых равнин, месторождения торфа и сапропелей преобладают на юге региона и в бассейнах рек Нарев, Ясельда, Мухавец. Техногенные формы, возникшие при добыче полезных ископаемых, занимают свыше 3,5 тыс. га [1; 3].

Земная поверхность районов, где производилась добыча глины, представляет собой бессистемное чередование небольших по площади и неглубоких (2–7 м) мульдообразных выработок с невысокими (2–5 м) конусными и гребневидными отвалами из вскрышных пород, размещенных как в пределах карьера, так и в его прибортовой части. Наиболее значительные и глубокие выемки заполняются грунтовыми водами. Такие образования присутствуют в черте г. Бреста (Гершоны, Вычулки) и в Брестском районе (Большие Зводы, Люта). Карьер по добыче глины площадью 63 га глубиной до 10 м находится недалеко от д. Щебрин Брестского района. Техногенный рельеф разрабатываемых и вы-

работанных месторождений песка и песчано-гравийного материала представлен в виде округлых, одноуступных, реже двух- и трехуступных, часто мульдобразных выемок глубиной 5–25 м. Днища выработок – плоские, реже пологонаклонные, стенки чаще всего имеют наклон 45–60°. Площадь наиболее крупных карьеров составляет десятки гектаров (песчано-гравийные карьеры Минковичи, Перковичи, Проходы Каменецкого района). Техноморфы, связанные с промышленной добычей торфа, расположены на территории Жабинковского и Кобринского районов. Их площадь составляет 196 га [2–4].

Гидромелиоративное и гидротехническое строительство, которое было проведено на территории Подляско-Брестской впадины во второй половине XX в., привело к значительной трансформации гидрографической сети и рельефа региона. Суммарная протяженность осушительной сети составляет 13,5 тыс. км, что более чем в 10 раз превышает суммарную длину современных рек и ручьев. Максимальные площади мелиоративных систем находятся в северной и южной частях территории впадины. Густота сети искусственных водотоков составляет 1,32 км/км<sup>2</sup>, варьируя от 1,9 км/км<sup>2</sup> в южной до 0,8–1,1 км/км<sup>2</sup> в центральной и северной частях региона [3].

При проведении осушительных мелиораций на определенных участках земной поверхности уменьшились абсолютные отметки высот. Также возникли системы трапецевидных линейных выемок каналов, протяженность которых нередко составляет несколько десятков километров, а глубина в среднем 2–4 м. Были перемещены на различные расстояния огромные объемы отложений, понижился уровень грунтовых вод, что привело на некоторых площадях к иссушению торфяных залежей. В засушливые годы при разработке торфяных месторождений происходит возгорание торфа, что в конечном итоге способствует возникновению пирогенных техноморф. Пирогенные западины имеют округлую форму, диаметр до 120 м и глубину от 2 до 3,5 м, распространены на торфяных массивах Брестского, Малоритского и Каменецкого районов Брестской области.

На территории Подляско-Брестской впадины сооружены искусственные водоемы (водохранилища, пруды), которые занимают площадь 32,4 тыс. га. Крупнейшие из них – Селец площадью 20,7 км<sup>2</sup> с объемом воды 56,3 млн м<sup>3</sup>, Луковское, площадь которого составляет 5,4 км<sup>2</sup>, а объем – 23,2 млн м<sup>3</sup>, Переволока – 3,32 км<sup>2</sup> и 2,12 млн м<sup>3</sup> соответственно [5]. О масштабе техногенного изменения рельефа в ходе гидротехнического строительства дают представление следующие сведения: естественная озерность в регионе составляет 0,2 %, а площадь всех водоемов с учетом новообразованных увеличилась до 0,9 % [2].

Значительные изменения земной поверхности в настоящее время отмечаются в пределах селитебных (городских и сельских) территорий, рельеф которых представляет совокупность природных и техногенных форм. Большие площади заняты полями фильтрации, обвалованными высокими (до 10 м) дамбами. В течение последних 10 лет площадь городов увеличилась в 1,3–1,5 раза. Наиболее бурно расширялись Брест, Жабинка и Кобрин [2].

Техноморфы полигонов твердых отходов, которые чаще всего располагаются вблизи городов и сельских населенных пунктов, относятся к коммунальному типу искусственного рельефа. На территории Подляско-Брестской впадины

их насчитывается не менее 20. При сооружении производственной зоны полигона происходит выемка грунта, формирование оградительных валов и кавальеров, что значительно видоизменяет рельеф земной поверхности.

Особый вид техноморф образуют различные виды фортификационных сооружений, которые относятся к беллигеративному типу искусственного рельефа. Они широко распространены в окрестностях г. Бреста и между дд. Ставы и Орля Каменецкого района [1].

Таким образом, в настоящее время земная поверхность территории Подляско-Брестской впадины претерпевает значительные изменения в результате хозяйственной деятельности человека. Формируются комплексы искусственных рельефных форм – техноморф, которые в пределах городов и сельских населенных пунктов создают совокупность природных и техногенных образований.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кухарик, Е. А. Особенности техногенных геологических процессов и создаваемого ими рельефа на территории западной части Белорусского Полесья / Е. А. Кухарик // Літасфера. – 2019. – № 1 (50). – С. 160–169.
2. Грыбко, А. У. Тэхнагенная трансфармацыя рэльефа Брэсцкай вобласці ў басейне Заходняга Буга / А. У. Грыбко, Т. Л. Міховіч // Сборник научных трудов географического факультета БрГУ. – Брест : БрГУ им. А. С. Пушкина, 1998. – С. 61–68.
3. Гречаник, Н. Ф. Рельеф территории Подляско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров ; под ред. А. В. Матвеева. – Брест : БрГУ, 2013. – 154 с.
4. Экология геологической среды : учеб. пособие / В. Н. Губин [и др.]. – Минск : БГУ, 2002. – 120 с.
5. Блакітная кніга Беларусі : энцыклапедыя / рэдкал.: Н. А. Дзісько [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 1994. – 415 с.

УДК 551.4.042:551.515.9

**М. А. БОГДАСАРОВ<sup>1</sup>, М. Р. ДАДЕКОВ<sup>1</sup>, Е. А. КУХАРИК<sup>2</sup>, Б. И. ЛЕТКО<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

<sup>3</sup>Украина, Харьков, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко

E-mail: bogdasarov73@mail.ru; shzhk@mail.ru

#### **ОПУСТЫНИВАНИЕ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИАРАЛЬЕ**

Одним из негативных последствий усыхания Аральского моря является прогрессирующая деградация природных комплексов в его бассейне. Этот процесс называется опустыниванием. По Н. Ф. Реймерсу, опустынивание представляет собой потерю местностью сплошного растительного покрова с невозможностью его самовозобновления, которое иногда возможно при ликвидации постоянного антропогенного пресса [1, с. 323].

Степень подверженности территории опустыниванию и сила его воздействия определяются прежде всего климатическими факторами, рельефом местности, структурой и механическим составом почв, характером растительного покрова, масштабами развития хозяйства. А. Г. Бабаевым [2] были определены наиболее общие факторы, обуславливающие развитие опустынивания для различных регионов:

- деградация растительного покрова и сопутствующая ей эрозия почв в результате чрезмерного выпаса;
- усиление эрозии и дефляции засушливых земель при их интенсивном и нерациональном использовании под богарное земледелие без учета природных особенностей почвенного покрова;
- разрушение растительного и почвенного покрова в районах геолого-разведочных работ, при дорожном и промышленном строительстве, разработке полезных ископаемых, строительстве населенных пунктов и ирригационных сооружений;
- разрушение хрупкой пустынной корки транспортными средствами;
- уничтожение растительного покрова и разбивание почв скотом вокруг водопойных колодцев.

При этом А. Г. Бабаевым процесс опустынивания разделен на две фазы: в ходе первой фазы признаки опустынивания очевидны, но еще проявляются слабо, а сам процесс является потенциально обратимым; во второй фазе деградация ландшафта переходит критическую грань, и процесс практически необратим [2].

Особенности наблюдаемых на современном этапе природных процессов в араломорском регионе указывают на высокую степень деградации ландшафтов, что сопровождается активизацией эрозионных процессов, в особенности ветровой эрозии (дефляции) с переносом взвешенных твердых частиц воздушными потоками на различные расстояния. Осушенное дно бывшего Аральского моря сложено грунтами легкого механического состава, в основном мелкозернистыми песками и алевритами, что создает предпосылки для широкого развития эоловых процессов. Проявления экзогенных процессов на осушенном дне и в прилегающих к нему районах Приаралья преобразуют первичный аккумулятивный рельеф в типичный пустынный ландшафт, который в научной литературе именуют Аралкум.

Анализ особенностей динамики ветрового переноса песка и пыли дает возможность оценить масштаб развития процесса опустынивания. По данным О. Е. Семенова с соавторами [3], на метеостанции Аральское Море пыльными бурями и пыльными поземками переносимая масса твердых частиц равна 3 844 т/км/год; на метеостанции Уялы масса переносимого ветром материала составляет 5 795 т/км/год.

В Приаралье значительно возросли количество и сила пыльных бурь. Так, по оценкам И. В. Каипова, О. Е. Семенова и А. П. Шапова [4], во время сильной пыльной бури, которая наблюдалась в Приаралье 28–29 апреля 2008 г., было перемещено на различные расстояния около 8 млн т твердых частиц. Ширина

шлейфа пыли, сформировавшегося в источнике, достигала 207 км, а дальность выноса частиц достигала 1 400 км (фото).



**Фото – Шлейф песчано-солевой бури 28–29 апреля 2008 г. в Приаралье [4]**

Последствием широкого развития дефляции в Приаралье является формирование шлейфов сухих песчано-солевых выпадений. Масса этих накоплений значительно уменьшается при переходе от территории осушенного дна Аральского моря к его периферии. Так, в центральной части сухой котловины водоема масса твердых выпадений достигает 250–300 и более т/км<sup>2</sup>/год, уменьшаясь на прилегающих территориях до 5 т/км<sup>2</sup>/год, что дает ежегодный вынос твердых частиц 1,17 млн т [4].

Поступление песков и солей и понижение уровня грунтовых вод ниже 3 м создают условия для засоления почв в Приаралье. Вследствие засоления почв образуются солонцы и солончаки, малопригодные для произрастания растений. По имеющимся оценкам [4], при прогрессирующем высыхании Большого Арала и формировании новых площадей осушенного дна возрастет количество выносимого ветром материала и усилится эоловое засоление почв.

Таким образом, в результате высыхания Аральского моря и развития процесса опустынивания произошло формирование на осушенном дне водоема природно-антропогенной пустыни Аралкум. На этой территории широко проявляются неблагоприятные геологические процессы, в особенности ветровая эрозия (дефляция). В результате эолового переноса песка и солей происходит засоление почв, что приводит к образованию солонцов и солончаков, гибели растений, аккумуляции шлейфов твердых накоплений и ведет к общему ухудшению геоэкологической обстановки в регионе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реймерс, Н. Ф. Природопользование : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Мысль, 1990. – 637 с.

2. Бабаев, А. Г. Пустыноведение как отрасль географической науки / А. Г. Бабаев // Почвы, биогеохимические циклы и биосфера: развитие идей Виктора Абрамовича Ковды: к 100-летию со дня рождения / Н. Ф. Глазовский (отв. ред.) [и др.]. – М. : Т-во науч. изд. КМК, 2004. – С. 215–225.

3. Ветровой вынос и песчано-солевые выпадения с осушенной части дна Аральского моря / О. Е. Семенов [и др.] // Арид. экосистемы. – 2006. – Т. 12, № 29. – С. 47–58.

4. Каипов, И. В. Вынос массы алевритового аэрозоля с осушенной части Арала во время пыльной бури 28–29 апреля 2008 года / И. В. Каипов, О. Е. Семенов, А. П. Шапов // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 3. – С. 49–71.

УДК (551,3:537,8):624,131,386](477,4)

### **В. Н. БУБЛЯСЬ**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: bublias@ukr.net

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МИКРОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЗОН В ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РАВНИННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Кроме тектонических разломов, на поверхности земли выделяют линеаменты тектонических напряжений и незначительных деформаций, которые также представлены своей иерархической системой. В пределах сгущения коротких линеаментных зон существует микроструктура, имеющая отражение в рельефе, морфологии (текстуре) почв и пород. Структурные элементы всех уровней имеют определенные геометрические формы (тре-, четырех-, пяти-, шести- и т. д. угольные, округлые, линейно вытянутые, спиралевидные, древовидные и др.). Каждая из них имеет определенный уровень развития и организации. Судя по имеющимся на сегодня фактическим данным, подтверждается идея В. И. Вернадского о том, что в основе почвенно-геологического пространства лежат геометрические истины – разные виды симметрии. Выяснение природы пространственно-геометрических форм позволит решать не только генетические, но и более сложные задачи – конструирование цельного представления о природе почвенно-геологических систем.

В пределах блоков, разделенных тектоническими разломными зонами, выделяется сеть участков с аномальным напряженно-деформационным состоянием пород и с аномально высокими энергомассообменными процессами. Данная сеть в ландшафтах и покровных отложениях представляет собой микро- и наноструктурные элементы, которые отличаются от фоновых участков литологическим и химическим составом, водно-физическими, физико-механическими и электродинамическими свойствами.

Основные теоретические позиции данной работы базируются на общепринятых фундаментальных постулатах структурной геологии и геотектоники покровных отложений, где представлены новые идеи о природе геодинамических процессов и индикаторов их обнаружения в современном рельефе. Исходя из анализа опубликованных источников [1], с большой вероятностью можно

принять, что микрорельеф, как и макрорельеф, является порождением геодинамических процессов, но с различными факторами их развития. Так, замкнутые, полузакрытые и открытые пониженные формы микрорельефа (западины, степные блюдца, воронки, поды, котловины и др.) – это специфические, исторически обусловленные природные объекты, сформированные преимущественно на равнинных территориях под влиянием поверхностных упругих волн. Тем более что в их морфологических, структурных и текстурных элементах отражены следы геодинамических и ландшафтных процессов.

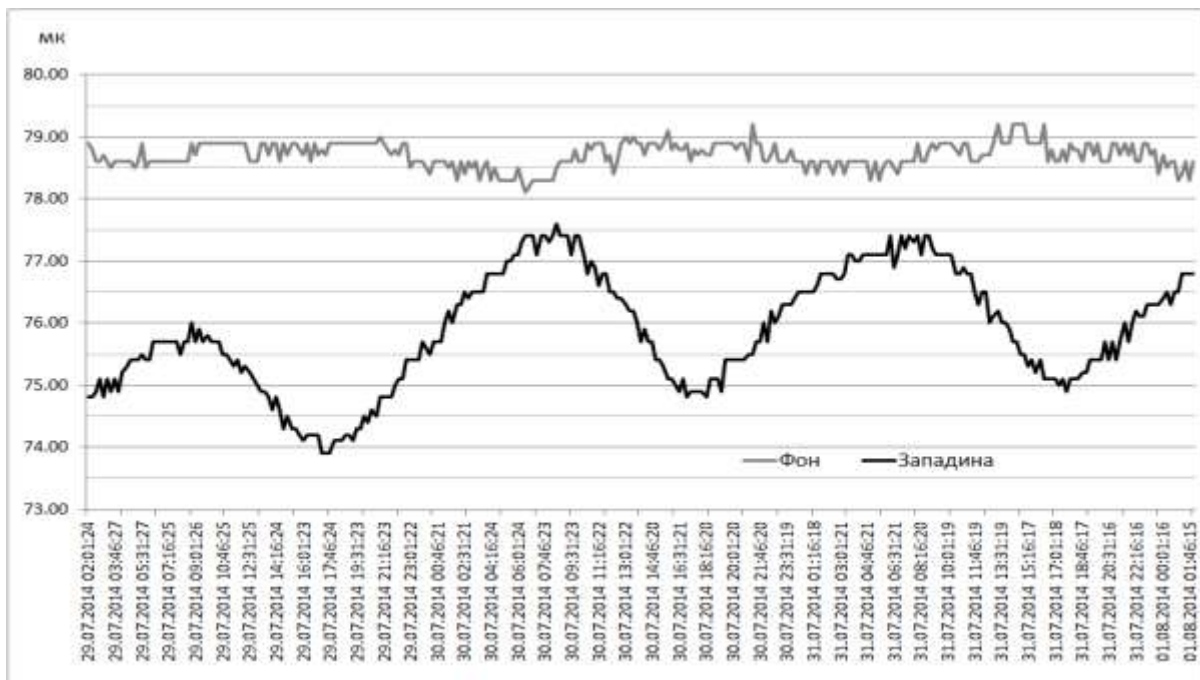
Основная идея изучения особенностей закономерностей регионального развития западных морфоскульптур вытекает из принципа воздействия автоколебательных упругих волн на формирование микроструктуры в покровных отложениях. Поскольку характер распространения упругих волн в геологической среде зависит от многих геологических и геоморфологических факторов, то в комплекс исследовательских работ были привлечены геофизические методы контроля за изменением напряженно-деформационного состояния пород (с помощью деформографов и сейсмографов). Кроме того, изучались ландшафтные характеристики: температурный режим, атмосферные осадки, растительный покров, характер перемещения атмосферных фронтов, барические характеристики, статические электрические поля и др. Как показывают результаты исследования, только комплексный анализ всей факторной системы дает возможность установить генетические особенности этих специфических природных аномалий, которые были названы *микроеодинамическими зонами* (МГЗ).

В блоковой системе структурного разделения земной коры долгое время считалось, что каждый отдельный блок в геодинамическом (тектоническом) плане является стабильным, а микрорельеф относится к продуктам экзогенных процессов, но по результатам работ последних десятилетий эти идеи были поставлены под сомнение [2]. В каждом таком блоке, ограниченном зонами разломов и растрескиваний в условиях равнинного рельефа и пород однородной литологии, как правило, возникают стоячие упругие волны, генерируемые ротационными и гравитационными силами. Данные волны по физическим свойствам способны выполнять существенную геологическую работу. К таким работам можно отнести: 1) повышенную водоотдачу пород, 2) сепарацию элементарных частиц, 3) генерацию электрических потенциалов, 4) перемещение поровых растворов и газовых образований на сравнительно большие расстояния. Экспериментально установлено, что при взаимодействии электрических зарядов в приземной атмосфере и литосфере периодически формируются мощные электрические градиенты, которые транспортируют твердую, жидкую и газообразную фазы пород в вертикальном и горизонтальном направлениях. К примеру, молекулы воды двигаются в сторону отрицательных зарядов, катионы и анионы, соответственно, к противоположным по знаку зарядам. Кроме краткосрочных аномальных явлений, которые проявляются в суточных и сезонных показателях, обнаружены и годовые аномалии, причина которых заключается, вероятно, в резонансе стоячей волны в пределах МГЗ.

Четким маркером стоячей волны является противоположно направленный характер развития процессов в МГЗ и на фоновых участках (рисунок), а также



высокая амплитуда колебания практически всех процессов. Благодаря стоячим волнам в микрогеодинамических зонах формируются пути повышенной миграции, из-за которых происходит деградация пород и вынесение их высокоподвижной составляющей преимущественно в водоносные горизонты, что является основной причиной формирования западного микрорельефа. Так, по причине резонанса стоячей волны в микрогеодинамической зоне на полигоне «Лютеж» в 2013–2014 гг. минерализация грунтовых вод увеличилась в 12,3 раза (в обычных условиях она ниже в 2–3 раза, чем на фоне).



**Рисунок – Характер суточных колебаний напряженно-деформационного состояния (сжатие – растяжение) пород по данным деформатографа, установленного в специально обустроенном шурфе на глубине –2,5 м на фоновом участке и в западинной форме полигона «Лютеж» за период с 29.07.2014 по 01.08.2014**

В связи с тем что микрогеодинамические процессы вызваны автоколебательными упругими волнами, имеющими глобальное распространение, образованные ими напряженно-деформационные зоны имеют место практически во всех физико-географических зонах на всех континентах Земли (четко фиксируются на космических снимках). Но в различных геологических и ландшафтных условиях формируется свой морфо генетический тип МГЗ. Количество и характер их размещения зависят в основном от литологии покровных отложений, характера залегания пород и рельефа.

Особенно большое внимание в изучении ряда процессов в пределах МГЗ уделено электрическим явлениям в приземной атмосфере и литосфере. Все факторы генерации электрических потенциалов можно разделить на атмосферные и литосферные. Интересным моментом этого разделения является то, что

в большинстве случаев атмосферные и литосферные заряды противоположны по знаку или различны по величине потенциала, поэтому между этими сферами постоянно происходит обмен электрической энергией [3]. В результате этого обмена возникает электрический ток, носителем которого, как правило, являются ионы, различного рода аэрозоли, молекулы воды (преимущественно в паровом состоянии), свободные электроны, газы и др. Эти исследования дают возможность перейти на более высокий уровень мониторинга флюидов.

По результатам представленных исследований и анализа опубликованных источников об электрических явлениях в микрогеодинамических зонах возникает необходимость пересмотра защитной роли зоны аэрации. На сегодня накоплено много данных о повышенной миграции влаги и растворенных, в том числе вредных, веществ (радионуклидов) в зонах быстрой миграции МГЗ [4]. Особую актуальность изучение зон быстрой миграции приобретает для выявления процессов формирования загрязнения первого от поверхности водоносного горизонта как самого незащищенного звена подземной гидросферы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хаин, В. Е. Геотектоника с основами геодинамики / В. Е. Хаин, М. Г. Ломизе. – М. : КДУ, 2005. – 560 с.
2. Селюков, Е. И. Краткие очерки практической микрогеодинамики / Е. И. Селюков, Л. Т. Стигнеева. – СПб. : Питер, 2010. – 175 с.
3. Бублясь, В. М. Електричні явища атмосфери і літосфери та їх роль у геологічних процесах / В. М. Бублясь // Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука і виробництво : матеріали IV Міжнар. геол. форуму, присвяч. 60-річчю УкрДГРІ. – Київ : Вид-во УкрДГРІ, 2017. – С. 19–24.
4. Бублясь, В. Н. Аномальные зоны и их роль в перераспределении радионуклидов из поверхности почв в подземные воды / В. Н. Бублясь // Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа : монография : в 2 ч. / В. Шестопалов [и др.] ; Ин-т геол. наук Нац. акад. наук Украины. – Киев, 2001. – Ч. 1 : Распространение чернобыльских радионуклидов в гидрогеологических структурах. – С. 251–356.

УДК 556.53+575.15(575.1)

**А. Д. ГОНЧАР, Р. И. БОБОЕВ**

Узбекистан, Ташкент, Институт геологии и геофизики

имени Х. М. Абдуллаева

E-mail: Aldangon 44@mail.ru; Raxmat8317@mail.ru

#### **ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ РЕКИ ТУПАЛАНГ В ЮГО-ЗАПАДНОМ ГИССАРЕ (УЗБЕКИСТАН)**

Территория Республики Узбекистан расположена в нескольких географических и климатических зонах, претерпевших в ходе геологической истории многочисленные структурные преобразования. На западе региона огромные площади занимают пески Кызылкум, с резко континентальным климатом и ред-

кими оазисами. На востоке – горные системы Нуратау, Гиссара. Горы Чаткало-Курамы и Туркестано-Алая обрамляют крупную и плодородную Ферганскую впадину. Южнее протягиваются хребты Зирабулак-Зиаэтдина и Гиссара, где на водоразделах еще сохраняются ледники, уменьшающиеся с каждым годом. В силу различных причин – неумеренного использования его воды в хозяйстве, проявления региональных тектонических процессов – исчезло почти полностью огромное внутреннее море Арал, осушенное дно его превратилось в еще одну пустыню, а раздуваемые усиливавшимися ветрами соль и песок привели к экологической катастрофе прилегающих площадей, влияя на здоровье населения и плодородие земель. Возрастающие потребности в воде и энергоресурсах на юге Узбекистана обусловили строительство плотин на ряде горных рек республики.

Через площади Узбекистана на юге протекает одна из самых крупных рек региона – Амударья, истоки которой находятся за пределами Узбекистана. Ее притоком является Сурхандарья, несущая свои воды по одноименной впадине, окруженной хребтами Гиссара и Бабатага. В числе рек, впадающих в нее, – река Тупаланг (по таджикски – бешеная). Ее питание осуществляется за счет таяния ледников и снега, сезонных дождей и родников. Длина Тупаланга несколько сот километров, река берет свое начало с водораздела Гиссарского хребта. Ширина русла возрастает с верховьев к низам, составляя в средней части у кишлака Хиссарак не менее 50 м. До реки Сурхандарьи доходит уже только часть воды, разбираемой населением. Сила потока способна передвигать даже крупные глыбы и валуны, обнажающиеся в русле в периоды маловодья (фото 1).



**Фото 1 – Бурный весенний поток реки Тупаланг**

Формирование реки Туполанг, как и всех горных рек, тесно связано с этапами тектонического становления ее бассейна в Гиссарском хребте. Принято считать, что процесс воздымания этой части Тянь-Шаня начался в конце неогена – начале четвертичного периода, сопровождаясь климатическими изменениями. Силы тектоники сформировали на южном склоне хребта крупный антиклинорий, сложенный в основном осадочными толщами мезокайнозоя.

В числе толщ, участвующих в строении антиклинория, оказались и юрские гипсоносные отложения. Развитие их на западном крыле структуры обеспечивало сток подземных вод к западу и вынос легкорастворимых гипсов, создавая сложную карстовую систему. При последующих горообразующих процессах антиклинорий был осложнен разрывными нарушениями, способствовавшими

стоку вод. Формирование долины Тупаланга прервало развитие карста, различные формы которого – от воронок до галерей – наблюдаются в обоих бортах реки (фото 2).

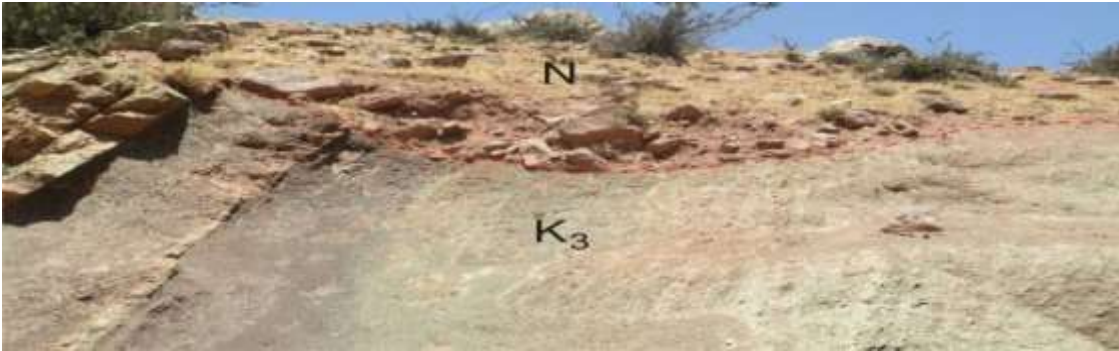


**Фото 2 – Разнообразие карстовых форм в правом борту реки**

На начальных этапах формирования своей долины Тупаланг представлял небольшую речушку, оставившую свои отложения в виде пластов мелкогалечных конгломератов с прослоями мелкозернистых полимиктовых песчаников с ходами пескожилов. Хорошо окатанная галька расположена длинными осями с севера на юг, что отвечает направлению стока и современного Тупаланга.

На протяжении мела и палеогена регион являлся обширной морской акваторией. В начале неогена влажный климат предшествующего времени повсеместно сменился на аридный, что отразилось в красноцветной окраске отложений. Редкость проявления атмосферных осадков способствовала накоплению на склонах рыхлых осадков, легко смываемых дождевыми потоками, формировавшими бурные грязекаменные сели. Обладая высокой энергией, сели выносили массу обломочного материала на значительные расстояния. Проявление деятельности неогенового селя отмечено в бассейне левого составляющего реки Тупаланг Оби-чинар-газ-сае, где на моноклинально залегающих к западу осадочных морских отложениях позднего мела с размывом залегают красноцветные грубообломочные толщи неогена. Они имеют односторонне выпуклую линзовидную форму (фото 3), сложены слабо окатанными обломками различных пород, обрывков слоев песчаников, беспорядочно погруженных в глинисто-песчаную массу. С помощью космofотоснимков возможно проследить длительный путь селя – от крупного интрузива до его впадения в долину Тупаланга.

Здесь грязевой поток растекался по долине, образуя линзовидную толщу. Отмечено несколько таких пачек, что можно трактовать как неоднократность проявления селей. Возможно, что в случае проявления наиболее мощных селей нарушался сток вод Тупаланга и шло образование временных естественных запруд. Напор накапливаемых вод приводил к прорыву и частичному размыву запруд, способствуя местному искривлению русла реки (фото 4). На космofотоснимках бассейна реки отмечены неоднократные резкие изгибы ее русла, которые, видимо, генетически связаны с размывами препятствий речного потока.



**Фото 3 – Несогласное залегание селевых отложений неогена на меловых.  
Приток реки Тупаланг**



**Фото 4 – Ряд искривлений русла реки Тупаланг при прорыве завалов**

С этими же участками связано накопление в бортах реки, на ее террасах отложений четвертичных лесов, имеющих характерную палевою окраску. Мощностью их составляет от 40–100 м, залегают с резким несогласием на различных пачках верхнего мела и палеогена в виде плащеобразных залежей. В основании развит повсеместно горизонт конг-лобрекчий, сменяемый разногалечными конгломератами с плохо окатанной галькой.

Лессы разрабатывались при возведении гидросооружения на реке Тупаланг, при этом в них были найдены обломки керамической посуды, кости и части скелетов мелких позвоночных животных (лисы, зайца и др.). Известен случай обнаружения в лессе полного скелета человека, местная милиция подтвердила древность останков. Собранная нами керамика, по мнению специалистов Института археологии АН РУз, датируется первыми веками нашей эры, что позволяет отнести артефакты к возрастному интервалу до тысячи лет.

Проблема образования лессов давно является предметом научной дискуссии, преобладающей теорией многие специалисты считают эоловую. Однако применению ее для бассейна реки Тупаланг препятствуют как ритмичный характер строения толщи, так и археологические находки. Можно предположить, что в результате частых обрушений отложений в бортах реки (сейсмические проявления, гравитационные оползания пород) могло происходить формирование

относительно временных водоемов. Крутые и обрывистые берега могли затруднять подход к воде животных и местных жителей, что приводило их к попаданию в водоем и гибели, при этом в осадок попадала глиняная посуда. Высокая мутность воды, насыщенной частицами глин, способствовала формированию такой своеобразной осадочной породы, как лесс.

**Выводы.** Полученный фактический материал позволяет проследить историю геологического развития одной из крупных горных рек юго-западного Гиссара, высокая динамика которой будет использована при сооружении в бассейне Тупаланга каскада гидросооружений. Основным фактором формирования реки и ее бассейна была тектоника при воздымании региона в позднеэоценовое – раннечетвертичное время, повлияв на климат и рельефообразование.

Впервые для этого района Южного Тянь-Шаня установлены проявления неогеновых грязекаменных потоков (селей), связанных с сезонными атмосферными проявлениями в условиях жаркого и засушливого климата, характерных и для многих современных районов Узбекистана и соседних республик. При высыхании селей их химически активная вода естественно проникала в подстилающие осадочные толщи позднего мела, приводя к изменению окраски и вещественного состава. Показателем этого процесса служит и наблюдаемая в обнажениях своеобразная «мозаичная» структура в аргиллитах, образованная за счет смешивания их частей при насыщении водой.

Предполагается связь формирования лессов не с воздействием ветрового переноса, а с осадкообразованием во временных водоемах.

УДК 551.43(476)

**Н. Ф. ГРЕЧАНИК<sup>1</sup>, Л. ЗБУЦКИЙ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

<sup>2</sup>Польша, Бяла-Подляска, Государственная высшая школа имени Иоанна Павла II

E-mail: hrachanik55@mail.ru; zbuckilukasz@op.pl

### **ГЛЯЦИОДИСЛОКАЦИИ В ЛЕДНИКОВЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫСОКОВСКОЙ МОРЕННО-ВОДНО-ЛЕДНИКОВОЙ РАВНИНЫ**

Высоковская моренно-водно-ледниковая равнина расположена в юго-западной части Беларуси и является одним из геоморфологических районов области равнин и низин Предполесья. Речная долина Правой Лесной отделяет этот район от Вискулянско-Шерешевской равнины, а по левобережной части долины реки Лесная район граничит с Каменецкой равниной. С западной стороны проходит государственная граница с Польшей. Территория вытянута с севера на юг на 54 км, с запада на восток на 30–35 км. Абсолютные отметки кровли кристаллического фундамента приурочены к интервалу от –0,8 до –1,6 км. Поверхность ложа четвертичных отложений пересеченная. В западной и юго-

западной части выделяются ледниковые ложбины, днища которых опущены до отметок 30–40 м, а в некоторых местах до –30 м. На остальной территории отметки поверхности ложа колеблются от 90 до 120 м. Эта поверхность сложена палеоген-неогеновыми песками и глинами, а в ложбинах – нередко известняками и мергелями позднемелового возраста. Мощность четвертичных отложений от 60 до 130 м, а в ледниковых ложбинах свыше 170 м.

Абсолютные отметки дневной земной поверхности изменяются в широком диапазоне от 121 до 198 м. Максимальные высоты (175–198 м) характерны для центральной части равнины, где сосредоточены холмисто-увалистые конечно-моренные образования, среди которых выделяются холмоподобные формы диаметром до 2 км в основании.

Ярус рельефа ниже конечно-моренных образований с высотами 165–175 м образован моренной равниной сожского времени с мелкохолмистой и пологоволнистой поверхностью. Она изрезана долинами рек и ручьев, впадающих в реки Правая Лесная, Лесная и Западный Буг. Наиболее сложно устроен участок, находящийся у дд. Волчин – Паниквы – Новоселки – Ставы. Поверхность здесь мелкоувалистая, волнисто-холмистая у д. Паниквы, волнистая у д. Ставы, холмистая у д. Волчин. Между дд. Паниквы и Новоселки она изрезана небольшими оврагами и балками.

Высотный уровень в 150–160 м занимает пологоволнистая, плоская, реже волнистая водно-ледниковая равнина, среди которой выделяются камы, озы и термокарстовые западины. Участок волнистой равнины находится у дд. Залесье – Мачулище – Колодно – Гремяча. На западе подрайона в окрестностях д. Заречье распространены камы сожского возраста. Здесь они образуют группу холмов высотой 5–10 м с крутизной склонов до 10°, шириной основания 100–250 м.

К самому низкому гипсометрическому уровню с отметками 121–140 м приурочены речные долины в большинстве пойменного типа. Характерным примером такой долины является долина реки Пульвы. Она имеет трапециевидный поперечный профиль с глубиной от 1 до 25 м. Днище занято низкой поймой и руслом реки. В пойме вскрываются отложения трех фаций – русловой, пойменной и старичной.

Четвертичные отложения в пределах исследуемого региона являются рельефообразующей толщей и представлены моренными, водно-ледниковыми, озерно-ледниковыми, аллювиальными, озерно-аллювиальными, озерно-болотными, озерными, болотными, биогенными, золовыми и техногенными генетическими типами. Мощность четвертичных аккумуляций в пределах исследуемой территории варьирует от 60 до 130 м. Особая роль в формировании этих отложений принадлежит среднеплейстоценовым покровным оледенениям – нарвскому, березинскому, припятскому.

Межледниковые горизонты относительно маломощные, прерывистые и занимают малые площади. Они подвергались водному размыву, экзарации и гляциотектоническому воздействию. Гляциотектоническому воздействию подвержены и ледниковые образования. Гляциотектонические дислокации в ледни-

ковых телах территории равнины возникли в результате воздействия покровных ледников на активной, пассивной стадиях, а также связаны с грунтовым льдом перигляциального этапа развития региона. Гляциотектонические дислокации чаще всего представляют собой складки, небольшие надвиги, скибовые нарушения, гляциодиапиры, малоамплитудные пликативные и дизъюнктивные нарушения, инъективные формы, возникшие на активной стадии и стадии деградации ледника, и айсберговые деформации. Гляцигенные нарушения в залегании плейстоценовых пород выявлены в ходе полевых работ в многочисленных карьерных выработках исследуемого региона. Многие гляцигенные нарушения залегания пород в ледниковых образованиях четко выражаются в современном облике территории в виде положительных форм рельефа.

Покровный материковый ледник является геологическим телом, представляющим собой мощный пласт горной породы. Ледник оказывал механические воздействия на толщи нижележащих горных пород, в свою очередь они, как неотъемлемая часть земной коры, способствовали возникновению изменений в толще ледяного покрова. В связи с этим проявляются направленные воздействия ледника на определенный участок земной коры – гляциотектогенез и гляциоморфогенез в телах ледникового ложа, с одной стороны, и гляциоседиментогенез – с другой. В результате этих воздействий образуются формы геологических тел с определенными элементами структуры, возникающие путем преобразования пород ложа ледником, и тела ледниковых отложений.

Ледниковые образования в телах ледникового ложа в пределах территории равнины получили широкое развитие. В виде дислоцированного автохтона они выделяются под телами морен напора и в днищах ледниковых ложбин. Среди них выделяются экзарационно-эрозионные формы в виде ледниковых ложбин. Поверхность подошвы четвертичных отложений изрезана глубокими V-образными ложбинами, которые вскрывают мезозойские (меловые) породы, в то время как преобладающее распространение имеют палеогеновые и неогеновые аккумуляции. Особенно сложно устроено ложе четвертичных отложений на территории Брестского и Каменецкого районов. У д. Пограничная берет начало одна из самых протяженных ложбин. На абсолютной отметке +20 м днище ложбины вскрывает отложения мелового возраста. Далее ложбина прослеживается у д. Оберовщина, проходит западнее г. Высокое, подходит к д. Гремяча, далее соединяется с озеровидным углублением у д. Вельямовичи и д. Сычи. В этом месте углубление врезано в меловые породы до уровня –35 м. Ширина ложбины 1,5–4 км. Далее ложбина прослеживается в юго-восточном направлении, и одна ее ветвь заканчивается северо-западнее Бреста, вторая, повернув на северо-восток, заканчивается у д. Чернавчицы за пределами территории равнины. На основании возраста морены, залегающей в основании ледниковых ложбин, можно утверждать, что они были заложены и заполнены во время наревского и березинского оледенений. Материал этих отложений и коренные отложения бортовой части ложбин дислоцированы. В пределах территории имеются переглубления, сформированные во время припятского оледенения днепровского



и сожского времен. Данные переуглубления наследуются современными постоянными водотоками.

Геологическая деятельность покровных ледников, неоднократно вторгавшихся на эту территорию, способствовала возникновению разнообразных гляциальных форм рельефа. Наиболее четко из таких форм в современном рельефе выделяются краевые образования. На территории региона они имеют в основном субширотное простирание, чередуясь с межгрядовыми понижениями.

Тела морен напора образовались в краевой зоне ледника под действием его давления на подстилающий и расположенный перед ним субстрат. В результате такого воздействия происходит срыв и перемещение пород в виде блоков. Такие породы сильно дислоцированы. Морены напора возникли при подвижках ледника на его регрессивном этапе в пределах наиболее активных лопастей и языков. В рельефе центральной части Высоковского комплекса выделяется система гряд, которые простираются в северо-восточном направлении от дд. Новая Рясна – Чепели – Миневицы – пос. Беловежский. Эти гряды – результат напорных процессов. Об этом свидетельствует характер залегания отложений в западной стенке карьера, расположенного около д. Чепели, где обнажаются переслаивающиеся горизонтально-слоистые, разнотернистые, темно-серые пески и песчано-гравийный материал, срезаемый косопадющей под углом  $65^\circ$  темно-бурой моренной супесью. Преобладающая ориентировка разноразмерного обломочного материала по длинной оси в моренной глине – юго-восточная, гораздо реже – южная и юго-западная. Напорные образования в современном рельефе здесь выражены в виде валов, куполов и выступов. В телах морен напора отмечаются пликативные гляционарушения в виде антиклинальных складок и надвиговых чешуй. Исходными породами напорных морен являются разной степени консолидации образования осадочного чехла.

Морены напора – результат седиментации ледникового типа, сопровождавшейся дислокациями вовлеченных в короткий транспорт пород ложа. Такие дислокации классически выражены в искусственных выработках возле дд. Бордзевка, Заречье и Чепели.

Припятский ледниковый покров днепровского времени сыграл значительную роль в развитии природы и становлении современного облика территории региона. Главные черты геоморфологического облика региона сформировались после деградации припятского ледника днепровского и сожского времен, в это же время сформировались на территории равнины и ледниковые образования.

В телах ледниковых образований широкое распространение получили гляциотектонические дислокации в геологических телах ледникового ложа и экспонированных формах ледникового генезиса.

Наиболее ярко проявляются гляциотектонические дислокации в пределах конечно-моренных образований в виде складок, небольших надвигов, скибовых нарушений и гляциодиапиров в покрове основных морен, малоамплитудных пликативных и дизъюнктивных нарушений, инъективных форм и криотурбаций в озах, камах, покровных зандрах и конусах выноса, а также айсберговых деформаций в телах озеро-ледниковых отложений.

УДК 551.782.2:551.79.792(476)

**С. В. ДЕМИДОВА<sup>1</sup>, Т. Б. РЫЛОВА<sup>2</sup>, Т. В. ЯКУБОВСКАЯ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: demidovasvet@mail.ru; rylova\_tatyana18@mail.ru; tyakub@tut.by

## **НОВОЕ В СОСТАВЕ НЕОГЕНОВОЙ И ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СИСТЕМ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

В связи с пересмотром положения нижней границы четвертичной системы в Международной хроностратиграфической шкале (МСШ) [1] и в стратиграфических схемах докембрия и фанерозоя Беларуси 2010 г. [2; 3] представление об объемах и составе неогеновой и четвертичной геологических систем в разрезе территории страны существенно изменилось. Четвертичная система (квартер) в нижней части (нижний подотдел плейстоценового отдела) дополнена аналогами гелазского яруса МСШ – отложениями, сформированными в интервале 2,58–1,8 млн лет назад. Эти отложения объединены в региональный дворецкий горизонт, прежде составлявший верхний из трех подотделов плиоценового отдела неогена.

В настоящее время плиоценовый отдел двучленный и включает нижний и верхний подотделы, соответствующие занклскому (5,33–3,60 млн лет) и пьаченцскому (3,60–2,58 млн лет) ярусам МСШ. К верхнему плиоцену теперь относятся подразделения среднего плиоцена схемы 2010 г. Поскольку в его составе находится только один холмечский горизонт (с двумя подгоризонтами – нижнехолмечским и верхнехолмечским), в плиоцене упразднен колочинский надгоризонт. Отложения неогеновой системы на территории Беларуси завершаются следующими местными стратонами: в Гродненском страторайоне белицкой серии бассейна палео-Нёмана – отложениями средней части александровской свиты, бывшей «кинельской» по Г. И. Горецкому [4]; во Вселюбском страторайоне – отложениями впервые выделенной кремушевской свиты; в плиоцене бассейнов палео-Ясельды и палео-Мухавца приграничной становится соколовская свита; в Логойском метеоритном кратере – отложения гайнинской свиты на глубине около 5 м от ее кровли.

Вновь установленная кремушевская свита с двумя подсвитами – нижнекремушевской и верхнекремушевской – представляет собой плиоценовые отложения разрезов ряда скважин, пробуренных в окрестностях дд. Кремушевка и Слочва Новогрудского района Гродненской области. Голостратотип кремушевской свиты – это получившие палеоботаническую характеристику отложения, вскрытые скважиной 135 у д. Кремушевка на гл. 102,5–123,5 м и скважиной 136 у д. Слочва на гл. 135,4–155,0 м. Мощность свиты в этих разрезах 19,6–21,0 м. Кремушевская свита, получившая распространение в пределах Вселюбского страторайона, является аналогом холмечской свиты плиоцена палео-Днепра в Речицком страторайоне.

Изменения в составе четвертичной системы обусловлены включением в нижний подотдел плейстоцена дворецкого горизонта – бывшего регионального стратона плиоцена. В дворецком горизонте выделены ольховский и любчанский подгоризонты – новые региональные стратиграфические подразделения.

Горизонт именуется дворецким по названию д. Дворец Речицкого района Гомельской области, где в естественных обнажениях, шурфах и скважинах изучен аллювий дворецкой свиты. Голостратотип горизонта и свиты – отложения на урезе воды и несколько выше в пойме правого берега Днепра, открытые в 1969 г. и исследованные многими специалистами [5–10]. Наиболее полно описаны разрезы, по результатам изучения которых получены детальные палеоботанические материалы и характеристика вещественного состава отложений. Отложения в голостратотипе дворецкого горизонта/свиты образованы аккумуляциями одного седиментационного цикла, состоят из слоистой толщи песка и алевроита кварцевого состава и перекрывающей их преимущественно монтмориллонитовой глины темно-серой с растительными остатками. Общая мощность отложений 5–9 м. Отложения пойменной фации дворецкой свиты имеют положительную намагниченность [11], что наряду с выводами палеоботаников о сходстве ископаемой флоры с флорой тегелена Европы позволяет считать, что в разрезе Дворец присутствует субзона Олдувей магнитостратиграфической шкалы.

В Белорусском Поозерье отложения дворецкого горизонта неизвестны. В пределах Белорусской гряды и прилегающих равнин присутствуют верхние части александровской и гайнинской свит, а также отложения верхов бывшей асокской свиты с ольховскими и любчанскими (новогрудскими в схеме 2010 г.) слоями. В регионе Белорусское Полесье в местные подразделения включены отложения грушевской и дворецкой свит.

Ольховские слои с явными признаками похолодания выделены Г. И. Горецким в асокской свите белицкой серии палео-Нёмана по результатам палинологических исследований Н. А. Махнач и Т. Б. Рыловой и соотносились в то время с похолоданием в начале позднего акчагыла [12]. Слои описаны в типовых разрезах скважины 120 у д. Лозы (гл. 92,6–98,6 м) и скважины 119 у д. Детомля (гл. 78,8–88,6 м), где состоят из прослоев песка тонкозернистого, разделенных алевроитом (нижний прослой песка неслоистый – русловая фация, алевроиты и верхний песок с горизонтальной слоистостью и характерным для этого интервала пепельно-серым цветом), а также алевроита песчанистого зеленовато-серого с прослоями глины темно-серой в нижней части. Общая мощность отложений до 9,8 м.

Над ольховскими слоями в вышеуказанных разрезах залегают алевроит и глина слоистые, серые с зеленоватым и голубоватым оттенком, которые в схеме 2010 г. выделялись как новогрудские слои, наименование которых упраздняется в связи с использованием названия «новогрудский подгоризонт» в среднем плейстоцене. Взамен предложено название «любчанские слои». В разрезе скважины 120 эти отложения вскрыты на гл. 87,5–92,6 м, скважины 119 – на гл. 72,5–78,8 м; мощность их 5,1–6,3 м.

Изучение отложений дворецкого горизонта в пределах всей территории Беларуси показало, что они соответствуют двум крупным климатохронам. Первый из них, ранний, отвечает ольховским слоям, палеоботанические особенности которых свидетельствуют о похолодании (оледенение высоких широт Северного полушария). Последующий климатохрон характеризуется как существенно более теплый, он выявлен в собственно дворецких отложениях (дворецкая свита и ее аналоги: любчанские слои, грушевская и гайнинская свиты). Существенные различия в климатических условиях формирования ольховского криомера и любчанского термомера являются основанием для выделения в дворецком горизонте двух подгоризонтов – ольховского и любчанского.

Таким образом, в связи с принятой нижней границей квартера на уровне 2,58 млн лет (неоген-четвертичная граница) претерпели изменения верхний подотдел плиоценового отдела неогеновой и нижний подотдел плейстоценового отдела четвертичной систем на территории Беларуси. Преобразования произошли за счет дворецкого горизонта (аналог гелазского яруса МСШ), «изъятого» из плиоцена и присоединенного к плейстоцену. В связи с этим предложены изменения в региональной и местной частях соответствующих стратиграфических схем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma / P. L. Gibbard [et al.] // *J. Quat. Sci.* – 2010. – Vol. 25 (2). – P. 96–102.
2. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / В. И. Абраменко [и др.] ; ред.: Н. В. Веретенников [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + прил. из 15 стратигр. схем.
3. Об утверждении Стратиграфической схемы Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 23 янв. 2017 г., № 8. – Режим доступа: <http://bii.by/tx.dll?d=362296>.
4. Стратиграфическая схема неогеновых отложений Беларуси / Т. В. Якубовская [и др.] // *Литасфера*. – 2005. – № 1 (22). – С. 135–144.
5. Величкевич, Ф. Ю. Новые данные о флоре д. Дворец на Днепре / Ф. Ю. Величкевич // *Стратиграфия и палеогеография антропогена*. – Минск : Навука і тэхніка, 1975. – С. 110–133.
6. Горецкий, Г. И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра / Г. И. Горецкий. – М. : Наука, 1970. – 492 с.
7. Махнач, Н. А. Доминдельская флора у д. Дворец на Днепре / Н. А. Махнач, С. С. Манькин, Е. П. Мандер // *Докл. АН БССР*. – 1970. – Т. 14, № 12. – С. 1106–1109.
8. Зинова, Р. А. Геологическое строение и палинологическая характеристика обнажений у д. Дворец на Днепре / Р. А. Зинова, А. Ф. Бурлак // *Исследования земной коры территории Белоруссии*. – Минск : Навука і тэхніка, 1982. – С. 30–37.
9. Якубовская, Т. В. Плиоценовые флоры Белорусского Поднепровья / Т. В. Якубовская // *Палеокарпологические исследования кайнозоя*. – Минск : Наука и техника, 1982. – С. 34–61.
10. Плиоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии / Р. А. Зинова [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1987. – 148 с.

11. Зінава, Р. А. Вынікі палеамагнітных даследаванняў неагенавых і антрапагенавых адкладаў Лоеўскага Прыдняпроўя / Р. А. Зінава, А. Н. Трацяк, З. Я. Волак // Новае ў геалогіі антрапагену Беларусі. – Мінск : Навука і тэхніка, 1979. – С. 153–160.

12. Махнач, Н. А. Расчленение плиоценовых отложений в стратотипическом разрезе у д. Лозы Новогрудского района Гродненской области (по данным спорово-пыльцевого анализа) / Н. А. Махнач, Т. Б. Рылова // О границе между неогеном и антропогеном. – Минск : Навука і тэхніка, 1977. – С. 136–196.

УДК 551.79:561(476)

### **Я. К. ЕЛОВИЧЕВА**

Беларусь, Минск, Белорусский государственный университет

E-mail: yelovicheva@yandex.ru

## **ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИ ИЗУЧЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА В ПРИГРАНИЧНОМ БЕЛОРУССКО-ПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ**

На территории Беларуси в пределах бассейнов рек Нарев и Западный Буг обобщены материалы по 67 палинологически изученным разрезам гляциоплейстоцена и голоцена [1], которые позволили наиболее полно представить степень изученности и обоснованности возраста вскрытых органогенных образований на этой территории при решении проблем стратиграфии и палеогеографии квартера в современном понимании развития природной среды и межрегиональной геологической корреляции.

По своему стратиграфическому положению геологические породы относятся к следующим временным интервалам (горизонтам):

- hl igl – голоценовому межледниковью (33 разреза, максимальная мощность осадков до 15 м) – МИС-1,
- pz gl – поозерскому/валдайскому оледенению (12 разрезов) – МИС-2-4,
- mr igl – муравинскому/микулинскому межледниковью (5 разрезов, максимальная мощность осадков до 1,5 м) – МИС-5,
- sz gl – сожскому/московскому оледенению (5 разрезов) – МИС-6,
- sk igl – шкловскому/рославльскому межледниковью (6 разрезов, максимальная мощность осадков до 9,5 м) – МИС-7,
- dn gl – днепровскому оледенению (5 разрезов) – МИС-8,
- a igl – александрийскому/чекалинскому межледниковью (23 разреза, максимальная мощность осадков до 31,6 м) – МИС-11,
- esl gl – еселевскому оледенению (?) (3 разреза) – МИС-12,
- isk igl – ишкольдскому межледниковью (?) (1 разрез, максимальная мощность осадков до 9,0 м) – МИС-13,
- br gl – березинскому/окскому оледенению (2 разреза) – МИС-14,
- bv igl – беловежскому межледниковью (3 разреза, максимальная мощность осадков до 18–23 м) – МИС-15.

Более древние образования (венедской аллювиальной свиты / корчевского/налибокского межледниковий – МИС-17, наревского/варяжского оледенения – МИС-18, брестского горизонта – МИС-19) в толще гляциоплейстоцена здесь не определены.

Особый интерес вызывают скважины с несколькими межледниковыми толщами: тремя в едином разрезе Тур (скважина 5517; александрийская, муравинская и голоценовая), по две – в скважине Борки (беловежские и александрийские), Мончани (ишкольдские? и александрийские), Гатча (шкловские и муравинские), Тур, Гатча (муравинские и голоценовые), что бесспорно определяет и их стратиграфическое положение по отношению друг к другу.

Не менее значимы и скважины с одним межледниковьем, отличающимся четкой палинологической характеристикой для спорных возрастных интервалов. Так, в разрезе Рудавец (скважина 360) на правом берегу реки Пульвы Каменецкого района Брестской области вскрыты органогенные отложения (глина, песок, супесь с раковинами моллюсков, торф, супесь с торфом) на гл. 2,9–12,4 м, перекрытые песком (0,0–2,9 м). Их палинологическое изучение Н. Ф. Тылиндус в 1959 г. показало принадлежность к шкловскому межледниковью (рисунок 1). Особенности палинологического обоснования последнего заключаются в небольшом участии ели, одновременной кульминации мезо- и термофильных пород в оптимуме, преобладании дуба и вяза среди широколиственных, малом содержании граба, что типично для термоксеротической фазы раннего оптимума шкловского межледниковья. Макросукцессия палеофитоценозов на диаграмме выглядит следующим образом: (*Betula + Pinus + Alnus + Quercus*) → (*Betula + Quercus + Ulmus*) → (*Pinus + Alnus + Corylus + Quercetum mixtum*) → (*Picea + Pinus + Quercetum mixtum*) → *Pinus* → (*Picea + Pinus + Alnus + Corylus + Quercetum mixtum*) → *Betula* → *Pinus*.

Особый интерес вызывает распределение палинологически изученных древних органогенных толщ по глубинам (рисунок 2). Одновозрастные толщи в понижениях рельефа могут залегать на значительно большей глубине, чем на возвышенных местах; хотя вне зависимости от условий палеорельефа древнейшие по возрасту образования гляциоплейстоцена располагаются ниже средне- и позднеплейстоценовых. Так, александрийские межледниковые толщи простираются не более 48 м, ишкольдские (?) – на гл. 71–80 м, беловежские – в пределах 82–100 м, а вот муравинские и шкловские и в этом случае укладываются в сходные интервалы 2–12 м; подошва поозерских ледниковых образований не превышает гл. 7,5 м. Тем не менее спорно достаточно низкое положение шкловских межледниковых образований в скважине Подберы (гл. 43,0–44,9 м).

В разрезах группы Тур, где выявлены образования от голоцена по александрийское межледниковье, муравинские и шкловские межледниковые отложения залегают примерно на равных глубинах; в свою очередь положение шкловских пород (скважина 14) очень хорошо согласуется с таковыми в разрезах Гута (скважина 5537) и Рудавец (скважина 360), чего не скажешь об их весьма низком нахождении в разрезе Подберы.

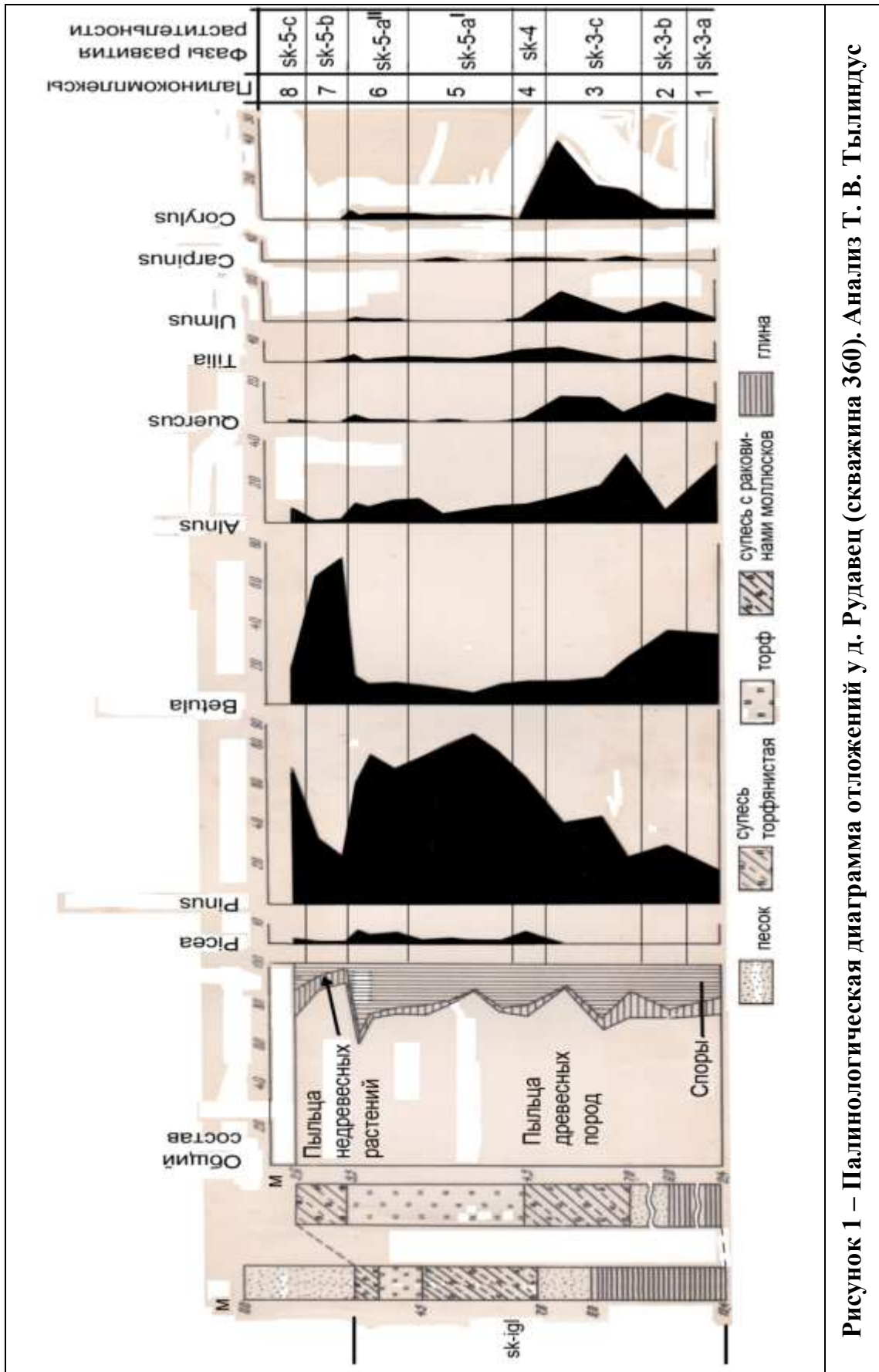
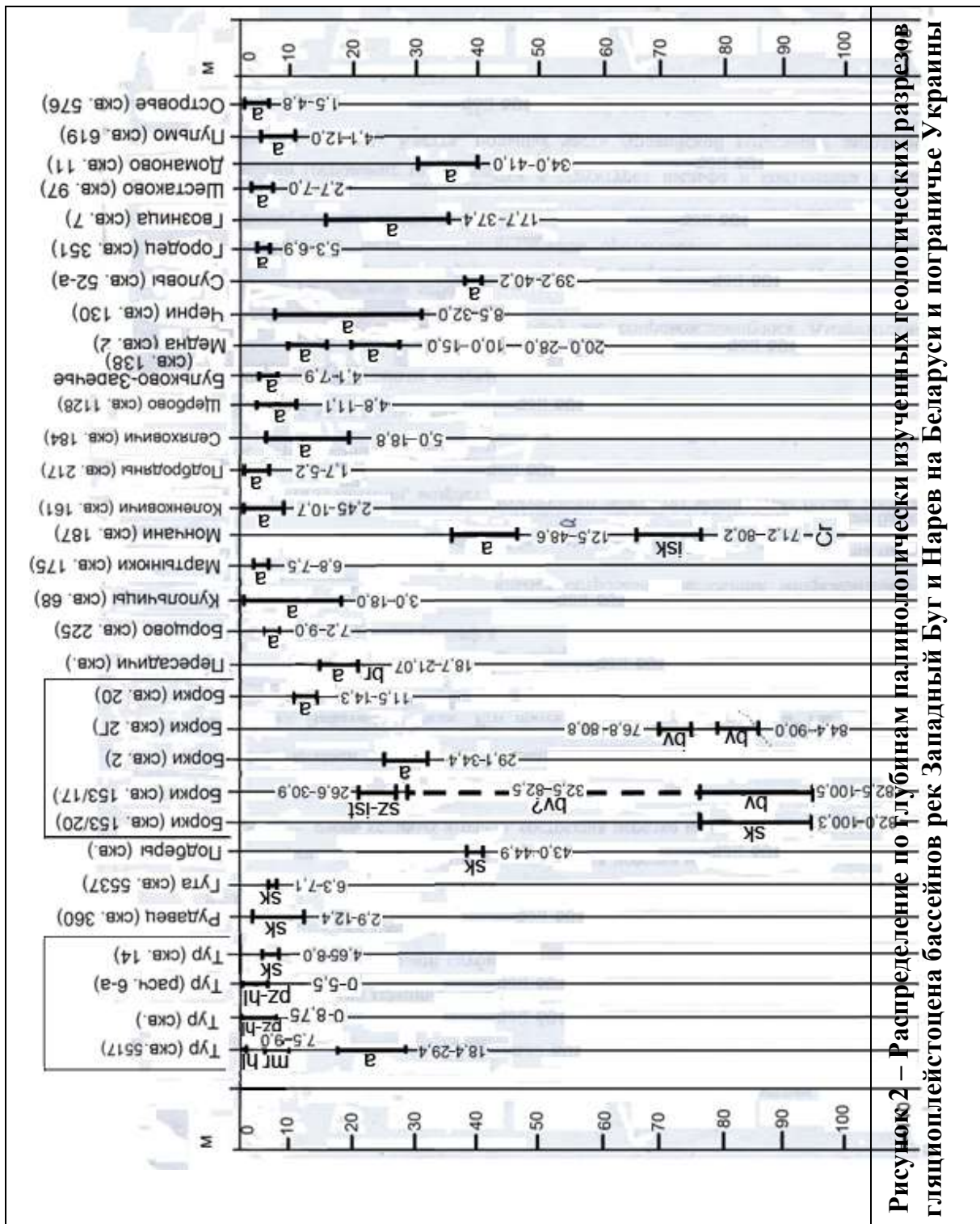


Рисунок 1 – Палинологическая диаграмма отложений у д. Рудавец (скважина 360). Анализ Т. В. Тылиндус



Не менее важные проблемы имеются и по разрезу древнейших образований (нижних – беловежских межледниковых и верхних – внутрисожских межстадиальных) в разрезе *Борки*. Сравнение имеющихся палинологических диаграмм показало, что на первичной из них по Н. А. Махнач беловежская толща выявлена на гл. 32,5–100,4 м (мощность слоя 73 м), а у Г. И. Горецкого [2] на геологическом профиле 82,5–100,5 м (мощность 23 м), что аналогично



диаграмме Э. П. Кобец по скважине 153/20. Но верхняя отметка в 32,5 м слишком высока для этой древней толщи.

Положение в разрезе выделенных внутрисожских межстадиальных слоев трактуется этими же исследователями на разных уровнях; оно больше сходно с положением александрийского горизонта в разрезе Борки скважины 2, тем более что по составу спектров эти «межстадиальные» слои имеют «лихвиноподобный» вид и, скорее всего, отвечают александрийскому межледниковью. Такой вывод не противоречит возрасту верхней морены в кусте скважин Борки как сожской, но следует признать и наличие здесь днепровской морены, перекрывающей собственно лихвинские межледниковые образования.

Таким образом, обобщенный в палинологической базе данных многолетний фактический материал по изучению голоценовых и разновозрастных гляциоплейстоценовых отложений территорий бассейнов рек Западный Буг и Нарев составляет научную основу о большой представительности геологических и палинологических работ на юго-западе Беларуси [3].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еловичева, Я. К. Геологические разрезы гляциоплейстоцена и голоцена Беларуси: (к 100-летию Белорусского государственного университета) [Электронный ресурс] / Я. К. Еловичева, Е. Н. Дрозд. – Минск : БГУ, 2018. – Т. 1 : Бассейны Западного Буга и Нарева. – 109 с. – Деп. в БГУ 23.10.2018, № 008223102018. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/207594>.

2. Горецкий, Г. И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей (на примере Белорусского Понеманья) / Г. И. Горецкий. – Минск, 1980. – 288 с.

3. Еловичева, Я. К. Палинология Беларуси: (к 100-летию образования Белорусского государственного университета) [Электронный ресурс] / Я. К. Еловичева. – Минск : БГУ, 2018. – 831 с. – Деп. в БГУ 08.01.2019, № 000308012019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/212051>.

УДК 551.435.3

**Р. Б. ЗАКИРОВ<sup>1,3</sup>, Л. И. САЛАВАТОВА<sup>2</sup>, Б. В. ЧУБАРЕНКО<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Калининград, Балтийский федеральный университет имени И. Канта

<sup>2</sup>Россия, Москва, Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)

<sup>3</sup>Россия, Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН

E-mail: kotruslan2@yandex.ru; salavatova@phystech.edu; chuboris@mail.ru

#### **ПОСТУПЛЕНИЕ ОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ВИСЛИНСКИЙ ЗАЛИВ ИЗ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ ЗА СЧЕТ ВОДООБМЕНА**

Водообмен Вислинского залива с Балтийским морем осуществляется через узкий Балтийский пролив, и вместе с морскими водами через пролив в акваторию залива поступает морской песчаный материал, часть которого

откладывается на фарватере морского канала, а остальная часть проникает в залив и служит подпитывающим материалом для подводного песчаного бара (ППБ) [1; 2; 4].

Подводный песчаный бар, как геоморфологический объект, является уникальным индикатором морфодинамических процессов в результате водообмена залива с морем, и, анализируя его морфодинамику, можно оценить направление и объемы поступающего из моря в залив песчаного материала.

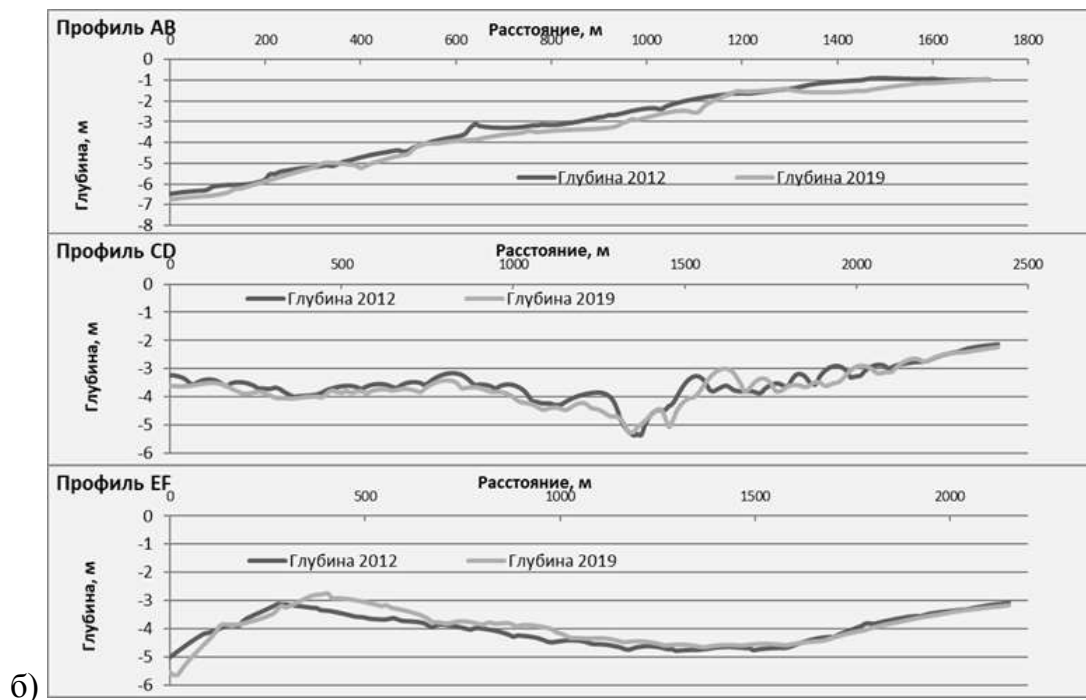
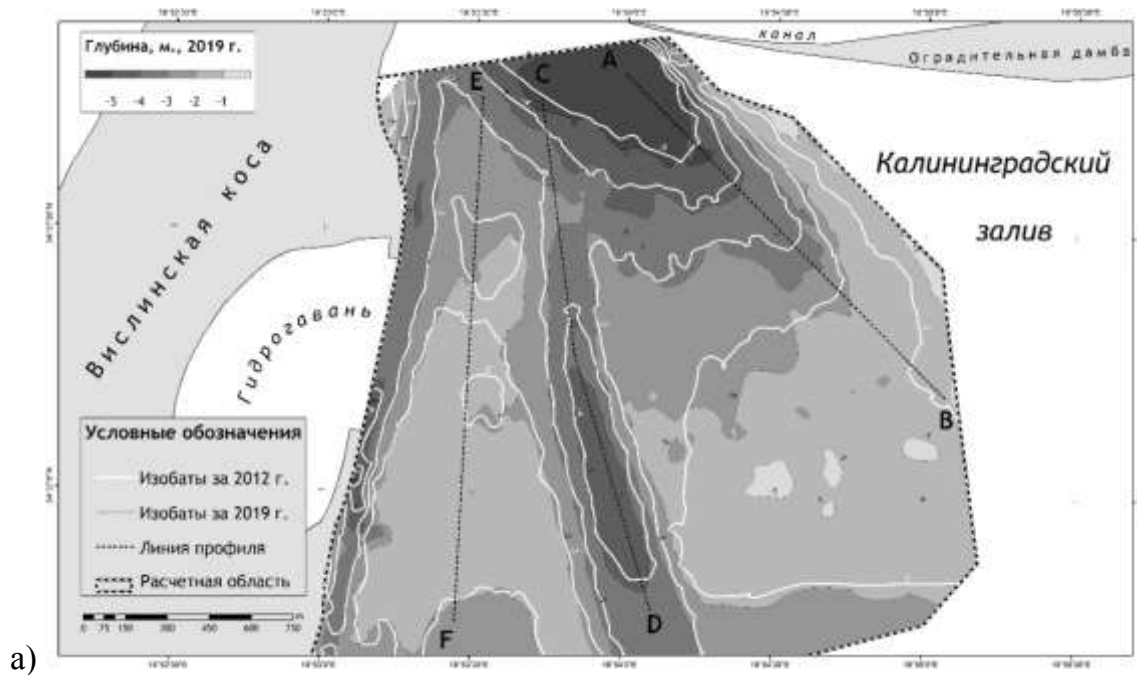
Цель исследования – используя данные батиметрических промеров на входе в Вислинский залив за 2012 и 2019 гг., определить участки и направления отложения и переотложения песчаного материала, поступающего из моря в залив.

Сравнительный анализ морфометрии ППБ за 2012–2019 гг. показал, что аккумулятивное тело ППБ испытывает дефицит подпитывающего материала, и за 7-летний период его объем уменьшился на 150 000 м<sup>3</sup>.

Анализ изменения очертаний морфометрических элементов ППБ, описанных по изобатам 1–5 м (рисунок, профили АВ, CD, EF), показал: мористый склон ППБ стал более пологим, его очертания вытянулись в сторону залива на 50 м (рисунок, профиль АВ); центральная промоина стала короче с северной стороны на 200 м и уже с восточного склона на 40 м (рисунок), на графике CD отчетливо зафиксированы участки переотложения донных наносов вдоль оси промоины; западная промоина углубилась в северной части и стала короче в южной части на 50 м (рисунок); основание аккумулятивного тела сместилось вглубь залива на 50 м, наибольший сдвиг зафиксирован у вершины мористого склона – 100 м (рисунок, профиль АВ, EF); северная граница очертаний аккумулятивных вершин сдвинулась вглубь залива примерно на 100 м, южная граница очертаний восточной вершины сползла вглубь залива на 30 м (рисунок, профиль АВ); граница восточной отмели сместилась на восток на 60–80 м, в центре восточной аккумулятивной вершины образовались локальные отмели (рисунок).

Подводный песчаный бар является естественным препятствием для затока морских вод в Калининградский залив. В среднем за 7-летний период с поверхности аккумулятивного тела ППБ был смыт слой песчаного материала мощностью около 25 см. Эрозионным процессам более подвержена Северо-Восточная часть ППБ, изобаты на этих участках описывают структуру затока морских вод в акваторию залива.

Если в дальнейшем эрозионная динамика структуры ППБ сохранится или увеличится, то в долгосрочной перспективе этот процесс может привести к увеличению водообмена между заливом и морем. Если предположить, что аккумулятивное тело размоется по ширине мористого склона, то морские воды будут свободно затекать и вытекать. Таким образом, в заливе может возрасти естественный фон солености, а увеличение водообмена будет оказывать разрушительное воздействие на гидротехнические сооружения в районе входных молов и внутренних обрамлений гидротехническими сооружениями Калининградского морского канала.



**Рисунок – Сравнительная картосхема ППБ за 2012–2019 гг.:**

- а) динамика очертаний морфометрических элементов ППБ (–1 м – восточная отмель, –2 м – западная и восточная вершины, –3 м – основание аккумулятивного тела, –4 м – очертания западной и центральной промоин, –5 м – очертания мористого склона); б) сравнение глубинных профилей за 2012 и 2019 гг.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорологический режим Вислинского залива / под ред. Н. Н. Лазаренко и А. Маевского. – Л. : Гидрометеорол. изд-во, 1971. – 279 с.

2. Закиров, Р. Б. Морфометрические характеристики подводного песчаного бара на входе в Калининградский залив как индикаторы гидродинамической структуры водообмена залива с морем / Р. Б. Закиров, Б. В. Чубаренко // Комплексные исследования Мирового океана : материалы IV Всерос. науч. конф. молодых ученых, Севастополь, 22–26 апр. 2019 г. – Севастополь : МГИ РАН, 2019. – С. 275–277.

3. Чечко, В. А. Процессы современного осадкообразования в Вислинском заливе Балтийского моря : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.28 / В. А. Чечко. – М. : ИО РАН, 2007. – 25 с.

4. Chubarenko, B. Sediment transport near the Vistula spit (Baltic Sea) / B. Chubarenko, A. Babakov // Managing risks to coastal regions and communities in a changing world : Proceedings of International Conference, Saint-Petersburg, 22–27 aug. 2016. – Saint-Petersburg, 2016. – P. 22–27.

УДК 551.791(477.82+476.7)

### **И. И. ЗАЛЕССКИЙ, Г. И. БРОВКО**

Украина, Ровно, Национальный университет водного хозяйства  
и природопользования  
E-mail: iwzales@rambler.ru

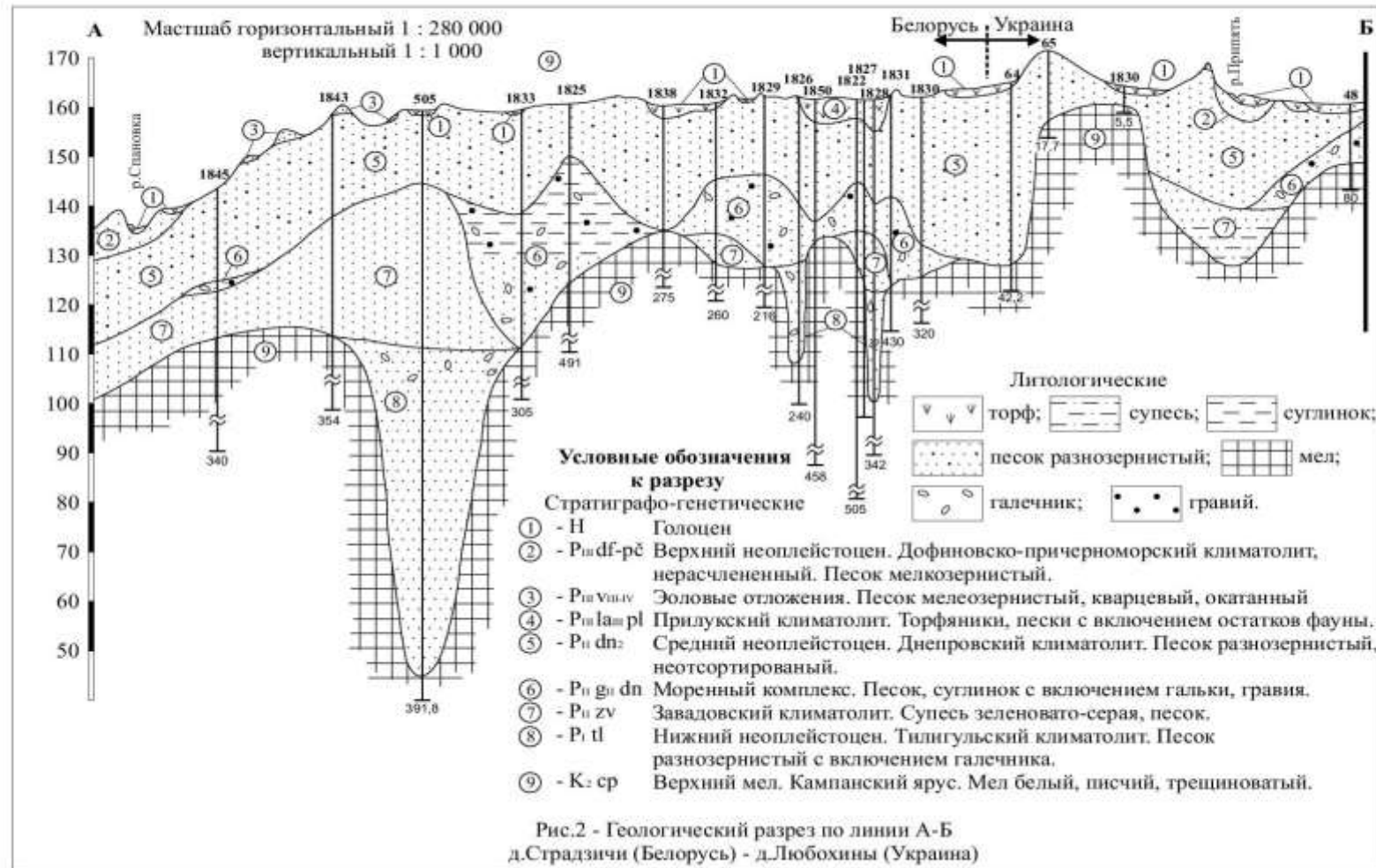
### **КОРРЕЛЯЦИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ БРЕСТСКОГО И ВОЛЫНСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Район исследований занимает юго-западную территорию Брестского Полесья и северо-западную часть Волынского Полесья, которые находятся в составе Припятского Полесья.

По результатам геолого-съёмочных работ Ровенской геологической экспедиции и других белорусских и украинских исследований построен геологический профиль четвертичных отложений от реки Западный Буг в районе д. Страдичи, что в 20 км южнее г. Бреста, до д. Любохины (Украина), что на правом берегу реки Припять (рисунок). Протяженность профиля 66 км (по территории Беларуси 44 км, в Украине 22 км).

**Морфологические особенности** современного рельефа определяют общий уклон дневной поверхности в западном направлении к долине Западного Буга и северном – к долине реки Припять. На территории Беларуси сохранились обширные заболоченные пространства с абсолютными отметками рельефа от 151 до 160 м, отдельные грядовые и одиночные возвышенности от 160 до 173 м. На украинской части территории исследований болотные массивы с отметками поверхности 155–160 м тяготеют к долине реки Припять. Водораздельные гряды ледниковых образований и отдельные камовые сооружения возвышаются на 30–40 м над полесской равниной, достигая отметок 190–199 м.

**Геоморфологическое районирование** Брестского и Волынского Полесья проводили П. М. Цысь (1962), Л. Н. Вознячук (1975), М. Ф. Козлов (1976), В. П. Палиенко (2004) и другие исследователи, которые были близки к отражению современного облика рельефа Полесья. Так, в геоморфологической



Восточно-Европейской полигенной равнине выделена Южно-Полесская область пластово-аккумулятивных низинных равнин, в которой выделяется Припятско-Случская пластово-аккумулятивная низменность палеогеновых и верхнемеловых отложений. Среди районов доминирует Верхнеприпятская аллювиальная, плоская, очень слаборасчлененная равнина, Волынская моренно-водно-ледниковая, слабоволнистая, всхолмленная равнина и Прибугская озерно-аллювиальная равнина [1].

Верхнеприпятская аллювиальная равнина охватывает бассейн реки Припять. Ее характерной особенностью является наличие большого количества заторфованных ложбинных понижений, озерных котловин, незначительные глубины рельефного расчленения и значительное развитие эоловых процессов.

В западной части территории вдоль государственной границы с Республикой Польша располагается Прибугская озерно-аллювиальная равнина, в состав которой входит долина реки Западный Буг. Пойма имеет два уровня, низкий 1,0–1,5 м, а высокий 3,0–3,5 м. Рельеф низкой поймы неровный, заболоченный, поросший редким кустарником. Высокая сохранила русловые старицы, поверхность относительно сухая.

Первая надпойменная терраса реки Западный Буг севернее п. Домачево и до д. Страдичи имеет сплошное развитие. Ее ширина колеблется от 0,4 до 6,5 км. Уступ террасы крутой, обрывистый, с высотой от 2,0 до 4,5 м. Тыловой шов совершенно не выражен в рельефе [2].

**Рельеф ложа антропогенного покрова.** Для реконструкции палеогляциогенеза определенное значение имеют особенности доледникового рельефа, представления о котором можно сформировать на основании анализа современной поверхности ложа антропогена. На исследованной территории эта поверхность представлена как погребенная равнина с абсолютными отметками 100 м в северо-западной части разреза, в долине реки Западный Буг, 133 м на водораздельных участках в 5,5 км южнее г. Малориты и 155 м в области водораздельной конечно-моренной гряды, которая протягивается от Влодавской возвышенности через Ростаньскую гряду до г. Йосипова и далее за пределы территории исследований. Главной особенностью неровностей верхнемелового рельефа считается наличие эрозионных ложбин ледникового выпахивания и размыва.

На участке разреза между дд. Брадятин – Гвозница скважиной № 505 раскрыт разрез тилигульского (березинского) ледникового комплекса, сформированного в ложбине ледникового выпахивания и размыва. Глубина эрозионного воздействия на верхнемеловые породы достигает 50 м. Судя по расчлененности доплейстоценового рельефа, указанное переуглубление вытянуто с северо-востока на юго-запад. Толща пород представлена неотсортированными грубозернистыми песками с гравием и галькой кристаллических пород. Абсолютная отметка дна ледникового выпахивания 45 м.

В районе г. Малориты на приподнятой поверхности мела с отметкой 133 м отложена 25-метровая толща песков времени деградации днепровского ледникового покрова. Это две узкие ложбины, дно которых на отметке 100 и 106 м. В современном рельефе указанные переуглубления унаследует река Малорита,

озера Ореховское и Олтуш. На территории Украины в районе д. Гута на участке разреза между скважинами № 64 и № 65 перепад кровли верхнемелового рельефа составляет 30 м. Это меловая гряда, которая стала барражем для послонного течения льда и определила мощность моренных отложений при дегляциации [3].

**Стратиграфия плейстоцена.** *Тилигульский (березинский) климатолит.* Его отложения сохранились исключительно в переуглублениях мелового рельефа. Представлены они двумя генерациями осадков: 1) грубообломочные глинистые образования; 2) разнозернистые пески с мелкими обломками пород феноскандского материала.

*Завадовский (александрыйский) климатолит* имеет повсеместное распространение до меридиана д. Гвозница и в долине реки Припять. Эти интергляциальные осадки формируют три стадияла: нижний, средний и верхний, которые различаются литологическими особенностями.

*Днепровский климатолит.* Этот ледниковый комплекс сформирован отложениями трех генераций: собственно ледниковыми моренными образованиями, флювиогляциальными трансгрессивной и регрессивной стадиями, а также озерно-ледниковыми осадками. Моренные отложения развиты в центральной и южной частях территории и на правобережье реки Припять. Флювиогляциальные пески регрессивной стадии имеют повсеместное развитие. Они мощным, до 40 м, покровом перекрывают моренные и озерно-ледниковые отложения [4].

По времени образования к плейстоцену отнесены аллювиальные образования первых надпойменных террас Западного Буга и Припяти.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Палиенко, В. П. Геоморфологічне районування території України / В. П. Палиенко. – Київ : Наук. думка, 2004. – 62 с.
2. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 131 с.
3. Шацьке поозер'я : монографія. Т. 1. Геологічна будова та гідрогеологічні умови / І. І. Залеський [та ін.]. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. – 190 с.
4. Гречко, Ф. О. Геологічна будова і корисні копалини верхів'я р. Прип'ять території аркушів М-35-1 (Камінь-Каширський), М-34-VI (Владава) / Ф. О. Гречко, В. Г. Мельничук, П. П. Крещук. – Рівне, 2008. – 567 с.

УДК 551.4 /477/

**А. А. КОМЛЕВ**

Украина, Киев, КНУ имени Т. Шевченко

E-mail: morpha2007@ukr.net

#### **ПРИМЕР ГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗОНЫ МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПРИ РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ОБОРОННОГО ЗНАЧЕНИЯ**

В 1980–1990-е гг. в Киевском национальном университете имени Т. Г. Шевченко на географическом факультете проводились комплексные гео-

графические исследования на участках Южного и Юго-Восточного побережий Крыма оборонного значения. Конкретное их содержание определяло решение проблемы так называемых «ложных» целей, которые визуально невидимы, периодически возникают над акваторией, а выявляются благодаря *ангел-эхо* (АЭ) отраженного от них радиосигнала. Это должно было способствовать более эффективному использованию радиолокационных систем (РЛС) оборонного назначения в зонах морских побережий. Эти исследования имели высокую экспертную оценку и были рекомендованы для дальнейшего продолжения.

Проведенные нами работы получили важные практические результаты в значительной степени благодаря тому, что были учтены фундаментальные свойства природной географической среды. Теоретико-методологическую основу их составляла концепция географической оболочки и понимание ее системной пространственно-временной организации, проявляющейся в ее целостности, круговоротах, зональности, ритмичности. Географический подход позволяет использовать гипотезу «зеркального» отражения морфологической структуры земной поверхности («рельефа») в геофизических полях (термическом, барическом и др.) нижних приземного и приподнятого слоев тропосферы в зонах морских побережий, где наиболее активно протекают масс-энергетические обмены через фазовые превращения, процессы диффузии, турбулентного перемешивания, конвекции, другие физические процессы.

Понимание пространственно-временной организации и процессов, происходящих в географической оболочке, лучше позволяет объяснять различные природные явления, а с использованием новых методов и технических средств прогнозировать и даже предвидеть их развитие, что имеет и практическое значение. Это особенно важно для стран, имеющих выходы к морям. Украина имеет достаточно протяженную и широкую береговую зону, где расположены города, другие населенные пункты, важные объекты гражданской и специальной (в их числе военной и охранной) инфраструктуры. В зонах морских побережий наиболее тесно взаимодействуют все компоненты географической оболочки (атмосфера, гидросфера, литосфера) и часто наблюдаются природные явления, объяснение и прогнозирование которых можно осуществлять только на основе их глубокого географического анализа. Некоторые из них могут выявляться только при использовании специальных технических средств (например, радиолокационных систем), используемых для мониторинга морских побережий, в частности, с целью контроля и охраны государственных границ. К таким явлениям относится *ангел-эхо*, впервые открытые в 1940-е гг. Причины возникновения ангел-эхо и сейчас являются дискуссионными. Очевидно главное: ангел-эхо образуются от реальных материальных объектов (образований). Они отличаются от отраженных радиосигналов, вызванных проходящими атмосферными фронтами, шквалами, грозами, дождем. Ангел-эхо образуются при ясной погоде, отличаются устойчивым сигналом, когерентностью, отсутствием флуктуаций. В разное время выдвигались разные гипотезы происхождения ангел-эхо, в том числе связанные с прохождением в атмосфере различных природных или техногенных объектов.



Вместе с тем только системный географический анализ позволил установить связь ангел-эхо с бризовой циркуляцией, которая является важным структурным элементом географической оболочки Земли, расположенной в нижней части тропосферы. Бризы наиболее развиты на побережьях морей умеренного, субтропического и тропического климатов, где действуют практически круглогодично в узкой полосе суши и воды. Бризы считаются местными ветрами, однако, учитывая общую длину береговой линии Мирового океана на нашей планете, они представляют собой значительный *планетарный фактор*. Для бризов характерны постоянные термобарические контрасты, проявляются отмеченные выше физические процессы. В суточной и сезонной пространственно-временной динамике бризовых циркуляционных «колец» проявляются как местные, так и планетарные факторы.

Детальные исследования ангел-эхо позволили выявить различные морфологические типы отражения этих радиосигналов на мониторах радиолокаторов: «точки», «полосы», «кольца», «столбики» и др. Сложилась и определенные представления о причинах возникновения и строении находящихся в их основе материальных объектов. Наиболее приемлемой является модель «*термика*» – поднимающегося вверх конвекционного «пузыря», внутренне стратифицированного по разным физическим показателям (температурой, влажностью и т. д.). Наименее исследованными здесь являются динамика формирования, выявление реальных размеров (независимо от длины электромагнитной волны), пространственно-временные аспекты поведения термик, связь их с местными циркуляционными процессами, морфологией подстилающей поверхности.

Автор принимал участие в исследованиях конкретных связей повторяемости, времени, мест возникновения, продолжительности, высоты ангел-эхо с бризовой циркуляцией и рельефом земной поверхности. В ходе этих работ были получены определенные результаты.

Было установлено, что ангел-эхо возникают в ясную, малооблачную, маловетреную погоду; фиксируют сложные, неоднородные скопления водяного пара, еще не оформленные в облака; возникают периодически и существуют от нескольких минут до часа. Наиболее активно ангел-эхо образуются на расстоянии 10–15 км от берега на высоте до 50 м над водой. Максимум образования ангел-эхо приходится на 18 часов. Наблюдаются как единичные ангел-эхо, сосредоточенные вдоль линейных зон, так и узлы их концентраций, где возникают своеобразные семейства ангел-эхо. Выявленные пространственно-временные особенности поведения ангел-эхо указывают на их связь с развитой системой бризовой циркуляции.

Значительное влияние на образование ангел-эхо имеют рисунок береговой линии, общая орография и параметры рельефа морских побережий. Ангел-эхо чаще образуются в акваториях напротив вогнутых берегов, особенно если они обращены к морю амфитеатром. Орографические элементы (особенно крупные) определяют глубину проникновения бризов в сушу. Определяется общий потенциал рельефа (вертикальное расчленение), сопоставляется с мощностью слоя атмосферы, охваченного бризовой циркуляцией. Динамика развития ангел-эхо

выдает существование над акваторией направленных воздушных потоков и узлов их пересечения. Системы потоков консервативные и действуют в реверсном режиме. Основное место их зарождения – это суша.

Концепция географической оболочки является теоретико-методологической основой географического анализа территорий, который должен вестись постоянно при решении конкретных задач как гражданского, так и охранного характера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобзистий, П. І. Про вплив факторів атмосферної циркуляції, рельєфу земної поверхні і геологічної структури на утворення аномальних метеорологічних явищ у зонах морських узбереж / П. І. Кобзистий, О. О. Комлев, Ю. О. Кошик // Вісн. Київ. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Географія. – 1995. – Вип. 41.

2. Кобзистый, П. И. Рельеф побережий и аномальные метеорологические явления (результаты исследований и перспективы) / П. И. Кобзистый, А. А. Комлев // Исследование береговой зоны морей. – Киев : Карбон ЛТД, 2001. – С. 230–235.

3. Комлев, О. О. Вплив рельєфу на гідрометеорологічні явища в зонах морських узбереж / О. О. Комлев // Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю, Одеса, 22–23 берез. 2017 р. – Одеса : ТЕС, 2017. – С. 302–303.

4. Комлев, О. О. Важливий напрямок белігеративної геоморфології / О. О. Комлев // Рельєф і клімат : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., м. Чернівці, 26–28 верес. 2018 р. – Чернівці, 2018. – С. 123–125.

УДК 551.4/477/

**А. А. КОМЛЕВ<sup>1</sup>, С. Ю. БОРТНИК<sup>1,2</sup>, С. В. ЖИЛКИН<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Украина, Киев, КНУ имени Т. Шевченко

<sup>2</sup>Poland, Kielse, Jan Kochanowski University of Kielse

<sup>3</sup>Украина, Киев, Институт географии НАН Украины

E-mail: morpha2007@ukr.net; bs\_7@ukr.net; morfo75@ukr.net

#### **ПОГРЕБЕННЫЕ ДОЛИННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГЕОМОРФОЛИТОСФЕРЫ КАК ПРИРОДНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СЕТИ (НАУЧНОЕ ОБЪЯСНЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ)**

Природные образования, известные как погребенные долины, известны давно. Они постоянно выявляются при проведении в основном геологических и геофизических работ на многих территориях. В настоящее время погребенные долины представляют большой практический интерес. Сведения о них широко используются при решении разных геологических, гидрогеологических, горно-проходческих, строительных задач. С научной точки зрения, погребенные долины – это, несомненно, геологические объекты, которые находятся в земной коре и изучаются в основном геологическими методами. Фактические данные показывают, что главные события, влиявшие на образование долин, формирование

морфологии, морфометрии, вещественного состава выполняющих отложений, происходили при нахождении их (впоследствии погребенных) на земной поверхности. Вместе с тем практически все известные генетические типы экспонированных долин образуются в результате совместного действия экзогенных и эндогенных факторов и поэтому являются объектами геоморфологии. При переходе в полупогребенное, а затем и погребенное состояние они попадают в объектную сферу геологии. Вместе с тем ни одна общая геологическая концепция не рассматривает такую эволюцию «долин» (как и других форм рельефа) системно, на всех стадиях развития, начиная с экспонированной и далее в погребенном состоянии. Эта задача решается в рамках *морфохронодинамической* концепции, развиваемой авторами [1; 2]. На наш взгляд, морфохронодинамическая концепция развивает один из главных постулатов научного познания, заключающийся в постоянном углублении и конкретизации наших знаний об объектах исследования. Морфохронодинамическая концепция может быть отнесена к синтетическим. Она развивает основные фундаментальные положения теории морфогенеза Земли, опирается на данные палеогеоморфологии и других частных направлений геоморфологии. Морфохронодинамическая концепция отвечает динамической парадигме, ныне ведущей в науках о Земле, и рассматривает объект геоморфологии «рельеф» как историко-динамическую морфосистему Земли, которая существует на нашей планете с архея. Морфохронодинамическая концепция имеет собственный понятийно-терминологический аппарат, отражающий ее цель, задачи, объект, методы и т. д. [8]. Материальным выражением историко-динамической морфосистемы Земли является геоморфолитосфера. На уровне региональных исследований в пределах равнинно-платформенных территорий как структурные элементы четко выделяются бассейновые образования. Так, нами были исследованы существующие в последний крупный мегацикл (мезозой-кайнозойский, геоморфологический) историко-динамической морфосистемы Украинского щита и сопряженных с ним впадин историко-динамические бассейновые геоморфосистемы [6], а в них отдельные погребенные долины и погребенные долинные комплексы.

Всего были выявлены и исследованы фрагменты более 3 тыс. погребенных долин, имеющих мезозойский и кайнозойский возраст (до 12 их генераций) [1–3], образующих отдельные комплексы. В них выявлены признаки их системной организации, что дало нам основания выделять их в особую мезозой-кайнозойскую долинную формацию (МКДФ) [2; 3].

МКДФ рассматриваются как прогнозно-поисковые объекты на различные полезные ископаемые. В пределах территории Украины погребенные долины образуют разветвленную сеть и больше всего группируются в зоне унаследованных отрицательных форм в историко-динамических бассейновых геоморфосистемах, где образуют своеобразное «тело». Оно имеет сложное внутреннее строение. В МКДФ четко проявляются системные признаки: иерархия, горизонтальная и вертикальная структура. Базовым элементом и индивидуальным признаком МКДФ являются своеобразные «фации» – простые долинные формы, образованные в восходящую и нисходящую стадии морфоцикла.

Они относятся к первой категории долин. Это древние речные долины обеих стадий развития, иного происхождения субэральные и неглубокого моря долинные формы. В морфоциклы мезозоя и кайнозоя они сосуществуют и сменяют друг друга, образуя при этом своеобразные «фациальные ряды» долин. В пределах исследованной равнинно-платформенной части Украины нами были изучены фациальные ряды долин 9 завершенных морфоциклов мезозоя – кайнозоя. Их оценка на основе метода сукцессий и сравнительный анализ обнаружили идентичность их строения, что является проявлением самоорганизации долинной формации. Дифференциация процессов в географической оболочке и тектоносфере проявляется в сосуществовании на территории в течение морфоциклов прогрессивных (формы восходящей стадии сменяются нисходящей стадии) рядов с различным внутренним строением. Но в отдельные отрезки циклов локально возникали условия для возникновения регрессивных (обратных) рядов долин.

Важным системным признаком МКДФ является иерархия: следующие ее уровни заполняют долины второй (все долины первой категории морфоциклов) и третьей (долины второй категории всех морфоциклов мезозой-кайнозойского мегацикла) категорий. Иерархия как эффективная форма организации диссипативных систем, поддержания их гомеостаза свойственна историко-динамической морфосистеме Земли. Развитая иерархия долинной формации – одной из ее подсистем – свидетельствует о прогрессивной эволюции геоморфосистемы Земли в мезозой-кайнозойский мегацикл, способности находиться в разных режимах функционирования.

Это увеличивает время использования (и осуществления определенных видов деятельности: денудации, транзита, аккумуляции) энергии, полученной системой извне, через ее структурные сети, а тем самым и длительность ее существования. В горизонтальном строении МКДФ выделяются следующие зоны: 1) высокой плотности долин и хорошо развитой иерархии (долины всех трех категорий); 2) различной плотности и неполной иерархии (долины только низших категорий) долин, которые связаны с долинами предыдущей зоны системными отношениями; 3) отдельных долин, редких случаев развитой иерархии, нечеткой связи с долинами первых зон, хотя расположение их в гравитационном поле допускает между ними современные динамические связи.

Погребенные долинные комплексы имеют разный возраст, однако существуют в реальном времени. Поэтому, кроме выделенных в начале статьи практических направлений их использования, необходимо также рассматривать их при развитии подземной логистической инфраструктуры гражданского и военного характера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комлев, А. А. Мезокайнозойский долинный морфолитогенез северо-западной части Украинского щита и его влияние на образование россыпей : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / А. А. Комлев. – Киев, 1988. – 24 с.
2. Комлев, О. О. Мезозой-кайнозойський долильний морфолітогенез і «долинні формації» Українського щита: теоретичний, гносеологічний і прикладний аспекти / О. О. Комлев // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер.: Географія. – 1995. – Вип. 41. – С. 75–84.

3. Комлев, О. О. Планетарний морфолітогенез і геоморфолітосфера / О. О. Комлев // Українська геоморфологія: стан і перспективи : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 25–27 листоп. 1997 р. – Львів : Меркатор, 1997. – С. 41–45.

4. Комлев, А. А. Историко-динамические системы морфолитогенеза и их место в эволюции Земли / А. А. Комлев // Проблемы геоморфологии и геологии Кавказа и Предкавказья : материалы междунар. совещ. «Геоморфология гор и равнин: взаимосвязи и взаимодействие» : XXIV Пленум Геоморфол. комис. РАН, Краснодар, 6–10 окт. 1998 г. – Краснодар : Куб. гос. ун-т, 2001. – С. 34–36.

5. Комлев, О. О. Деякі результати досліджень мезозой-кайнозойської долинної формації рівнинно-платформеної частини України / О. О. Комлев // Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер.: Географія. – 1999. – Вип. 44. – С. 28–31.

6. Комлев, О. О. Историко-динамичні басейнові геоморфосистеми геоморфологічних формацій Українського щита : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / О. О. Комлев. – Київ, 2005. – 37 с.

УДК 551.435.1(476.7)

**Е. А. КУХАРИК**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси  
E-mail: shzhk@mail.ru

### **ВОДНО-ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ**

Основным процессом экзогенного морфогенеза, во многом определяющим современный облик и динамику рельефа территории юго-западной Беларуси, является эрозия. Несмотря на общий равнинный характер земной поверхности исследуемого региона, эрозионные процессы получили здесь определенное развитие и создали разнообразные по морфологии и параметрам формы рельефа. Среди подобных процессов выделяются плоскостной смыв, линейная (овражная) и речная эрозия. Этот комплекс современных геологических процессов в значительной степени обуславливает геоэкологическую обстановку территорий. Наиболее полно особенности проявления эрозионных процессов изучены А. В. Матвеевым, А. И. Павловским, Н. А. Махначом, Н. Ф. Гречаником.

*Плоскостной смыв* представляет собой процесс переноса покровных отложений временными склоновыми потоками талых и дождевых вод. Причиной развития на территории юго-западной Беларуси стало интенсивное использование земель в сельскохозяйственном производстве.

По данным А. В. Матвеева [1], плоскостная эрозия может протекать на склоновых поверхностях крутизной от 1° и более. С использованием топографических материалов удалось определить районы реального (на пашне) и потенциального проявлений плоскостного смыва различной интенсивности на территории юго-западной Беларуси. Так, для западной части Высоковской равнины и южной части Новогрудской возвышенности установлена возможность развития эрозии на склонах интенсивностью 2 мм/год, что дает величину смыва грунтов 32 т/га/год. На территориях восточной части Высоковской равнины и южной

части Новогрудской возвышенности, а также в центральной части равнины Загородья возможно развитие плоскостного смыва интенсивностью 1 мм/год, а величина ежегодного переноса отложений составляет 16 т/га. На остальной территории проявления смыва со склонов его интенсивность менее 1 мм/год, а общая величина ежегодного сноса составляет 1,28 т/га. При сравнении этих показателей с темпом почвообразования (до 10 т/га [2]) получим, что в пределах Высоковской равнины и Новогрудской возвышенности, а также в центральной части равнины Загородья плоскостной смыв не компенсируется естественным почвообразованием.

В результате выпадения ливневых дождевых осадков и интенсивного снеготаяния на склонах формируется временная ручейковая сеть; длина ручейков колеблется от 50–100 до 300–1 500 м [3; 4]. Значительная часть перемещаемого материала аккумулируется у подножия склона, образуя склоновые шлейфы. По данным Н. А. Махнача [5], мощность склоновых шлейфов, накопившихся в течение голоцена, достигает местами 1,8–2,3 м; современные склоновые шлейфы распространены спорадически [6]. Агрικультурный период для территории юго-западной Беларуси принят равным 500 годам, что подтверждается исследованиями В. П. Зерницкой и Д. И. Цвирко [7; 8]. Согласно проведенным расчетам, за этот отрезок времени со склоновых поверхностей было смыто около 2,9 млрд т грунтов.

*Линейная (овражная) эрозия временных водотоков* получила ограниченное развитие на наиболее возвышенных участках равнин Высоковской и Загородья, в южной части Новогрудской возвышенности, а также на склонах долин крупных рек. Наряду с природными факторами развития линейной эрозии одним из основных выступает хозяйственная деятельность человека. Сведение естественного растительного покрова и интенсивная распашка земель за последние 500 лет создали условия для образования промоин и оврагов. Это дает основания считать большинство эрозионных форм относительно молодыми.

Земли в пределах исследуемого региона, подверженные потенциальному развитию линейной эрозии, занимают около 835 км<sup>2</sup>. В процессе развития эрозионных форм рельефа выделяется несколько стадий. Вначале на склонах холмов, балок, речных террас, вдоль дорог, в карьерах закладываются промоины. Длина их обычно составляет первые метры, редко превышая 10–15 м, а ширина и глубина достигают 1 м. Профиль V-образный или трапецевидный. Промоины широко распространены в долинах рек Припять, Ясельда, Стырь, Горынь, Мухавец, Лесная. При последующем развитии эрозионных врезов формируются овраги. С использованием картографических материалов были установлены параметры 129 оврагов. По данным проведенных расчетов, средняя ширина оврагов между бровками составляет 14,3 м, средняя глубина – 2,8 м, а показатели длины оврагов колеблются в основном от 200 до 600 м (в отдельных случаях – до 1 300 м). Также были подсчитаны средний объем оврага (9,7 тыс. м<sup>3</sup>) и суммарный объем отложений, перемещенных в результате овражной эрозии (1,25 млн м<sup>3</sup> грунтов). Чаще всего овраги встречаются в окрестностях дд. Костари, Ставы, Демьянчицы, Чемери 1-е, Пелище, Стрели Каменецкого района, Крупна

и Шейпичи Пружанского района, а также между дд. Углы и Долгое Ивацевичского района Брестской области. Наиболее крупные овраги, расположенные недалеко от д. Долгое Ивацевичского района и в окрестностях г.п. Ружаны, имеют 1–3 отвершка. При последующем развитии оврагов происходит затухание эрозии, склоны постепенно выполаживаются, на них формируется устойчивый растительный покров и в конечном итоге образуются балки.

*Речная эрозия и аккумуляция* являются наиболее активным и мощным экзогенным агентом, изменяющим облик земной поверхности территории юго-западной Беларуси. Здесь сформирована достаточно густая сеть долин, общая протяженность которых превышает 1 800 км, а густота речной сети составляет 0,15 км/км<sup>2</sup>. О масштабах произведенной постоянными водотоками геологической работы в течение голоцена можно судить при рассмотрении параметров наиболее крупных долин.

В пределах исследуемого района долина реки Припяти имеет протяженность 97 км, ширина ее изменяется от 2–4 до 8–19 км, мощность аллювия достигает 10–16 м. Общий объем эродированного материала составляет 6,3 млрд м<sup>3</sup>, а объем накопленного аллювия – 4,9 млрд м<sup>3</sup>. Среди русловых процессов преобладают свободное меандрирование и пойменная многорукавность. Вогнутые берега излучин размываются со скоростью 2–5, иногда до 5–10 м/год [9]. Долина реки Западный Буг имеет ширину 3–4 км, протяженность ее 169 км, мощность аллювия 8–19 м. Полный объем выработанной долины составляет 3,95 млрд м<sup>3</sup>, из которых в настоящее время 3 млрд м<sup>3</sup> заполнено аллювием. Русловые процессы представлены свободным и ограниченным меандрированием. Река Ясельда имеет долину шириной от 2–4 до 6–8 км и длиной 195,9 км, мощность аллювия составляет 11–16 м. Общий объем вреза составляет 2,6 млрд м<sup>3</sup>, из которых 1,4 млрд м<sup>3</sup> занято аллювием. Верховья реки Ясельды спрямлены, в среднем и нижнем течении наблюдаются свободное меандрирование и пойменная многорукавность. Остальные реки региона имеют меньшие параметры долин, суммарный объем эродированного материала – 2,5 млрд м<sup>3</sup>, а объем накопленного аллювия составляет 1,5 млрд м<sup>3</sup>. Руслу большинства рек в настоящее время канализованы, на естественных участках наблюдаются свободное и ограниченное меандрирование и пойменная многорукавность.

На территории юго-западной Беларуси активно проявляются водно-эрозионные процессы. На участках с наибольшими уклонами протекают склоновые эрозия и аккумуляция и овражная эрозия. Как выяснено, одним из основных факторов развития этих процессов является хозяйственная деятельность человека. Для предотвращения негативных последствий водно-эрозионных процессов необходимо учитывать площади их распространения, проведение на этих территориях комплексных противоэрозионных мероприятий, которые сводятся к залесению и залужению сильноэродированных участков земель, созданию насаждений на склонах оврагов и балок, применению почвозащитных севооборотов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев ; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск : Наука і тэхніка, 1990. – 144 с.

2. Эрозионные процессы (географическая наука практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.] ; под ред. Н. И. Маккавеева, Р. С. Чалова. – М. : Мысль, 1984. – 256 с.
3. Павловский, А. И. Закономерности проявления эрозионных процессов на территории Беларуси / А. И. Павловский ; под ред. А. В. Матвеева. – Минск : Навука і тэхніка, 1994. – 106 с.
4. Гречаник, Н. Ф. Рельеф территории Подляско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров. – Брест : БрГУ, 2013. – 154 с.
5. Махнач, Н. А. Делювиальные и солифлюкционные отложения Беларуси / Н. А. Махнач ; под ред. А. В. Матвеева. – Минск : Навука і тэхніка, 1994. – 150 с.
6. Современная динамика рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев [и др.] ; под ред. Б. Н. Гурского, А. В. Матвеева. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 102 с.
7. Зерницкая, В. П. История формирования болота Иванисовка (Белорусское Полесье) / В. П. Зерницкая, А. В. Матвеев, С. Н. Тимирева // Літасфера. – 2010. – № 1 (32). – С. 20–30.
8. Цвирко, Д. И. Реконструкция хозяйственной деятельности человека в долине реки Западный Буг (по данным спорово-пыльцевого анализа) / Д. И. Цвирко // Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения : тез. науч. семинара, Москва, 23 апр. 2019 г. / под ред. А. Л. Александровского, Н. А. Кренке. – М. : КДУ : Унив. кн., 2019. – С. 92–94.
9. Русловой режим рек Северной Евразии (в пределах бывшего СССР) / Р. С. Чалов [и др.] ; под ред. Р. С. Чалова. – М. : МГУ, 1994. – 336 с.

УДК 502.62

**А. А. НОВИК**

Беларусь, Минск, Белорусский государственный университет  
E-mail: novika@bsu.by

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ МИОРСКОГО РАЙОНА**

Геоморфологический памятник природы местного значения «Горянская гряда» расположен в урочище Горяне в 7 км на юго-запад от г. Миоры. Представляет собой напорную конечно-моренную возвышенность, образованную в результате аккумулятивной деятельности ледникового покрова и талых ледниковых вод. Расположен в фронтальной части юга Браславской краевой гряды, сформировавшейся около 14–15 тыс. лет назад в браславскую стадию поозерского оледенения. Южная часть Браславской гряды ориентирована с северо-востока на юго-запад. Ее верхняя водораздельная часть отличается относительно пологой поверхностью, осложненной на отдельных участках вытянутыми поднятиями в виде грядообразных аккумулятивных холмов насыпного типа, а также с широким распространением гляциокарстовых западин (озера Катилово, Воронь) и маргинальных гляцигенных рытвин, занятых цепочками котловин озер ложбинного типа (озера Осиновка, Миорское). Гряда имеет овалоподобную форму с крутыми склонами (в среднем до 20–40°, на отдельных участках запад-



ных и восточных склонов до 50°). Склоны осложнены сетью эрозионных ложбин древней овражной сети. Гряда в границах памятника вытянута с севера на юг на 1,5 км при средней ширине до 250 м. Максимальные относительные высоты гряды достигают 17,7 м, а над нижней точкой на дне озера – 21,9 м. Абсолютная отметка дневной поверхности составляет 161,9 м над уровнем моря. К северу от гряды располагается котловина озера Катилово. Вершина слабоокруглая, на юге практически плоская, шириной около 50 м. В составе пород преобладают высокожелезистые моренные супеси, суглинки, разнозернистые и мелкозернистые пески. На северо-западе и северо-востоке Горянская гряда ограничена древней ложбиной стока талых ледниковых вод, обращенной своей нижней оконечностью в сторону гляциокарстовой котловины озера Катилово, где сочленяется с озерной поймой.

Геоморфологический памятник природы местного значения «Буяновский погурок» расположен восточнее урочища Плинтровка в 9 км на северо-запад от г. Миоры. Представляет собой хорошо выраженный в рельефе и обособленный от основной гряды моренный холм-останец округлой формы. Расположен к югу от фронтальной части Браславской конечно-моренной гряды и был сформирован около 14–16 тыс. лет назад в браславскую стадию поозерского оледенения. По своей конфигурации холм-останец имеет вид острова, размещенного на дне маргинальной ложбины стока талых ледниковых вод, днище которой в настоящее время унаследовано долиной реки Хоробровка. Холм имеет округлую плосковершинную форму со склонами крутизной в среднем до 10–20°. Длина холма составляет 1,2 км, ширина – 0,8 км. Максимальные относительные превышения холма достигают 17 м. Абсолютная отметка дневной поверхности составляет 155,3 м над уровнем моря. Сложен моренными супесями, суглинками, грубыми, плохо отсортированными песками. К северу от холма располагаются восточные отроги краевой Браславской гряды. На юге к холму примыкает заболоченная пойма долины реки Хоробровка.

Геоморфологический памятник природы местного значения «Наволоцкие Погурки» расположен к западу от урочища Важа в 10 км к северо-западу от г. Миоры. По своей морфологии представляет собой обособленные и четко выделенные осцилляционные конечно-моренные холмы в виде единого массива с общим основанием, сформированные 14–15 тыс. лет назад в период браславской стадии поозерского ледника в результате активной деятельности ледникового покрова и талых ледниковых вод. В середине холмы более крупных размеров, по периферии – более мелкие. Максимальный диаметр массива составляет 0,7 км. Окружающая территория представляет собой мелкоконтурный холмисто-моренно-озерный тип рельефа, осложненный вершинами моренных и озовых гряд, крупными ледниковыми озерными котловинами подпрудного генезиса (Важа, Обстерно, Уша, Укля) и межгрядовыми заболоченными гляцикарстовыми понижениями. Максимальная абсолютная отметка дневной поверхности составляет 171,3 м над уровнем моря. Максимальное относительное превышение составляет 31,6 м. Вершины холмов слабо округлые, почти плоские, шириной около 100 м. Склоны крутые, до 20–40°. Спуски между холмами повреждены

процессами эрозии в виде глубоких ложбин. Сложены моренными супесями, суглинками, алевритами, крупнозернистыми песками. На севере к холмам примыкают подпрудные котловины озер ледникового генезиса Важа и Луша. С запада и востока примыкает заболоченная озерная пойма, на юге – конечно-моренная возвышенность.

Геоморфологический памятник природы местного значения «Копцевская озовая гряда» расположен к северу от урочища Крушинник, в 33 км на юго-восток-восток от г. Миоры. Представляет собой типично выраженную в рельефе залесенную озовую гряду, расположенную в периферийной части северо-западной оконечности Ветринских краевых образований, относящихся к витебской фазе оршанской стадии поозерского оледенения. Относится к форме рельефа мертвого льда, сформированной в результате деградации поозерского ледникового покрова около 13–16 тыс. лет назад. Сложена слоистыми мелкозернистыми песками, алевритами и ленточными глинами. Верхняя часть оза отличается волнистой поверхностью, с чередованием поднятий и понижений с незначительными относительными превышениями. Гряда имеет вытянутую овалоподобную форму с крутыми склонами (в среднем до 30–40°, на отдельных участках западных и восточных склонов до 50°). Гряда в границах памятника имеет длину около 3 км и ориентирована с северо-востока на юго-запад. Средняя ширина оза составляет около 200–300 м, достигая в южной части максимальных значений до 2,5 км. Видимые относительные превышения гряды достигают 16 м, а максимальная относительная высота составляет 20,7 м. Максимальная абсолютная отметка дневной поверхности составляет 148,7 м. К югу от гряды располагается остаточная котловина озера Бор. Примыкающий с востока и юга к озовой гряде рельеф представляет собой сильно выположенную водно-ледниковыми потоками моренную волнистую поверхность, осложненную озовыми и камовыми поднятиями. К северу и западу от гряды преобладает слабоволнистый рельеф озерно-ледникового генезиса.

Геоморфологический памятник природы местного значения «Волчья гора» расположен в одноименном урочище в 16 км на северо-запад от г. Миоры. Представляет собой наиболее приподнятое и выраженное в рельефе ледниковое осцилляционное образование постмаксимальной фазы. Волчья гора была сформирована 15–16 тыс. лет назад в период браславской стадии поозерского ледника в результате активной деятельности ледникового покрова и талых ледниковых вод. Окружающая территория представляет собой мелкоконтурный холмисто-моренно-озерный тип рельефа, осложненный вершинами моренных гряд и межгрядовыми заболоченными понижениями гляцикарстового генезиса. По своей конфигурации Волчья гора имеет овальную форму, вытянутую с севера на юг. Крутизна склона в южной оконечности достигает 40°. Северный склон более пологий, с крутизной около 20°. Длина холма составляет 1,6 км, ширина – 1,1 км. Максимальные относительные превышения холма достигают 30 м. Абсолютная отметка дневной поверхности составляет 206,0 м над уровнем моря и является максимальной абсолютной отметкой Миорского района. Сложена моренными

супесями, суглинками, грубозернистыми песками. С запада и востока заказник окружен заболоченными понижениями.

Ландшафтно-геоморфологический и гидрологический заказник местного значения «Криница Святого Яна» расположен в урочищах Поддубники (на западе) и Брусованка (на востоке) в 40 км на юго-восток от г. Миоры. Заказник находится в пределах моренной равнины и участка дна бывшего Полоцкого приледникового водоема. Криница была сформирована 15–16 тыс. лет назад в период браславской стадии поозерского оледенения в результате деятельности ледникового покрова и талых ледниковых вод. Абсолютные высоты находятся в пределах от 127,5 до 165,2 м. Максимальные относительные превышения – около 40 м. Длина 3,5 км, ширина 1,8 км. Основными элементами поверхности территории заказника является долина реки Ауты, овражная сеть долины реки с выходами родников, древние лимногляциальные террасы приледникового водоема, остаточное заторфованное озеровидное понижение, моренные и камовые поднятия – острова бывшего приледникового водоема, эоловые формы. Сложный полигенезис территории заказника обуславливает разнообразный по литологии состав пород: моренные супеси, суглинки, мелко- и крупнозернистые пески, глины, алевролиты. Долина реки Ауты была сформирована в конце позднеледникового – начале голоцена, после спуска Полоцкого приледникового водоема в аллередское время, вследствие активизации эрозионных процессов и общего изостатического поднятия территории Поозерья. В долине выделяется пойма шириной 50–100 м, высотой 1–4 м. Четко выражена эрозионная надпойменная терраса на высоте 4–8 м. Борты речной долины осложнены овражно-балочной сетью с выходами подземных вод в виде родников, одним из которых является Криница Святого Яна. Озерно-ледниковый рельеф на данном участке относится к западной периферийной части Полоцкой низины. Он характеризуется волнистым рельефом с преобладанием поверхностей абразионного и аккумулятивного выравнивания, представляя собой участки древних террас приледникового водоема с абсолютными отметками высот до 150–160 м, осложненных небольшими эоловыми повышениями. Центральной и восточной части заказника соответствуют низкие величины относительных превышений в среднем 2–3 м, где поверхности зачастую заторфованы и лишь вблизи речной долины Ауты и на западной периферии достигают 10 м и более. Здесь на участках распространения песчаных и особенно алевролитовых отложений в бывших литоральных и сублиторальных зонах древнего водоема показатели расчлененности рельефа достигают максимума. С юга к поверхностям озерно-ледникового рельефа примыкает моренная равнина, представляющая собой слабоволнистую поверхность с высотами выше 160 м, осложненную небольшими камовыми повышениями. Равнина характеризуется низкой степенью эрозионной расчлененности. Сложена преимущественно высокожелезненными высокогумусированными моренными суглинками вследствие высокой степени распашки данной территории.

УДК 551.4(476.13)

**М. П. ОНОШКО<sup>1</sup>, А. С. ГЛАЗ<sup>2</sup>, В. А. КРОШИНСКИЙ<sup>1</sup>,  
А. В. ШИДЛОВСКАЯ<sup>1</sup>, М. А. ПОДРУЖАЯ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: onoshko\_m44@mail.ru; elint@tut.by; anne.shidlovska@gmail.com

## **ГИС-ПРОЕКТ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

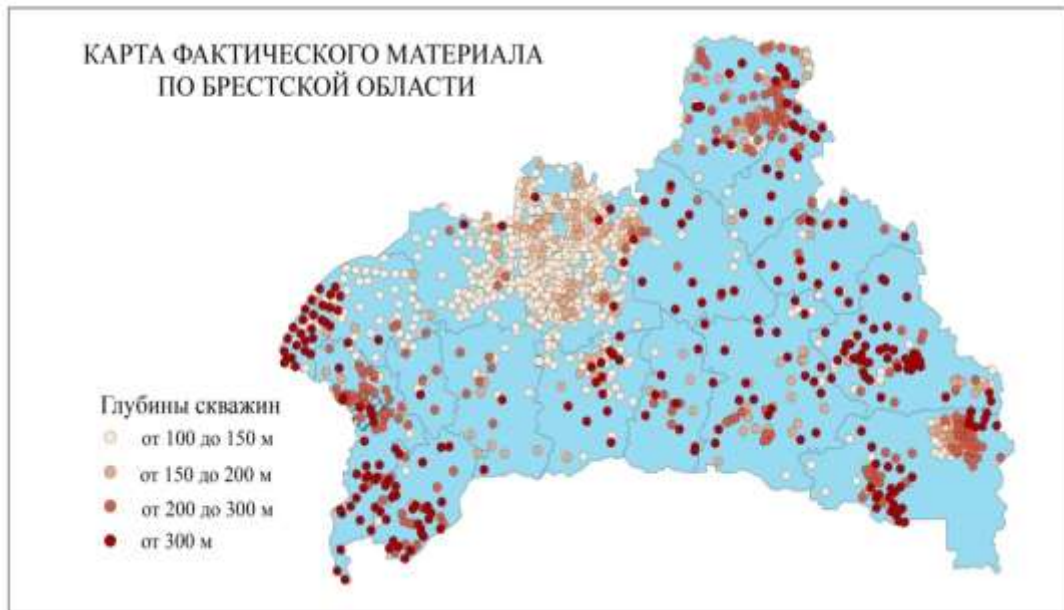
Геологические службы многих стран в последнее время переходят к электронным способам представления информации. В этой ситуации важным видом работ при создании цифровых карт является оцифровка бумажных вариантов карт. Целью данной работы было создание ГИС-модели геологической карты четвертичных отложений Брестской области масштаба 1 : 200 000. Решались следующие задачи: сбор листов растровых карт, оцифровка отдельных листов карты, разработка универсальной системы условных знаков для всей карты, объединение геологической информации разных листов в единую карту – «увязка» листов.

Работа выполнялась по опубликованным растровым листам геологических карт разграфки 200 000 масштаба. Территория области топографически соответствует полным листам карты разграфки 1 : 200 000 с номенклатурой N-34-XXXVI (Брест), N-35-XXVII (Барановичи), N-35-XXXI (Кобрин), N-35-XXXII (Дрогичин), N-35-XXXIII (Пинск) и неполным листам N-35-XXV (Волковыск), N-35-XXVI (Слоним), N-35-XXXVI (Житковичи), M-34-VI (Домачево), M-35-I (Малорита), M-35-II (Любешев), M-35-III (Столин), M-35-IV (Тонеж). При подготовке работы были использованы опубликованные литературные источники [1–5] и фондовый материал государственного предприятия «Научно-практический центр по геологии». Оцифровывались стратиграфогенетические разности пород, имеющиеся на растровых листах геологических карт четвертичных отложений, и представленные литологические разности пород внутри стратиграфогенетических подразделений (рисунок 1). Особое внимание уделено формированию атрибутивной таблицы к карте. Условные обозначения подготовлены с использованием новой стратиграфической схемы Беларуси 2010 г. [6].

При создании ГИС-проекта были также обработаны материалы буровой изученности по Брестской области (более 1 500 скважин, рисунок 2). Для уточнения геологического строения четвертичной толщи с наиболее сложным строением нами использовались крупномасштабные геологические карты масштаба 1 : 50 000 (при наличии) и геологические схемы в опубликованной научной литературе и доступных фондовых материалах.



**Рисунок 1 – Геологическая карта четвертичных отложений Брестской области**



**Рисунок 2 – Картограмма расположения изученных скважин по Брестской области**

Условные обозначения к карте четвертичных отложений Беларуси масштаба 1 : 200 000 разработаны с использованием СТБ 17.04.02-02-2013 «Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Геологические карты. Условные обозначения» [7], а также с учетом фондовых материалов по разработке легенды к геологической карте четвертичных отложений Беларуси государственного предприятия «НПЦ по геологии». При составлении условных обозначений использовались «Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси» под редакцией С. А. Кручека и др. [8]. Условные обозначения несут в себе основную генетическую, стратиграфическую и литологическую информацию о четвертичных отложениях. При необходимости таблица может быть расширена и будет пригодна к использованию в качестве атрибутивной таблицы при описании каждого выделенного геологического тела (контура) на геологической карте масштаба 1 : 200 000, созданной в среде ArcGIS.

Созданная модель геологической карты позволяет быстро вносить в нее изменения, а также создавать на ее основе геологическую карту на любую территорию, интересующую потенциального заказчика, избегая, таким образом, привязки к отдельным листам. Это потенциально делает ее востребованной при поисковых работах на строительные полезные ископаемые, в инженерно-геологических, геоэкологических работах и т. п.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богдасаров, М. А. Геология и минерагения четвертичных отложений Подляско-Брестской впадины : монография / М. А. Богдасаров ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2011. – 167 с.
2. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Ин-т геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.

3. Кухарчик, Ю. В. Геология четвертичных отложений : пособие / Ю. В. Кухарчик. – Минск : БГУ, 2011. – 160 с.
4. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев [и др.] ; под. ред. Б. Н. Гурского. – Минск : Наука и техника, 1982. – 131 с.
5. О границе днепровской стадии припятского оледенения в пограничном польско-белорусском регионе / А. К. Карабанов [и др.] // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения К. И. Лукашева, Минск, 23–24 мая 2017 г. / Белорус. гос. ун-т, Ин-т природопользования НАН Беларуси ; редкол.: О. В. Лукашев [и др.]. – Минск, 2017. – С. 101–107.
6. Об утверждении Стратиграфической схемы Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 23 янв. 2017 г. № 8. – Режим доступа: [https://etalonline.by/document/?regnum=u217e0521&q\\_id=779914](https://etalonline.by/document/?regnum=u217e0521&q_id=779914).
7. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Геологические карты. Условные обозначения : СТБ 17.04.02-02-2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – 54 с.
8. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси : объясн. зап. / С. А. Кручек [и др.]. – Минск : БелНИГРИ, 2010. – 282 с. + прил. из 15 стратигр. схем.

УДК 551.337:551.435(476)

**А. И. ПАВЛОВСКИЙ<sup>1</sup>, А. Н. ГАЛКИН<sup>2</sup>, О. В. ШЕРШНЕВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

<sup>2</sup>Беларусь, Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова

E-mail: aipavlovsky@mail.ru; galkin-alexandr@yandex.ru; gomelgeo@yandex.ru

### **ПОЗДНЕПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНОВЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Территория Беларуси в плейстоцене неоднократно испытывала наступление крупных покровных ледников и является эталонной зоной ледникового морфолитогенеза. В настоящее время здесь преобладает реликтовая ледниковая морфоскульптура, представленная краевыми напорно-аккумулятивными возвышенностями, водно-ледниковыми равнинами, озерно-ледниковыми низинами, камово-озовыми комплексами. Типы и формы ледникового рельефа сложены отложениями гляциогенной формации, которые представлены моренными и водно-ледниковыми накоплениями. Широко распространены отложения криогенной формации, формировавшиеся в ледниковые этапы, но за пределами распространения ледниковых покровов, в перигляциальной зоне. Они представлены криоаллювиальными, эоловыми, озерными, делювиальными и другими отложениями. В современном рельефе это пологоволнистые, плоские равнины и низины, осложненные эоловыми комплексами и заболоченными массивами.

В позднем плейстоцене – голоцене идет активное преобразование реликтового ледникового рельефа и накопление отложений термогенной формации. Ведущую роль играют флювиальные процессы, представленные единым эрози-

онно-аккумулятивным циклом (делювиальный смыв и аккумуляция – линейная эрозия и аккумуляция – речная эрозия и аккумуляция). На этом этапе сформировались делювиальные шлейфы, овражно-балочная сеть, первая и вторая надпойменные террасы, современная пойма. Происходило интенсивное накопление делювиальных, пролювиальных и аллювиальных отложений.

Кроме того, склоновые поверхности преобразовывались гравитационными процессами (крип, солифлюкция, элювиальные и обвальное-осыпные явления и т. д.) с формированием на склонах специфических форм рельефа (ниши отрыва, террасы и т. д.), а у подножий накопления склоновых отложений. В позднем плейстоцене шло накопление лессовидных отложений, что нашло свое отражение в формировании плоских, слабоволнистых равнин, осложненных суффозионными западинами, колодцами, а на периферии расчлененных овражно-балочной сетью.

На плоских заболоченных низинах развивались биогенные процессы, шло накопление насыщенных органикой болотных отложений, в озерных котловинах активно формировались озерные осадки, отличающиеся широким разнообразием – от песков до различных по составу сапропелей и илов.

В постледниковый период сформировались перигляциальные дюны, котловины выдувания и сложные эоловые комплексы, состав отложений которых во многом определяется развеваемым материнским субстратом.

В целом необходимо отметить, что в позднем плейстоцене – голоцене шла интенсивная переработка ледникового рельефа и накопление значительных толщ отложений криогенной (перигляциальной) и термогенной формаций, которые отличаются значительным генетическим разнообразием, пестротой состава и пространственной дифференциацией. Реликтовый ледниковый рельеф в основном предопределялся закономерностями ледниковой седиментации и сформировал структурный каркас, территории с различным набором реликтовых генетических типов ледникового рельефа, которые являются аренами развития определенных преобладающих рельефообразующих процессов и формирования соответствующих отложений. На территории Беларуси можно выделить следующие арены морфолитогеоза:

- площади распространения реликтового гляциального напорно-аккумулятивного рельефа (положительные формы рельефа, сложенные моренными отложениями);

- площади распространения реликтового гляциального аккумулятивного рельефа (моренные равнины);

- площади распространения реликтового флювиогляциального рельефа (зандровые равнины);

- площади распространения реликтового гляциолимнического рельефа (ледниково-озерные равнины и низины);

- площади распространения флювиального рельефа долин крупных рек.

Для площадей распространения реликтового гляциального напорно-аккумулятивного рельефа характерно широкое распространение моренных гряд, увалов, холмов, гряд ледникового напора и выдавливания, друмлинов. Рельеф



этих территорий обладает значительным энергетическим потенциалом, и в постледниковом морфолитогенезе преобладают флювиальные и гравитационные процессы, способствующие накоплению пролювия, делювия и коллювия. Специфическими формами выработанного рельефа являются склоновая ручейковая сеть, овраги, балки, ниши оползания и обвально-осыпного сноса, а аккумулятивного – конуса выноса, оползневые уступы, делювиальные шлейфы, балочные террасы, валы, оплывины и т. д.

На территориях распространения реликтового гляциального аккумулятивного рельефа развиты участки равнин поверхностных, внутренних, базальных и бассейновых морен, ложбины ледникового выпахивания. Эрозионный потенциал, определяемый в основном количественными характеристиками рельефа, незначительный. Ведущую роль играют элювиальные и биогенные процессы. Изменение земной поверхности происходит в результате выветривания и выноса мелкозема, накопления органогенных отложений в озерах и долинах рек, формирования болотных массивов. Часто встречаются термокарстовые западины, овраги на склонах долин малых рек, делювиальные шлейфы.

Площади распространения реликтового флювиогляциального рельефа характеризуются развитием зандров, флювиогляциальных покровов, дельт, террас, ложбин ледникового стока и размыва. Довольно значительные территории заняты камово-озовыми комплексами. Преобладают эоловые, элювиальные, подчиненное значение имеют гравитационные и флювиальные процессы. Реликтовый рельеф осложнен такими специфическими формами рельефа, как перигляциальные и современные дюны, поля переважаемых песков, котловины выдувания.

Для районов распространения реликтового гляциолимнического рельефа характерны лимнокамовые, абразионные, аккумулятивные террасы и участки бывшего мелководья и профундали приледниковых водных бассейнов, лимнокамы и звонцы. Активно проявляются биогенные, элювиальные, эоловые и гравитационные процессы, способствующие накоплению торфа в болотных массивах и органогенных отложений в озерах. Широко развиты эоловые формы и рельеф верховых и низинных болот.

Наиболее активными аренами современного рельефообразования являются долины крупных рек. На бортах долин активно протекают гравитационные процессы, формируются оползни, обвалы, осыпи. Флювиальный эрозионно-аккумулятивный цикл представлен делювиальным смывом и накоплением присклоновых шлейфов, овражной эрозией и накоплением конусов выноса. Русловые процессы отличаются широким разнообразием – от ленточно-грядового до различных видов меандрирования, пойменной и русловой многорукавности. Значительные площади пойм и надпойменных террас подвержены эоловым процессам и заболачиванию. Рельеф голоценовых пойм отличается разнообразием: выделяются плоские, плоско-бугристые, сегментно-гривистые и параллельно-гривистые типы. Встречаются массивы развеваемых песков и одиночные дюны. В речных долинах накапливаются различные фации (русловая, пойменная и старичная) аллювиальных отложений, часто перекрытые в прибортовых частях долин делювиальными, коллювиальными и пролювиальными толщами.

Следует отметить, что последнее столетие характеризуется активным влиянием человека на морфолитогенез в целом. Создаются антропогенные формы рельефа (карьеры, терриконы, насыпи, отвалы, каналы и т. д.), которые сопоставимы по своим размерам с природными образованиями и существенно влияют на ход естественных процессов. Широким разнообразием состава и свойств отличаются и отложения, формирующиеся в процессе хозяйственной деятельности человека. Человек не только создает рельеф и формирует техногенные отложения, а опосредованно влияет на природные образования, изменяя их свойства и качество.

В настоящее время геоморфологический режим равнинных территорий, на которых широко распространена реликтовая плейстоценовая гляцигенная морфоскульптура, являющаяся аренами постледникового морфолитогенеза, представляет собой разнонаправленный процесс: с одной стороны, эрозия и денудация положительных форм рельефа, частичное усложнение, с другой – накопление отложений, выглаживание и упрощение рельефа. Хозяйственная деятельность приводит к формированию техногенных отложений, имеющих сложный и разнообразный генезис свойств, отличающихся от природных образований.

УДК 551.79:551.7:561

**Т. Б. РЫЛОВА<sup>1</sup>, А. В. ШИДЛОВСКАЯ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

<sup>2</sup>Беларусь, Минск, филиал «Институт геологии» НПЦ по геологии

E-mail: rylova\_tatyana18@mail.ru; anne.shidlovska@gmail.com

### **НОВЫЕ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНОЙ У Д. ПЕРВОМАЙСК СОЛИГОРСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Скважина 4903 у д. Первомайск Солигорского района Минской области была пробурена в числе других скважин в связи с поиском бурых углей неогена в северо-западной части Припятского прогиба. Вскрытый скважиной пласт сапропелита в интервале глубин 32,9–59,4 м был изучен палинологическим методом Н. А. Махнач [1]. Полученная спорово-пыльцевая диаграмма оказалась типичной для александрийского межледниковья плейстоцена Беларуси. Выделенные спорово-пыльцевые комплексы позволили проследить основные этапы развития растительности на протяжении времени формирования изученных отложений, включая начало, весь климатический оптимум и заключительную фазу межледниковья, а также последующее похолодание в начале днепровского оледенения [1].

Позднее сотрудниками лаборатории геологии и палеопотамологии антропогена Института геохимии и геофизики АН БССР было выполнено детальное описание разреза скважины 4903 и отобрано большее количество образцов с целью детализации стратиграфического расчленения четвертичной толщи,

изучения состава палинофлоры и характера растительности на протяжении времени ее формирования.

В результате спорово-пыльцевого анализа 85 образцов из отложений сапропелита диатомового, темно-грязнозеленого, алевритистого, плотного с прослоями глин в инт. 38,8–39,6 и 43,4–44,4 м авторами получена новая диаграмма (рисунок), которая построена с помощью компьютерной программы POLPAL [2]. На диаграмме выделены 10 локальных пыльцевых зон, с Prv-1 LPAZ по Prv-10 LPAZ (Prv – Первомайск).

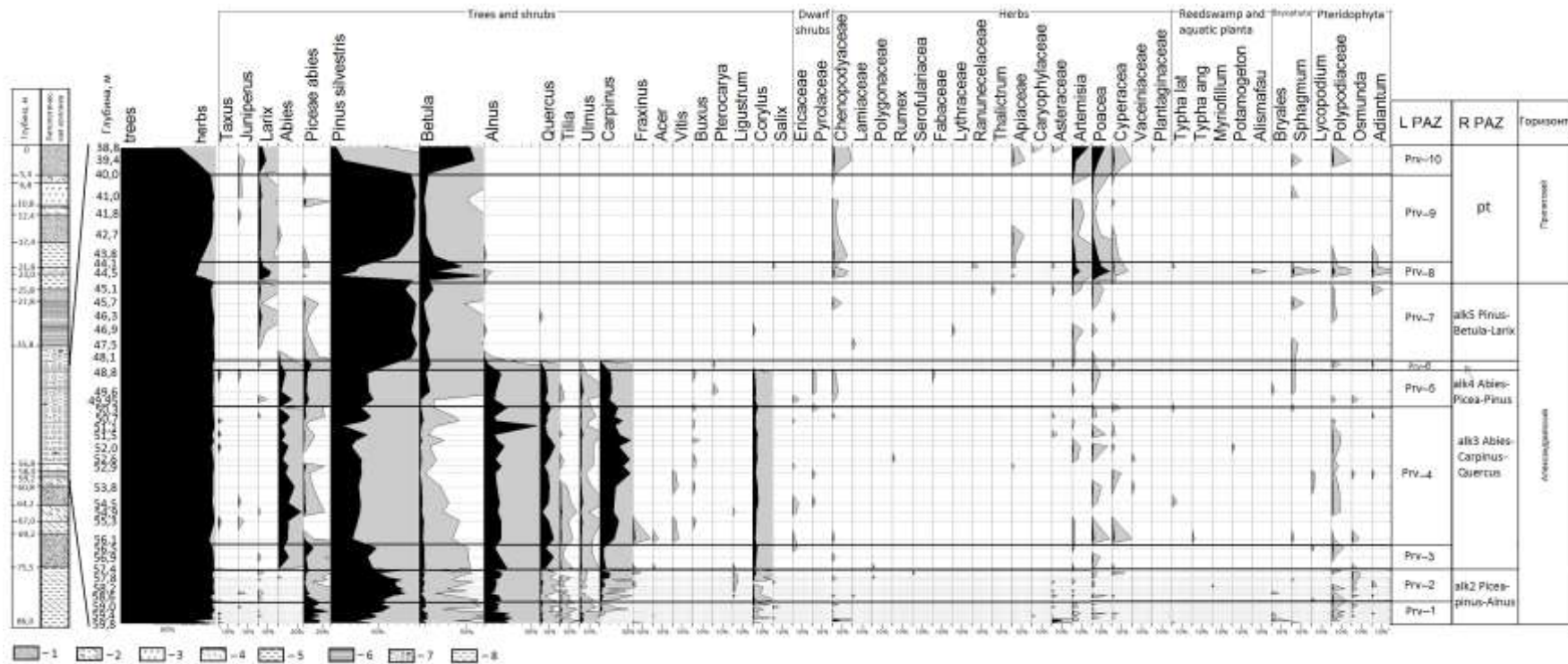
Prv-1 LPAZ (гл. 59,8–58,6 м) отличается значительным количеством пыльцевых зерен хвойных пород *Pinus* (до 62 %) и *Picea* (до 26 %), значительным содержанием пыльцы *Alnus* (до 29 %) и небольшим участием *Betula* (до 10 %). Реже присутствует пыльца *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Carpinus* и *Corylus*. Содержание пыльцы травянистых растений незначительно. Состав спектров свидетельствует о произрастании на территории исследования еловых и сосново-еловых лесов с участием березы и примесью широколиственных пород. По наиболее пониженным местам селилась ольха.

Prv-2 LPAZ (гл. 58,6–57,2 м) характеризуется максимальным участием пыльцы *Pinus* (до 70 %), некоторым снижением числа пыльцевых зерен *Betula* и *Alnus* и резким сокращением количества *Picea* (до 2–5 %). Одновременно возрастает значение *Carpinus* (до 5 %), в небольшом количестве присутствует пыльца термофильных пород. В это время преобладали сосновые леса с участием ели, березы и некоторых широколиственных пород, увлажненные места занимали ольшаники.

Локальные пыльцевые зоны Prv-1 и Prv-2 соответствуют региональной пыльцевой зоне alk2 *Picea – Pinus – Alnus* александрийского межледниковья Беларуси [3] и отражают фазу распространения еловых, сосново-еловых и елово-сосновых лесов с участием березы, ольхи и незначительной примесью широколиственных пород.

Prv-3 LPAZ (гл. 57,2–56,3 м) отличается появлением *Abies* (до 11 %) и возрастанием содержания *Quercus* до 15 %. Присутствует пыльца *Carpinus* (до 6 %), *Betula* (до 6 %), *Corylus* (до 3 %), реже *Tilia*, *Ulmus*. Пыльцы *Alnus* до 20 %. Количество пыльцы *Pinus* снижается до 50 %, а роль *Picea* возрастает до 11 %. Состав спектров отражает развитие хвойных пихтово-елово-сосновых лесов и смешанных широколиственно-хвойных со значительной ролью дуба. По низинным и переувлажненным местам произрастали ольшаники.

Для Prv-4 LPAZ (гл. 56,3–50,0 м) характерно максимальное участие пыльцы *Abies* (до 24 %) и *Carpinus* (до 33 %), значительное количество *Quercus* (до 16 %) и *Corylus* (до 6 %); реже встречаются *Ulmus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer*. Пыльцы *Alnus* до 30 %. Содержание *Pinus* и *Picea* снижается, но появляется *Taxus*. Значительно возрастает разнообразие пыльцы термофильных влаголюбивых пород, таких как *Acer*, *Vitis*, *Buxus*, *Ligustrum*, которые являются типичными для александрийского межледниковья. На рассматриваемой территории в это время господствуют смешанные хвойно-широколиственные леса, в которых преобладают грабово-пихтовые группировки.



**Рисунок – Спорово-пыльцевая диаграмма плейстоценовых отложений, вскрытых скважиной 4903 у д. Первомайск Солигорского района Минской области (анализ выполнен Т. Б. Рыловой и А. В. Шидловской):**  
 1 – песок, 2 – супесь грубая с галькой, 3 – сапропель, 4 – супесь тонкая, 5 – алевроит, 6 – глина, 7 – диатомовый сапропель, 8 – алевроит глауконитово-кварцевый

Prv-5 LPAZ (гл. 50,0–48,6 м) выделяется по некоторому снижению роли пыльцы *Carpinus* (5–7 %), *Quercus* (до 7 %) и *Abies* (до 15 %) на фоне роста участия в спектрах *Picea* до 5 % и *Betula* до 12 %. Пыльцы *Pinus* 40–45 %, *Alnus* – до 20 %, *Ulmus* – 3–5 %, *Corylus* – 2–4 %, единично встречена пыльца *Larix*. Присутствуют пыльцевые зерна *Taxus*, *Buxus* и *Pterocarya*.

Локальные пыльцевые зоны Prv-3 – Prv-5 соответствуют региональной пыльцевой зоне alk 3 *Abies* – *Carpinus* – *Quercus* александрийского межледниковья, которая отвечает времени климатического оптимума. В это время в районе исследований произрастали хвойные сосново-елово-пихтовые и смешанные хвойно-широколиственные леса со значительным количеством граба и дуба, участием других древесных пород разнообразного таксономического состава: ясеня, клена, винограда, самшита, лапины, бирючины и др. Широкое распространение имели ольшаники.

Prv-6 LPAZ (гл. 48,6–48,0 м) характеризуется главной ролью пыльцы хвойных пород, а именно *Pinus* (до 60 %), *Picea* (до 10 %), *Abies* (до 5 %), единично – *Larix*. Роль пыльцы термофильных пород сокращается до минимума. Prv-6 LPAZ соответствует региональной пыльцевой зоне alk 4 *Abies* – *Picea* – *Pinus* александрийского межледниковья и отражает фазу развития хвойных пихтово-елово-сосновых лесов с небольшим участием мелколиственных и широколиственных пород. Изменения в составе растительности свидетельствуют о заметном снижении теплообеспеченности территории исследований.

Prv-7 LPAZ (гл. 48,0–44,7 м) характеризуется абсолютным господством пыльцы *Pinus* (до 85 %). Присутствуют *Betula*, *Larix*, *Picea*. Роль пыльцы травянистых растений незначительна. Данная зона отвечает региональной пыльцевой зоне alk 5 *Pinus* – *Betula* – *Larix*, которая отражает завершающий этап александрийского межледниковья. В это время произрастали березово-сосновые леса с небольшой примесью лиственницы и ели, что указывает на дальнейшее, более значимое похолодание.

В составе спектров, полученных из отложений, залегающих выше по разрезу, наблюдаются существенные изменения.

Так, Prv-8 LPAZ (гл. 44,7–43,9 м) отличается резким возрастанием роли пыльцы травянистых растений (до 17 %): *Poaceae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae* и др. Среди пыльцы древесных пород доминируют *Pinus* (до 30 %), *Betula* (до 40 %, в том числе *Betula nana*, *B. humilis*), *Larix* (до 15 %), что указывает на существование светлых, в значительной степени разреженных сосново-березово-лиственничных лесов, которые, однако, не имели сплошного распространения. Возросла роль открытых пространств с растительностью, свойственной холодному климату. Это свидетельствует о формировании соответствующих отложений в начале припятской ледниковой эпохи.

Prv-9 LPAZ (гл. 43,9–39,7 м) выделяется по существенному возрастанию доли пыльцы древесных пород: *Pinus* (до 85 %), *Betula* (до 16 %), *Larix* (до 4 %) – и снижению количества пыльцы трав до 5–7 %. Территорию исследований заняли смешанные мелколиственно-хвойные леса, что указывает на некоторое потепление климата, вероятно, интерстадиального характера.

Для Prv-10 LPAZ (гл. 39,7–38,8 м) свойственно новое значительное уменьшение роли пыльцы древесных пород за счет возрастания доли пыльцевых зерен травянистых растений до 37 %. Количество пыльцы *Pinus* уменьшается до 10 %, постепенно она исчезает. Увеличивается содержание пыльцы *Betula* (до 55 %), в том числе *Betula nana*, *B. humilis*, *Larix* (до 9 %), а также травянистых растений: *Artemisia* (до 17 %), Rosaceae (до 13 %), Chenopodiaceae, Cyperaceae, Ariaceae и др. Prv-10 LPAZ соответствует новому похолоданию стадияльного характера в раннеприпятское время, когда вновь возросла роль открытых пространств, среди которых произрастали разреженные березовые и березово-лиственничные группировки с участием кустарниковых форм берез.

Таким образом, в результате проведенных исследований выполнено детальное палиностратиграфическое расчленение александрийских и раннеприпятских отложений, вскрытых скважиной 4903, уточнены состав палинофлоры и восстановлена история развития растительности, существовавшей в районе исследований во время формирования изученных отложений.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект X19MC-021).*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ажгиревич, Л. Ф. Сапропелиты из среднеантропогенных отложений Белоруссии / Л. Ф. Ажгиревич, Н. А. Махнач // Докл. АН БССР. – 1981. – Т. 25, № 8. – С. 739–742.
2. Walanus, A. POLPAL 2004. Application for plotting pollen diagrams, counting pollen grains, and performing numerical analysis (with data stored in text files, in MS Excel, Word, Notepad etc.) : Manual / A. Walanus, D. Nalepka. – Kraków, 2004. – 43 s.
3. Рылова, Т. Б. Биостратиграфическое расчленение беловежского и александрийского межледниковых горизонтов плейстоцена на территории Беларуси / Т. Б. Рылова // Докл. НАН Беларуси. – 1998. – Т. 42, № 4. – С. 114–117.

УДК 561:551.782.2/.791(477)

**Е. А. СИРЕНКО**

Украина, Киев, Институт геологических наук НАН Украины

E-mail: o\_sirenko@ukr.net

#### **ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И ОСНОВНЫЕ РУБЕЖИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УКРАИНЫ В ПОЗДНЕМ ПЛИОЦЕНЕ – ЭОПЛЕЙСТОЦЕНЕ В КОНТЕКСТЕ РЕШЕНИЯ ВОПРОСА О Понижении ГРАНИЦЫ КВАРТЕРА**

Согласно решению Международного союза геологических наук, нижняя граница четвертичной системы должна проводиться на уровне 2,58 млн лет по подошве яруса Гелазия, ранее относимого в Международной стратиграфической шкале к верхнему плиоцену. В стратиграфические схемы четвертичных отложений смежных с Украиной регионов Беларуси и России внесены соответствующие изменения относительно понижения границы квартера [1; 2], однако дис-

куссии относительно правомерности этого решения продолжают [3]. Несмотря на весомые аргументы в поддержку проведения границы неоген – квартал на уровне 1,8 млн лет [4; 5], в 2018 г. Четвертичной комиссией НСК Украины также принято решение о понижении нижней границы квартала до уровня 2,58 млн лет. Однако пока не определено, к какому подразделу плейстоцена Украины следует относить отложения, коррелятные гелазским. Решению этого вопроса может способствовать анализ результатов палинологических исследований верхнеплиоценовых и эоплейстоценовых отложений Украины. Палинологические исследования позволяют выполнять палеофлористические реконструкции и проследить основные рубежи изменения растительности на протяжении определенных отрезков геологического времени.

По результатам палинологических исследований верхнеплиоценовых и эоплейстоценовых отложений платформенной Украины реконструированы три крупных рубежа изменения растительности Украины в позднем плиоцене – эоплейстоцене, обусловленные глобальными климатическими событиями.

Первый рубеж (3,5 млн лет, кизыльярское время) связан со значительным похолоданием климата, обусловленным крупным событием – появлением льдов Арктики [6], и проявился в исчезновении из лесов большей части территории Украины практически всех термофильных элементов, обеднении таксономического состава лесных и травянистых группировок, господстве хвойных (преимущественно сосен подрода *Diploxylon*) в составе лесных ценозов.

Указанный рубеж отчетливо прослеживается и в составе позднеплиоценовой растительности России. В лесной зоне Камско-Ветлужского междуречья во время похолодания широкое развитие получили темнохвойные леса, близкие к северо-таежным [7]. В центральной части среднего Поволжья [8] в начале раннеакчагыльского (раннесокольского) времени господствовали сосновые леса. Господство хвойных в составе растительного покрова сравниваемых регионов характерно и для середины и завершения раннеакчагыльского в России и раннекуяльницкого (богдановского) времени в Украине, однако в отличие от начального этапа в составе растительного покрова этих периодов возросла роль широколиственных и термофильных растений.

Второй рубеж (начало среднекуяльницкого времени и раннесиверское время (2,58 млн лет)) также связан с глобальным климатическим событием – похолоданием и аридизацией климата, обусловленными формированием ледяного покрова Арктики [6]. Указанное глобальное событие оказало значительное влияние на состав всей биоты, и растительности в том числе. С этого периода на значительной территории Украины господствующим стал лесостепной тип растительности, а в районах, прилегающих к береговой линии Куяльницкого моря (Северное и Восточное Приазовье) и области развития Боярского озера (центральная часть Приднепровской возвышенности), – степной. В структуре растительного покрова расширилась роль травянистых ценозов, а в их составе – разнотравных группировок. В составе флоры зафиксировано заметное сокращение роли широколиственных и термофильных элементов, а большинство представителей дендрофлоры принадлежали к панголарктической географической группе родов. В пределах Приднепровской низменности, Приднепровской возвышенно-

сти и частично Придонецкой равнины появились мелкие водоемы и приуроченная к ним лугово-болотная растительность. В этот период также продолжилось нарастание дифференциации растительного покрова. К речным террасам были приурочены сосновые и березово-сосновые лесные группировки очень обедненного состава, на плакорах широкое развитие получили разнотравные ценозы, а вблизи побережий Куяльницкого моря – травянистые ценозы с преобладанием *Chenopodiaceae* и участием эфедры.

Сходные изменения прослежены на рассматриваемом уровне и в структуре растительности территории России. Именно с уровнем 2,58 млн лет связано широкое развитие сухих степей в южных регионах России [9], елово-сосновых лесов обедненного состава с небольшой примесью березы и ольхи в пределах среднего Поволжья [8] и ельников в бассейнах Камы и Верхней Волги [10].

Важно отметить, что в среднегелазкое время зафиксировано кратковременное потепление (среднесиверское время, период формирования средней части среднекуяльницкой толщи в Украине, среднечистопольское время Поволжья (Россия) [8]), вызвавшее расширение роли и таксономического разнообразия дендрофлоры, которая по составу термофильных элементов превосходила даже раннекуяльницкую (богдановскую). В дендрофлоре этого времени зафиксированы представители не только панголарктических, но и американо-евроазиатских и американо-средиземноморско-азиатских групп родов. Для дендрофлор среднекуяльницкого (среднесиверского) и позднекуяльницкого (береговского) времени были характерны таксоны, уже несвойственные флорам последующих этапов эоплейстоцена Украины: *Ostrya*, *Nyssa*, а для южных районов *Engelhardtia*.

Третий рубеж изменения растительности (1,8 млн лет), березанское время в Украине, обусловлен аридизацией и глобальным похолоданием, вызванным проникновением арктических холодных воздушных масс на значительные территории Северного полушария [6]. В пределах всей территории платформенной Украины широкое развитие получили лесные группировки обедненного таксономического состава и травянистые ценозы, основными компонентами которых были представители семейств *Chenopodiaceae* и *Asteraceae*. Смена доминант травянистых ценозов в пользу ксерофильных растений характерна и для территории России [10]. О похолодании климата в эоплейстоцене свидетельствует также появление темнохвойных элементов в составе лесных ценозов практически на всей территории Украины, сокращение количества и разнообразия в их составе термофильных элементов. Из состава дендрофлоры исчезли американо-восточно-азиатские и восточно-азиатские роды.

Приведенные палинологические данные свидетельствуют о том, что растительность Украины в интервале 2,58–1,8 млн лет еще близка по составу к плиоценовой, а изменения таксономического состава флор и их обеднение отвечают уровню 1,8 млн лет. Учитывая приведенные материалы, считаем правомерным в общей стратиграфической шкале Украины не относить отложения, сформировавшиеся в интервале 2,58–1,8 млн лет, к эоплейстоцену, а выделить их в отдельный подраздел. В этом плане достаточно обоснованным является выделение в общей стратиграфической шкале России подраздела палеоплейстоцен, отвечающего в Международной стратиграфической шкале гелазию [1].



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санько, А. Ф. Концепция общей стратиграфической шкалы четвертичной системы Беларуси в связи с изменением нижней границы плейстоцена / А. Ф. Санько // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2016. – № 1. – С. 56–62.
2. Предложения по структуре четвертичной системы Общей стратиграфической шкалы России / А. С. Тесаков [и др.] // Стратиграфические и палеогеографические проблемы неогена и квартера России (новые материалы и методы) : материалы Всерос. науч. совещ., Москва, 3–4 апр. 2014 г. / редкол.: Ю. Б. Гладенков [и др.]. – М. : ГЕОС, 2015. – С. 54–56.
3. Тесаков, А. С. Четвертичная система – проблемы границ и выделения ярусных подразделений / А. С. Тесаков // Очерки по региональной геологии России. – М. : Геокарт-ГЕОС, 2013. – Вып. 6 : Стратиграфия в начале XXI века: тенденции и новые идеи. – С. 21–25.
4. Гожик, П. Ф. Нова Міжнародна шкала неоген-четвертинного часу (2010 р.) / П. Ф. Гожик, А. В. Матошко // Геол. журн. – 2011. – № 3. – С. 101–104.
5. Сиренко, Е. А. Палиностратиграфия континентальных верхнеплиоценовых – нижнеоплейстоценовых отложений южной части Восточно-Европейской платформы / Е. А. Сиренко. – Киев : Наук. думка, 2017. – 167 с.
6. Невеская, Л. А. Абиотические и биотические события в кайнозойском океане / Л. А. Невеская // Стратиграфия. Геол. корреляция. – 1993. – Т. 1, № 4. – С. 56–61.
7. Pisareva, V. V. The Akchagylian Flora and Vegetation of the Udmurtian Kama River Region / V. V. Pisareva // Paleontological Journal. – 2006. – Vol. 40, iss. 5. Supplement. – P. 648–655.
8. Линкина, Л. И. Изменение растительности и климата центральной части Среднего Поволжья в неогене (по данным спорово-пыльцевого анализа) / Л. И. Линкина // Учен. зап. Казан. гос. ун-та. – 2006. – Т. 148, кн. 2. – С. 150–161.
9. Ананова, Е. Н. Пыльца из неогеновых отложений юга Русской равнины / Е. Н. Ананова. – Л. : ЛГУ, 1974. – 228 с.
10. К проблеме палеогеографии позднего плиоцена и раннего неоплейстоцена Восточной Европы / А. А. Величко, В. В. Писарева, М. А. Фаустов // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований : материалы VII Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода, Апатиты, 12–17 сент. 2011 г. : в 2 т. / редкол.: О. П. Корсакова [и др.]. – Апатиты ; СПб. : РАН, 2011. – Т. 1. – С. 104–107.

УДК 551.799(261.24)+502.656

**В. А. ЧЕЧКО, Р. Б. ЗАКИРОВ, В. Ю. ТОПЧАЯ**

Россия, Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН  
E-mail: che-chko@mail.ru; kotruslan2@yandex.ru; piwis@mail.ru

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ДИНАМИКУ  
ДОННЫХ ОСАДКОВ КАЛИНИНГРАДСКОГО ЗАЛИВА**

Всевозрастающее антропогенное воздействие на естественный ход процессов в береговой зоне привлекает исследователей к активному изучению

водных объектов с интенсивной хозяйственной деятельностью. Таким объектом является и Вислинский залив (частью которого является Калининградский залив) – крупнейший мелководный (максимальная глубина 5,2 м, средняя – 2,7 м) бассейн лагунного типа Балтийского моря, расположенный в его юго-восточной части (рисунок 1). В акватории залива функционирует морской канал, по берегам создаются новые портовые комплексы, в нем ведется рыбный промысел, добыча нерудных полезных ископаемых, с каждым годом возрастает роль залива как рекреационного объекта. Это трансграничный водоем (56 % его территории находится под юрисдикцией России, 44 % – Польши), имеющий ряд общих проблем. Они касаются рационального использования ресурсов, проектирования инженерных сооружений, проведения водоохранных и рекреационных мероприятий, прогнозирования возможных экологических изменений.



**Рисунок 1 – Расположение, границы и районирование Вислинского залива по морфологическим и гидрологическим условиям:**

- 1 – изобаты, м; 2 – границы выделяемых районов: I. Эстуарий реки Преголь, II. Приморская бухта, III. Прибалтийский район, IV. Центральный район, V. Эльблонгский залив. Буквами обозначены: А – остров Насыпной, Б – мыс Чаячий, В – мыс Крайний

В этой связи актуальными становятся сведения о донных осадках, являющихся интегрирующим показателем условий седиментации и окружающей среды. Они могут использоваться для оценки масштаба техногенного влияния на прибрежно-морские экосистемы, выявления качественного состава поступающих загрязняющих веществ и путей их транспортировки [1; 2]. Динамика верхнего (0–10 см) слоя осадков залива за последнее столетие может служить классическим примером, иллюстрирующим влияние антропогенного фактора (регулирования речного стока) на режим осадконакопления полузамкнутого мелководного бассейна.

До 1916 г. осадконакопление в заливах (в западной части особенно) определялось рекой Вислой. Через ее приток Ногат в залив ежегодно поступало 300–400 тыс. т аллювия, что в 4–5 раз превышало объем твердого стока всех остальных рек бассейна залива [3]. Волны и течения не в состоянии были переработать такое количество приносимого материала, и значительная его часть

осаждалась непосредственно в приустьевом районе, за счет чего дельта выдвигалась в залив в среднем на 15 га в год.

В 1916 г. после постройки водорегулирующих сооружений на реке Ногат его сток уменьшился в сотни раз, соответственно уменьшилось количество приносимого терригенного материала. Материал, выносимый реками, продолжал оставаться главным фактором формирования донных отложений, но он уже не мог решающе воздействовать на этот процесс и на динамику отложений в целом. В формировании осадков на первое место выходит ветроволновое взмучивание, для которого в заливе созданы идеальные естественные условия – небольшие глубины, незначительный твердый сток, удобная конфигурация берегов, делающая открытой акваторию залива для преобладающих в регионе ветров западных и северо-западных направлений.

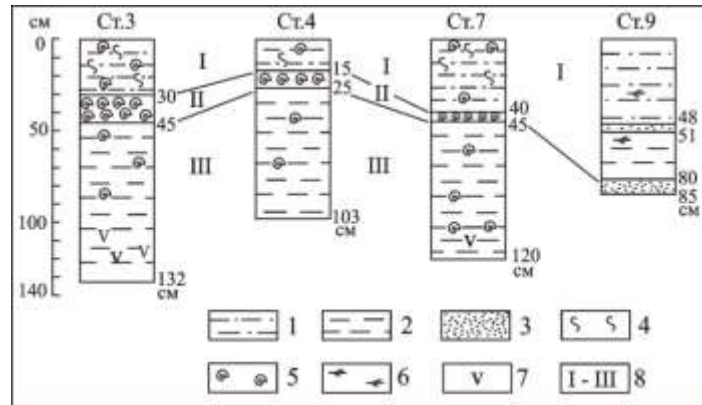
Изменения, произошедшие в пространственном распределении основных типов осадков за период 1960–1995 гг., хорошо выявляются при сравнении картосхем [4; 5]. Сравнительный анализ показал, что за этот период в акватории залива произошло увеличение ареала песков и мелкоалевритовых илов и значительное сокращение территорий, занятых крупными алевритами и алевритово-пелитовыми илами. В процентном отношении это выглядит следующим образом: территории, занятые песками и мелкоалевритовыми илами, увеличились с 23 до 27 % и с 23 до 34 %, а площади распространения крупных алевритов и алевритово-пелитовых илов сократились с 24 до 17 % и с 28 до 19 % соответственно.

Съемка (неполная) донных осадков, проведенная в 2019 г. в Калининградском заливе, подтвердила выявленные закономерности: крупные фракции осадочного материала размещаются в энергетически наиболее активных областях – на мелководьях, в районах проливов, прибрежной зоне, а мелкозернистый материал аккумулируется в углубленных, спокойных местах или же выносится течениями в море.

Зарегулирование речного стока привело также к серьезным трансформациям донных осадков и в вертикальном строении. Изучение колонок донных осадков Калининградского залива позволило выделить в них три характерных горизонта [6]. Верхний горизонт (I) представлен темно-серыми обводненными илами, ниже его располагается ракушечный горизонт (II), который подстилается горизонтом (III) гомогенных, более плотных илов оливковых оттенков (рисунок 2). Такое строение свидетельствует, что формирование осадочной толщи залива происходило в несколько этапов, отражающих изменения, в местных обстановках осадконакопления.

До зарегулирования речного стока сложившееся несоответствие между энергетической возможностью (гидродинамической активностью) залива и объемом поступающего с речным стоком осадочного материала способствовало интенсивному накоплению оливковых, обогащенных органикой илов (III горизонт). В I слое, сложенном современными осадками, уже не встречаются типичные для III горизонта оливковые илы, а развиты сильно обводненные, темно-серые алевритовые отложения с невысоким содержанием  $OB$  и  $C_{орг}$ . Этот факт

и отсутствие слоистости свидетельствуют о регулярном взмучивании и перемешивании осадков.



**Рисунок 2 – Колонки донных осадков Калининградского залива:**

1 – темно-серые крупные алевриты, 2 – оливковые мелкоалевритовые илы,  
3 – пески, 4 – биотурбации, 5 – раковины, раковинный детрит, 6 – фрагменты  
неразложившихся растений, 7 – вивианит, 8 – горизонты

Таким образом, современному осадконакоплению в Вислинском и Калининградском заливах свойственно переотложение осадков, т. е. сортировка и перераспределение осадочного материала внутри бассейна в соответствии с его гидродинамическим состоянием. Основные изменения в распространении различных типов осадков обусловлены зарегулированием стока реки Висла, в результате чего естественный режим осадконакопления нарушился. В период преобладающего влияния речного стока в котловине залива происходило преимущественно накопление оливковых, обогащенных органикой мелкоалевритовых илов. После искусственного ограничения стока важнейшими факторами осадкообразования стали ветроволновое взмучивание донных осадков и водообмен с морем через Балтийский пролив.

*Экспедиционные исследования выполнялись в рамках госзадания Института океанологии РАН (тема № 0149-2019-0013), анализ и интерпретация данных выполнялись при поддержке гранта РФФИ р\_а № 19-45-390013.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоэкология шельфа и берегов морей России / Н. А. Айбулатов. – М. : Ноосфера, 2001. – 428 с.
2. Dynamics of sediment and contaminant transport in the Hudson River estuary: evidence from sediment distribution of naturally occurring radionuclides / D. J. Hirschberg [et al.] // Estuaries. – 1996. – Vol. 19, iss. 4. – P. 931–949.
3. Лазаренко, Н. Н. Гидрометеорологический режим Вислинского залива / Н. Н. Лазаренко, А. Маевский. – Л. : Гидрометеоиздат, 1971. – 279 с.
4. Wypych, K. Osady denne / K. Wypych, I. Nieczaj // Hydrometeorologiczny ustroj zaiewu Wislanego. – Warszawa, 1975. – P. 42–46.
5. Chechko, V. A. Bottom deposits of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea / V. A. Chechko, A. I. Blazchishin // Baltica. – 2002. – Vol. 15. – P. 13–22.

6. Чечко, В. А. Влияние природных и антропогенных факторов на формирование осадочной толщи Калининградского залива Балтийского моря / В. А. Чечко, Б. В. Чубаренко, В. Ю. Топчая // Изв. КГТУ / Калинингр. гос. техн. ун-т. – 2018. – № 48. – С. 47–58.

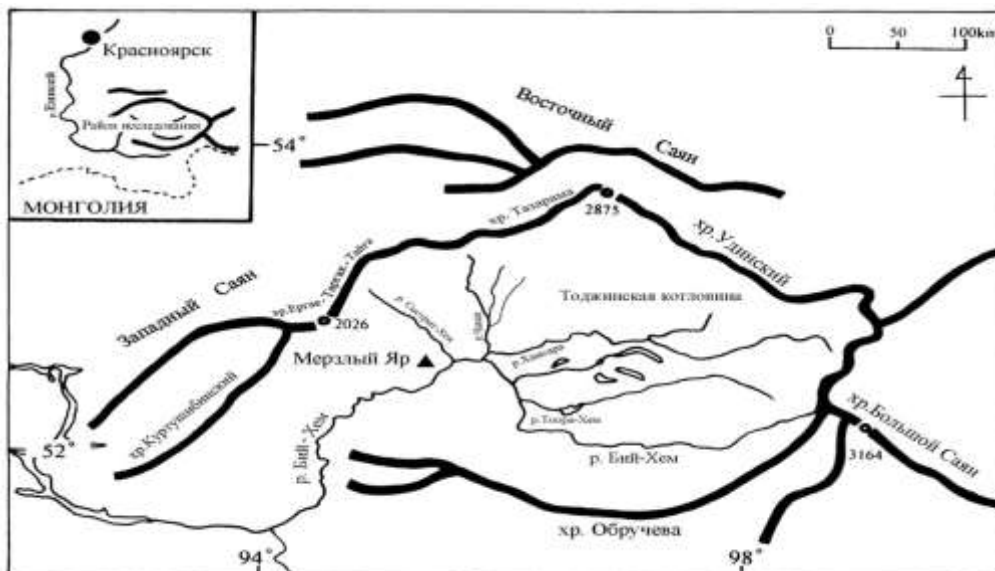
УДК 551.8 (571.513)

**Г. Ю. ЯМСКИХ**

Россия, Красноярск, Сибирский федеральный университет  
E-mail: Yamskikh@mail.ru

### **КЛИМАТ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ГОЛОЦЕНА ТОДЖИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (АЛТАЕ-САЯНСКИЙ РЕГИОН)**

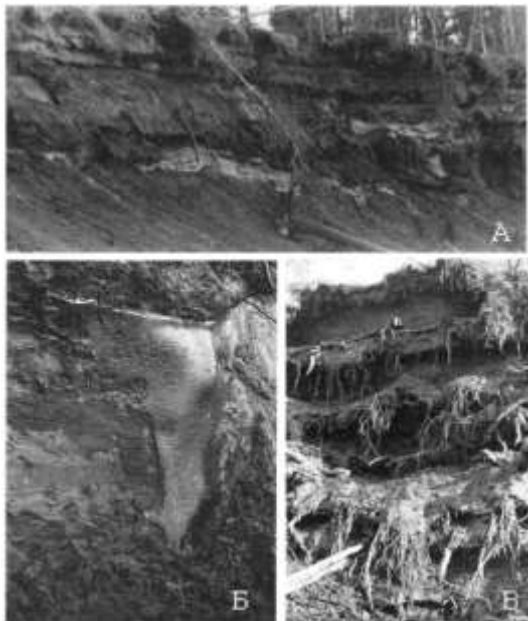
Палеоклиматические сведения голоцена имеют важное значение для построения прогнозных моделей изменения климата на ближайшее будущее. Особенно ценными являются материалы, полученные на основе данных сопряженных исследований – палинологического и радиоуглеродного анализов. Если общие тенденции изменений климатических параметров голоцена более или менее известны, то выявление региональных различий является постоянным предметом изучения исследователей голоцена. Для оценки палеогеографических изменений климата и растительности голоцена внутриконтинентальных районов Алтае-Саянского региона наиболее представительным разрезом является разрез Мерзлый Яр, расположенный в Тоджинской котловине (рисунок 1).



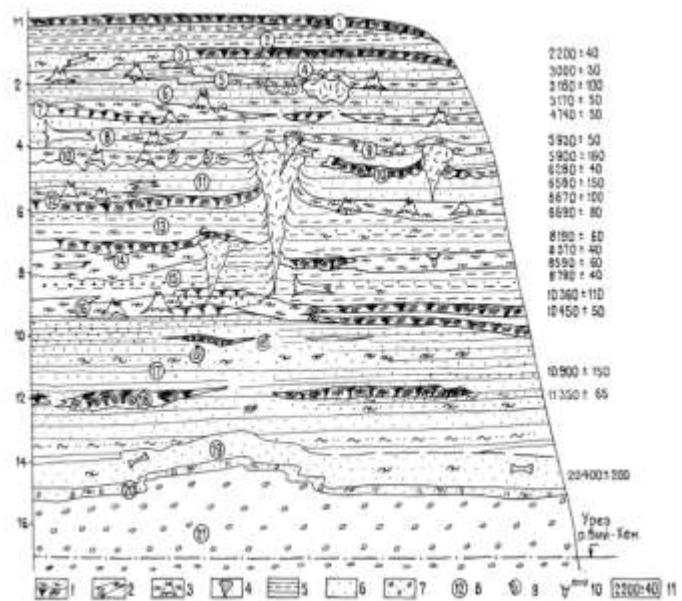
**Рисунок 1 – Местоположение разреза Мерзлый Яр**

Впервые разрез Мерзлый Яр изучил М. Г. Гросвальд [1]. Позднее А. Ф. Ямских выделил несколько этапов развития природной обстановки в Тод-

жинской котловине и установил их хронологические рубежи на основе радиоуглеродного датирования. Л. А. Орлова с коллегами дополнили базу близких по возрасту радиоуглеродных датировок, и Т. П. Левина произвела спорово-пыльцевой анализ нижней части разреза, что позволило судить об изменениях природной обстановки только позднеледниковья и начала голоцена. А. Ф. Ямских [2; 3] и А. Ф. Yamskikh and А. А. Yamskikh [4] были получены новейшие данные о позднеледниковом и голоценовом возрасте отложений и палеоклиматических условиях формирования ритмично-слоистой толщи осадков Мерзлого Яра (рисунок 2, 3).



**Рисунок 2 – Ритмично-слоистые осадки разреза Мерзлый Яр**



**Рисунок 3 – Обобщенный разрез ритмично-слоистой толщи отложений разреза Мерзлый Яр**

А. Ф. Ямских и Г. Ю. Ямских на основании проведения детальных спорово-пыльцевых анализов были охарактеризованы спорово-пыльцевые спектры и произведена их интерпретация. После разработки математических моделей [5] для расчетов численных показателей палеоклиматов, на основании имеющегося палинологического материала были получены количественные показатели элементов климата голоцена и реконструирован растительный покров. При разработке методики количественной оценки палеоклимата голоцена и реконструкций растительных зон на территории Приенисейской Сибири были предложены нелинейные модели [6] для расчета элементов палеоклимата и реконструкций растительных зон. Нелинейные модели, несмотря на свою громоздкость, обладают лучшей устойчивостью по сравнению с линейными. Результаты расчетов представлены на рисунке 4.

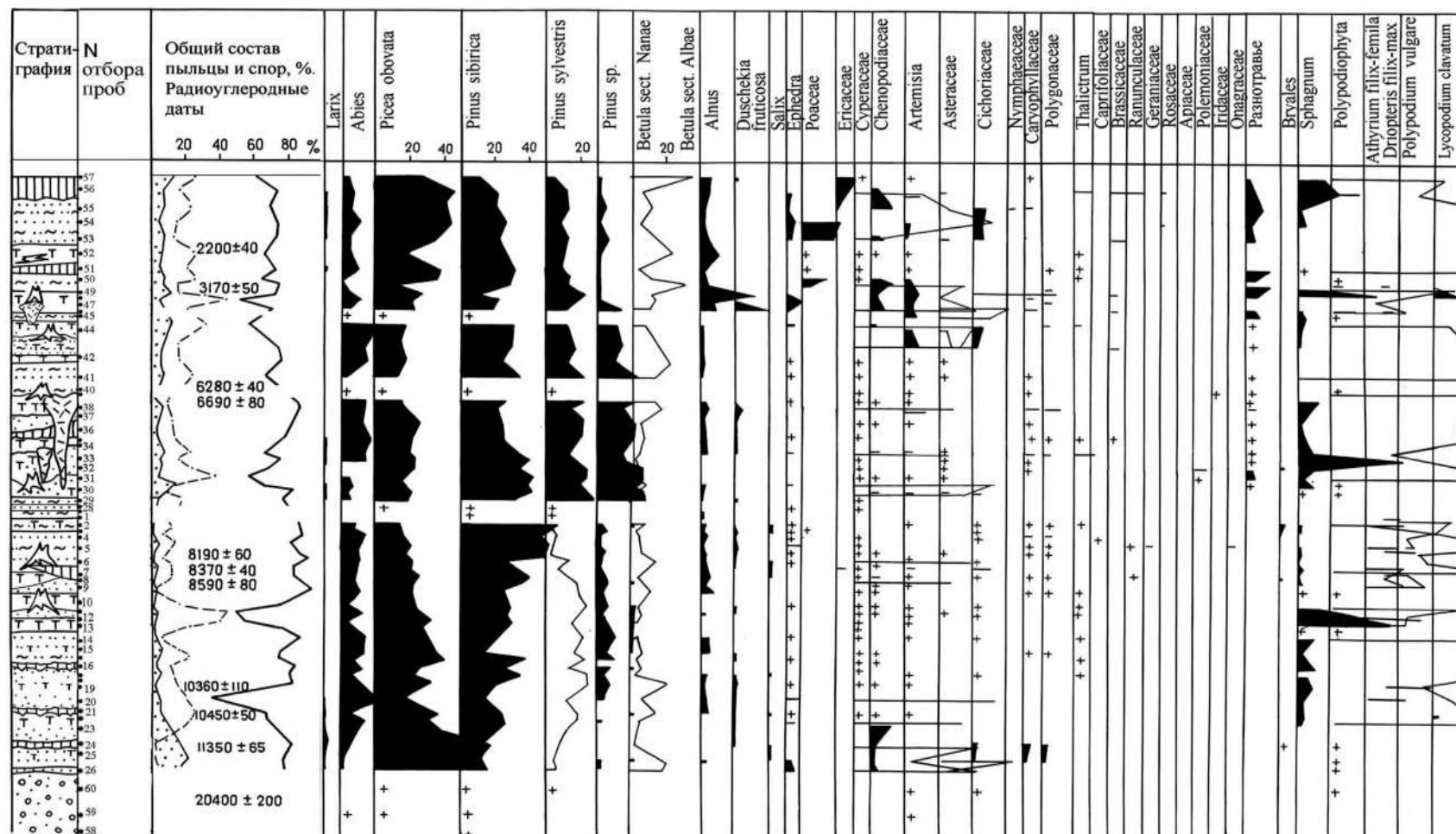


Рисунок 4 – Спорво-пыльцевая диаграмма и реконструированные элементы палеоклиматов голоцена Тоджинской котловины (разрез Мерзлый Яр)

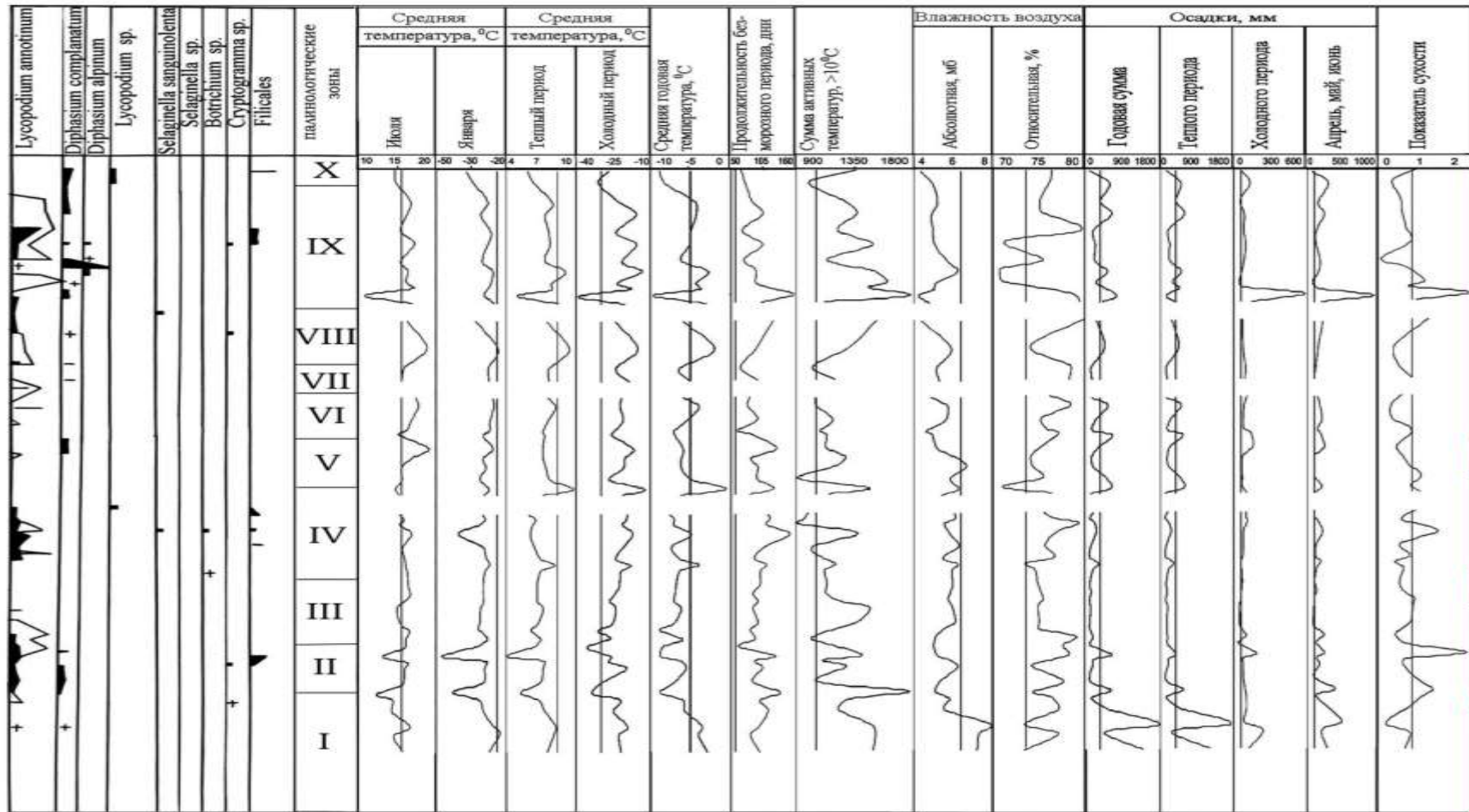


Рисунок 4 – Спорово-пыльцевая диаграмма и реконструированные элементы палеоклиматов голоцена Тоджинской котловины (разрез Мерзлый Яр) (продолжение)



Детальное послойное палинологическое изучение толщи отложений разреза Мерзлый Яр вместе с геологическими и радиоуглеродными данными свидетельствует о связи ритмично-слоистого строения толщи с климатическими колебаниями поздне- и послеледникового времени. Образование наиболее мощных жильных льдов, наблюдающихся на трех стратиграфических уровнях разреза, совпадает с периодами похолодания и увлажнения, со временем второй половины и конца бореального периода (стадия бюль горного оледенения Альп), конца атлантического и начала суббореального периода (стадия гшнитц и даун) и второй половины суббореального периода (стадия эгезен). Несколько горизонтов погребенных почв с остатками стволов деревьев и пней в разрезе соответствуют теплым климатическим периодам (фазам потепления), перекрывающие их прослой торфа свидетельствуют о последующем похолодании. Вторая половина атлантического – начало суббореального периода (6 400–4 850 лет назад) по данным спорово-пыльцевых анализов характеризовалась холодным, переменновлажным климатом. Это подтверждается появлением жильных льдов в разрезе Мерзлый Яр, что соответствует стадиям оледенения гшнитц и даун. На рубеже 5 000 лет назад наблюдалась повсеместная деградация еловых лесов в связи с похолоданием и увеличением континентальности. Промежуток времени от 4 850 до 4 100 лет назад являлся теплым периодом. В разрезе Мерзлый Яр фиксируются погребенные почвы – признак теплой фазы, а также темно-серая супесь с множеством прослоев намывной древесной трухи, остатков крупных стволов деревьев мощностью до 3,5 м. Конец раннего суббореала – начало среднего (4 100–3 650 лет назад) представляется как холодный влажный период (подтверждающийся появлением криотурбаций в отложениях Мерзлого Яра). Средняя часть средне-суббореального времени характеризуется теплым сухим климатом. Потепление фиксируется четко выраженным в спектрах присутствием пыльцы ели (сухость могла компенсироваться повышенным увлажнением Тоджинской котловины. Этот период соответствует времени 3 650–3 200 лет назад. Промежуток времени 3 200–2 900 лет назад – последующее похолодание и увлажнение, ухудшение климата. В разрезе Мерзлый Яр появляются торфяные отложения, перекрывающие погребенные почвы, жильные льды. Это время сопоставляется А. Ф. Ямских со стадией горного альпийского оледенения эгезен [3]. Интервал 2 900–2 300 лет назад приходится на новое потепление. В Тоджинской котловине потепление и увлажнение фиксируется резким увеличением в спектрах ели и пихты, уменьшением пыльцы березы и кедра. Начало субатлантического периода (2 300–2 000 лет назад) характеризуется как холодное (стадия фернау горного оледенения). В разрезе Мерзлый Яр появляются торфяники, перекрывающие погребенные почвы (абс. возраст 2 200 + 40 лет назад). Интервал 2 000–1 250 лет назад, 1-е тысячелетие н. э., был теплым и влажным, приблизительно как 4 100–4 850 лет назад, что подтверждается появлением горизонта погребенных почв. Интервал 1 250–400 лет назад – холодное и переменновлажное время. С 400 лет назад установился резко континентальный переменновлажный и сухой климат для Тоджинской котловины.

На основе данных спорово-пыльцевого анализа установлено, что в начале голоцена на территории существовали перигляциальные степи, на смену которым в бореальный период пришли елово-пихтовые леса с сосной, кедром и березой. В атлантическое время доминировали елово-кедровые леса, в суббореале были развиты разреженные березово-лиственничные леса с елью, кедром, карликовой березкой и остепненными участками. В субатлантическое время получили развитие кедрово-еловые и елово-кедровые леса с лиственницей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гросвальд, М. Г. Последнее оледенение Саяно-Тувинского нагорья: морфология, интенсивность питания, подпрудные озера / М. Г. Гросвальд // Взаимодействие оледенения с атмосферой и океаном. – М. : Наука, 1987. – С. 152–171.
2. Ямских, А. Ф. Палеогеографические условия Тоджинской котловины в голоцене / А. Ф. Ямских. – Красноярск : КГПИ, 1983. – С. 3–19.
3. Ямских, А. Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири / А. Ф. Ямских. – Красноярск, 1993. – 226 с.
4. Yamskikh, A. F. Dynamics of Todza Ice-dammed Lake (Upper Yenisei River, Southern Siberia) during the Late Pleistocene and Holocene / A. F. Yamskikh, A. A. Yamskikh // Science Reports of Tohoku University. 7<sup>th</sup> Series (Geography). – 1999. – Vol. 49, № 2 (Special Issue on CLOCOPH '98).
5. Ямских, Г. Ю. Растительность и климат голоцена Минусинской котловины / Г. Ю. Ямских. – Красноярск : Изд-во КГУ, 1995. – 180 с.
6. Ямских, Г. Ю. Реконструкция растительности и климата голоцена внутриконтинентальных территорий Приенисейской Сибири : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук : 25.00.23; 25.00.25 / Г. Ю. Ямских. – Барнаул, 2006. – 34 с.

## Секция 3

## ТРАНСГРАНИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

УДК 631:551.5(476.5)

**Н. А. БАЙДУК<sup>1</sup>, Г. И. ПИЛОВЕЦ<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Беларусь, Витебск, Витебский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды<sup>2</sup>Беларусь, Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова

E-mail: gimet@vitb.pogoda.by; pilovets\_galina@mail.ru

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ И АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ  
ВИТЕБСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА**

Хозяйственная деятельность и ежедневная жизнь людей, жизнь животного и растительного мира связаны с погодными и климатическими условиями. Все явления и процессы в атмосфере протекают в основном за счет солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, и развиваются в тесном взаимодействии с процессами на подстилающей поверхности. Наиболее погодозависимыми отраслями являются сельское, лесное и водное хозяйство. Климатология всегда способствовала развитию производительных сил общества.

Проблема изменения климата стоит в ряду первоочередных научных и практических проблем.

В основу исследования положены обработанные авторами данные метеорологических наблюдений на метеорологической станции Витебск филиала «Витебскоблгидромет» государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды». В ходе исследования дана краткая характеристика климата района и получены основные агроклиматические и климатические характеристики за период потепления климата. Рассчитаны среднесезонные и годовые температуры воздуха и среднемесячное, среднесезонное и среднегодовое количество осадков за последовательные периоды наблюдений 1962–1988 гг. (до волны потепления климата) и 1989–2015 гг. (в период потепления климата). При проведении исследования применялись статистические, теоретические (анализ и обобщение) и общегеографические методы.

Витебский район создан 17 июля 1924 г., располагается на северо-востоке Витебской области и занимает площадь в 2,8 тыс. км<sup>2</sup>. Граничит с Городокским, Шумилинским, Бешенковичским, Сенненским и Лиозненским районами Витебской области, на северо-востоке с Псковской областью, а на востоке со Смоленской областью Российской Федерации. Административно делится на 15 сельсоветов. Население Витебского района на 01.01.2019 составляет 36 640 человек [1]. Районный центр – г. Витебск с населением 378 459 человек (на 01.01.2019) [1].

Климат Витебского района определяется как умеренно-континентальный и формируется преимущественно под влиянием западного переноса воздушных

масс с Атлантического океана. Чередование воздушных масс различного происхождения создает неустойчивый тип погоды. На протяжении почти всего XX в. до конца 80-х гг. кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине и продолжительности периодами похолоданий.

Самое интенсивное и продолжительное потепление началось в 1989 г. резким повышением температуры воздуха зимой. Оно продолжалось все последующие годы, включая последние (за исключением 1993 и 1996 гг.). Особенности нынешнего потепления не только в его небывалой продолжительности, но и в более высокой среднегодовой температуре воздуха, которая, по данным метеостанции Витебск, в среднем за период 1989–2015 гг. превысила климатическую норму на +1,5 °С. Наибольшее положительное отклонение средней за год температуры воздуха за последовательные пятилетние периоды наблюдалось с 2011-го по 2015 г. и составило 2,2 °С. Самым теплым за все годы метеонаблюдений оказался 2015 г. со средней температурой воздуха +8,2 °С, что выше климатической нормы на 3,1 °С.

Среднегодовая температура воздуха на территории Витебского района составляет 6,6 °С. Самый теплый месяц – июль (+19,0 °С), самый холодный – январь (–4,7 °С). Сумма температур за вегетационный период равных и выше +5 °С составляет 2 736, равных и выше +10 °С – 2 379. Продолжительность периода в днях со среднесуточной температурой воздуха 0 °С и выше составляет 246, +5 °С – 199, +10 °С – 151, +15 °С – 95. Продолжительность беззаморозкового периода составляет 164 дня. Средняя дата последнего заморозка весной – 26.04, средняя дата первого заморозка осенью – 08.10. Число дней с температурой равной и выше +25 °С составляет 40, а с температурой равной и ниже –25 °С – 1,8. Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже 0 °С – 119 дней. Снежный покров на территории Витебска лежит в среднем 114 дней. Повторяемость лет с сочетанием минимальной температуры воздуха –20 °С и ниже и высоты снежного покрова 10 см и менее составляет 41 %.

Годовая сумма осадков составляет 745 мм. В годовом ходе максимум осадков выпадает в июле (85 мм), минимум – в апреле (38 мм). Около 64 % атмосферной влаги приходится на теплый период года с апреля по октябрь (сумма осадков составляет 479 мм), когда происходит активизация конвективных процессов в атмосфере и выпадение дождей ливневого характера. Гидротермический коэффициент увлажнения в мае – июле составляет 1,5, в августе – 1,6.

В теплый период года, когда велики высота солнца над горизонтом и продолжительность солнечного сияния, формируется широтный характер изменения температуры на территории Беларуси. В холодный период аккумулятор тепла – Атлантический океан – и западный перенос воздушных масс оказывают основное влияние на распределение температуры: изотермы направлены почти меридионально.

Анализ среднесезонного температурного фона за последовательные периоды наблюдений 1962–1988 гг. (до волны потепления климата) и 1989–2015 гг. (в период потепления климата) показывает, что всплеск тепла имеет большую интенсивность именно зимой: зима стала теплее на 2,7 °С. Чуть менее выражено

потепление климата в весенний период. Отклонение среднесезонной температуры воздуха весны в сторону повышения составило 1,6 °С. Температурный режим осеннего периода изменился незначительно. Осень стала теплее на 0,7 °С, что связано со сменой в атмосфере летнего типа циркуляции на зимний и уменьшением температурной разницы между континентом и океаном. В целом среднегодовая температура повысилась на 1,7 °С (таблица 1).

Таблица 1 – Среднесезонная и среднегодовая температура воздуха, °С

Периоды	Сезоны года				Год
	зима	весна	лето	осень	
1962–1988 гг.	–7,1	5,2	16,3	5,5	4,9
1989–2015 гг.	–4,4	6,8	17,7	6,2	6,6
Отклонение средних температур воздуха за 1989–2015 гг. от средних за 1962–1988 гг.	2,7	1,6	1,4	0,7	1,7

Установлено, что во все месяцы года среднемесячная температура воздуха, осредненная за периоды наблюдений 1962–1988 гг. и 1989–2015 гг., оказалась выше в период потепления климата от 0,5 °С в мае до 4,1 °С. В феврале – марте отклонения были несколько меньше и составили 2,6–2,9 °С. На 1,9 °С из весенних месяцев стал теплее апрель, из летних – июль и август на 1,9 °С и 1,6 °С соответственно, из зимних – на 1,2 °С декабрь, а из осенних – сентябрь на 1,0 °С. В периоды май – июнь и октябрь – ноябрь положительные отклонения средней температуры были минимальными – 0,5–0,8 °С.

Основным источником пополнения водных запасов и влаги в почве являются атмосферные осадки. Преобладание переноса атлантического воздуха обуславливает высокую относительную влажность воздуха, особенно в холодное время года, и значительную облачность, что обычно способствует выпадению большого количества осадков. В среднем за период потепления годовое количество осадков составило 745 мм, что на 16 % больше, чем до волны потепления (645 мм) (таблица 2). Максимальное годовое количество осадков за период потепления (959 мм, или 144 % годовой нормы) отмечено в 2012 г., минимальное (550 мм, около 83 % нормы) – в 2002 г.

Таблица 2 – Среднесезонное и среднегодовое количество осадков, мм

Периоды	Сезоны года				Год
	зима	весна	лето	осень	
1962–1988 гг.	116	129	232	168	645
1989–2015 гг.	160	147	249	189	745
% средних за 1989–2015 гг. от средних 1962–1988 гг.	138	114	107	113	116

Анализ среднемесячного количества осадков за периоды 1962–1988 гг. и 1989–2015 гг. и их изменений показал, что во все месяцы года, за исключением апреля (97 %) и июля (96 %), количество осадков за период потепления оказалось выше, чем до волны потепления. При этом максимальное среднемесячное превышение отмечено зимой в феврале (172 %) и январе (149 %).

Таким образом, во все месяцы года среднемесячная температура воздуха, осредненная за периоды наблюдений 1962–1988 гг. и 1989–2015 гг., оказалась выше в период потепления климата, зима стала теплее на 2,7 °С, при этом наибольшей положительной флуктуации (4,1 °С) подверглась январская температура, что связано с отепляющим воздействием атлантических циклонов. В среднем годовое количество осадков за период потепления климата стало на 16 % больше, чем до волны потепления. Последствия изменения климата в целом (теплые зимы, раннее начало весенних процессов, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, увеличение повторяемости засух, волн тепла, высоких температур воздуха и др.) оказывают существенное влияние на погодозависимые отрасли экономики.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Численность населения на 1 января 2019 г. и среднегодовая численность за 2018 год по Витебской области в разрезе районов, городов, поселков городского типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vitebsk-region.gov.by/ru/naselenie-ru>. – Дата доступа: 29.05.2019.

УДК 556.535.2

**Р. В. БОСКАЧЁВ<sup>1,2</sup>, Б. В. ЧУБАРЕНКО<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Калининград, Балтийский федеральный университет имени И. Канта

<sup>2</sup>Россия, Калининград, Калининградский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

<sup>3</sup>Россия, Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН  
E-mail: combat.130@mail.ru; chuboris@mail.ru

#### **МНОГОЛЕТНИЕ ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ В УСТЬЯХ РЕК, ВПАДАЮЩИХ В КУРШСКИЙ И ВИСЛИНСКИЙ ЗАЛИВЫ, КАК ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО КЛИМАТА**

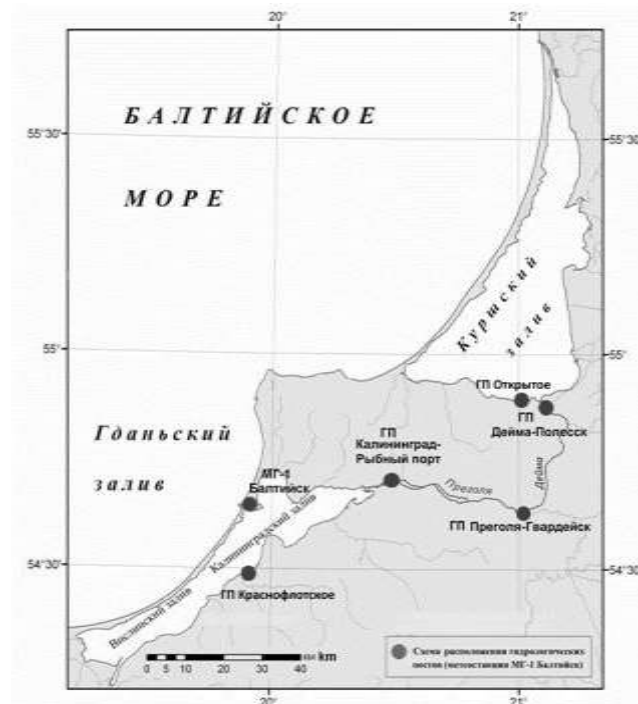
К числу важнейших индикаторов изменения климата Земли относятся изменения уровня воды Мирового океана. Важность исследования подчеркивается угрозой подтопления прибрежных территорий и необходимостью прогнозирования роста уровня воды с учетом текущих характеристик тренда.

Проблема изменения климата остается международной научной проблемой, пока еще далекой от окончательного разрешения [3]. Очевидно, представляющим в ближайшей перспективе наибольший интерес будет такой аспект

проблемы изменения климата, как наблюдаемые и ожидаемые региональные климатические изменения, в особенности нарастание «экстремальности» климатических элементов и разрушительного эффекта, опасных погодно-климатических явлений, в том числе увеличение экономического ущерба и риска для здоровья и жизни человека [1].

Согласно исследованиям [8; 9], изменения локального климата в Калининградской области происходят в унисон с изменением климата всей планеты. Так, рост среднегодовой температуры воздуха в Калининградской области за последние 60 лет составил 1,4 °С [4; 6]. По причине среднегодового роста температуры климат Калининградской области характеризуется нарастанием экстремальности термических и гидрологических характеристик, также климат Юго-Восточной Балтики становится все более морским: увеличивается повторяемость оттепелей зимой и заморозков весной [4].

Цель исследования – используя данные наблюдений с пяти гидрологических постов (рисунок) Калининградского ЦГМС – филиала ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (Калининград – Рыбный порт, Краснофлотское, Открытое, Преголя – Гвардейск, Дейма – Полесск) за 16 лет (2002–2017 гг.), определить тренд изменения уровней вод в Калининградском, Куршском заливах, реке Преголе и ее рукаве – реке Дейме.



**Рисунок – Схема расположения рассматриваемых гидрологических постов**

Проанализированные данные свидетельствуют, что уровень вод на гидрологических постах (ГП) существенно повысился. Для всех ГП был определен положительный тренд изменения уровня воды в период 2002–2017 гг. Этот

линейный тренд ( $A \times X + B$ ) является основным (главным), его характеристики и оценка общего приращения уровня вод за исследуемый период (по тренду) представлены в таблице.

Таблица – Характеристики линейного тренда повышения уровня воды на гидрологических постах в Калининградской области

Гидрологический пост	Период	Тренд (мм/год)	Приращение уровня по тренду, см
Краснофлотское	2002–2017	5,5	8,8
Калининград – Рыбный порт	2002–2017	15,3	24,5
Преголя – Гвардейск	2002–2017	29,6	47,3
Дейма – Полесск	2002–2017	5,8	9,3
Открытое	2002–2017	2,9	4,7

На всех гидрологических постах обнаружен линейный положительный тренд, который дал за период 2002–2017 гг. абсолютное приращение уровня (по тренду), отличающееся между ГП примерно в 10 раз – от 4,7 см (Открытое) до 47,3 см (Преголя – Гвардейск). Оценка тренда роста уровня показала: ГП Открытое – 2,9 мм/год (минимальный), ГП Краснофлотское и ГП Дейма – Полесск – близкие по значению тренды 5,5 и 5,8 мм/год соответственно, особенно выделились ГП Калининград – Рыбный порт – 15,3 мм/год и ГП Преголя – Гвардейск – 29,6 мм/год (максимальный).

Согласно [10], рост уровня воды в 1996–2006 гг. (10 лет) в Краснофлотском составил 5,8 мм/год, на ГП Калининград – Рыбный порт – 11,4 мм/год, а в Клайпеде (север Куршского залива) – 3,8 мм/год. Если тренд для южной части Куршского залива (Открытое, Полесск) в 2002–2017 гг. схож с аналогичным за период 1996–2006 гг., то для ГП Калининград – Рыбный порт и особенно для ГП Преголя – Гвардейск полученные тренды выглядят достаточно существенными. Следовательно, необходима их проверка путем использования большего ряда наблюдений, а также, возможно, требуется проверка стабильности высотных отметок этих ГП с точки зрения современных геодезических методов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Порфирьев, Б. Н. Изменения климата и международная безопасность / Б. Н. Порфирьев, В. М. Катцов, С. А. Рогинко ; Рос. акад. наук. – М. : Отд-ние обществ. наук РАН, 2011. – 290 с.
2. Катцов, В. М. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды / В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев // Арктика: экология и экономика. – 2012. – № 2 (6). – С. 66–79.
3. Committed sea-level rise under the Paris Agreement and the legacy of delayed mitigation action / Matthias Mengel [et al.] // Nature Communications. – 2018. – № 9. – P. 1–10.
4. Баринава, Г. М. Тенденции изменения глобального климата: отклики и последствия для Калининградской области / Г. М. Баринава // Изменения климата в прибалтийском регионе и его последствия – текущее состояние и перспектива : Междунар.



науч. конф., Калининград, 17 июня 2015 г. : сб. докл. / ФГБОУ ВПО «Калинингр. гос. техн. ун-т». – Калининград : Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015.

5. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – СПб., 2017. – 106 с.

6. Еремина, Т. Р. Балтийское море / Т. Р. Еремина // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Гл. геофиз. обсерватория им. А. И. Воейкова, Ин-т глобал. климата и экологии Росгидромета и РАН. – М., 2014. – С. 615–643.

7. Навроцкая, С. Е. Колебания уровня р. Преголи в Калининграде / С. Е. Навроцкая, О. А. Гуцин, Ж. И. Стонт // Вестн. Рос. гос. ун-та им. И. Канта. – 2011. – Вып. 1. – С. 28–35.

8. Transboundary Lagoons of the Baltic Sea / В. Chubarenko [et al.] // The Diversity of Russian Estuaries and Lagoons Exposed to Human Influence // Estuaries of the World / ed. R. Kosyan. – Springer, 2017. – P. 149–189.

9. Стонт, Ж. И. Изменчивость температуры воздуха над акваторией Юго-Восточной Балтики по данным МЛСП D-6 (2004–2013 годы) / Ж. И. Стонт, О. А. Гуцин // Изв. КГТУ / Калинингр. гос. техн. ун-т. – 2015. – № 39. – С. 20–30.

10. Navrotskaya, S. E. Trends in the Variations of the Sea level in the Lagoons of the Southeastern Baltic / S. E. Navrotskaya, В. V. Chubarenko // Oceanology. – 2013. – Vol. 53, № 1. – P. 13–23.

УДК 551.55(476-14)

**А. А. ВОЛЧЕК<sup>1</sup>, А. В. ГРЕЧАНИК<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Беларусь, Брест, БрГТУ

<sup>2</sup>Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: Volchak@tyt.by; hrachanika@tut.by

## **КОЛЕБАНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ НА РУБЕЖЕ XX И XXI СТОЛЕТИЙ**

Климату Земли свойственно колебаться, и это происходит на протяжении всей истории развития планеты, однако особенности климата, происходящие в последние столетия, вызывают серьезную озабоченность широкого круга специалистов и общественности. Это связано с быстротой происходящих изменений и влиянием их на природную среду, хозяйственную деятельность и самого человека. Региональные проявления колебаний климата в значительной мере зависят от атмосферной и океанической циркуляции. Динамика этой циркуляции может сдвинуть пути следования циклонов или преобладающее направление ветров, что, в свою очередь, может привести к резким перепадам температур и количества осадков [1]. В связи с этим изучение многолетних изменений ветрового режима имеет важное теоретическое и практическое значение.

Ветровой режим является одним из важнейших факторов, формирующих климат. Он обусловлен общей циркуляцией атмосферы над континентом Евразии и над Атлантикой, определяется наличием стационарных барических

центров: исландского минимума в течение всего года, сибирского максимума зимой и азорского – летом. Вся территория Беларуси на протяжении всего года расположена севернее полосы высокого атмосферного давления – оси Воейкова. Зимой к северу от этой оси в большинстве случаев дуют юго-западные и западные ветры, а летом – северо-западные и западные. Преобладающие в течение года потоки воздуха западных направлений приносят на территорию Беларуси господствующий в течение всех сезонов атлантический воздух умеренных широт, проникновение которого связано с циклонической деятельностью на полярном или арктическом фронте. При прочих направлениях ветров в соответствии с сезонами года расширяется область распространения континентальных умеренных, арктических или тропических воздушных масс, которые в формировании климата Беларуси играют меньшую роль. Поэтому изменение ветрового режима влечет за собой значительные климатические изменения.

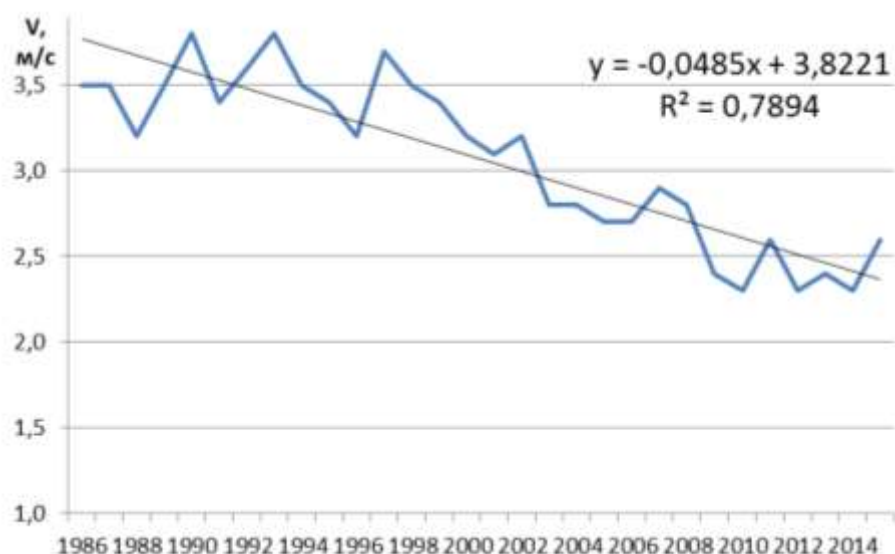
Целью данной работы является оценка современных изменений скорости ветра на территории Беларуси путем анализа временных рядов скорости ветра, осредненных за год.

Исходным материалом для проведения исследования явились данные многолетних инструментальных наблюдений за скоростью ветра на метеорологических станциях Беларуси, работающих по программе станций II разряда, за период 1986–2015 гг. Данные о средней скорости ветра получены осреднением за 10 минут, что позволяет характеризовать установившийся ветровой поток. Измерения параметров ветрового потока на всех изученных станциях проводятся по стандартной методике. Согласно определению Всемирной метеорологической организации, период в 30 лет является классическим периодом для усреднения климатических характеристик [2].

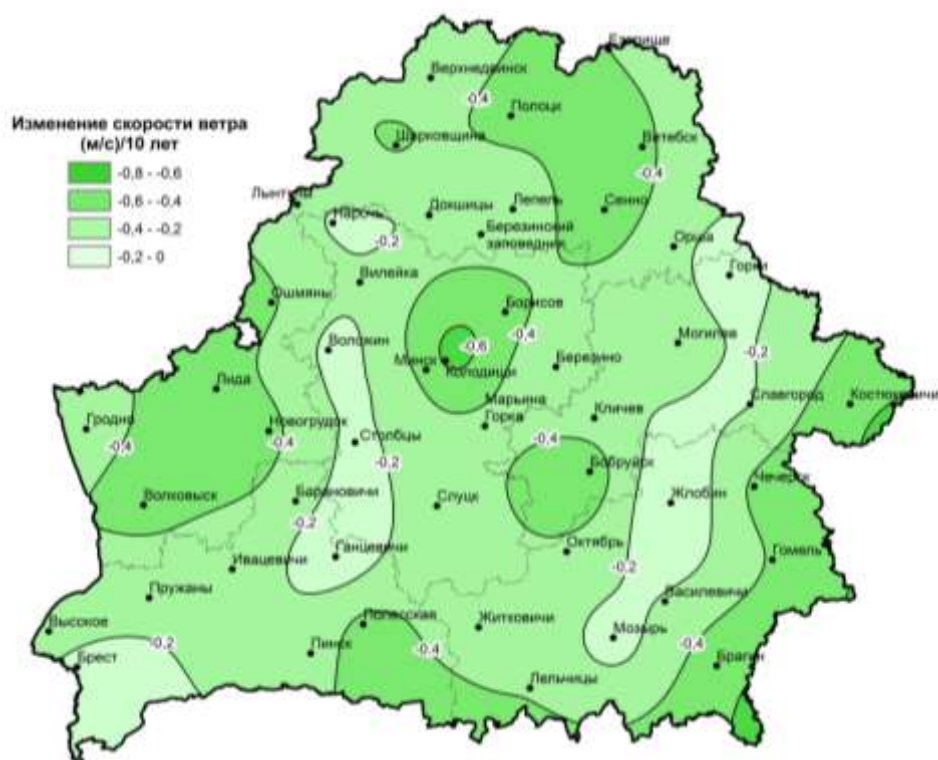
По данным проведенных исследований [3–5], средняя скорость ветра на территории Беларуси за период 1986–2015 гг. составляет 2,67 м/с (по областям: Брестская – 2,75 м/с, Витебская – 2,59 м/с, Гомельская – 2,31 м/с, Гродненская – 3,32 м/с, Минская – 2,33 м/с, Могилевская – 3,20 м/с). Наиболее широкое распространение получили средние скорости ветра от 2,20 до 3,60 м/с. Наибольшие средние годовые скорости ветра отмечаются на метеорологической станции Могилев (3,70 м/с), а наименьшие – на станции Вилейка (1,30 м/с).

Оценка происходящих колебаний скорости ветра осуществлялась с помощью среднего градиента скорости ветра ( $\Delta V$ ), который численно равен коэффициенту регрессии линейного тренда, умноженного на 10 лет. Для всех изучаемых метеорологических станций построены графики хронологического хода среднегодовых скоростей ветра за исследуемый период. Так, по метеостанции Бобруйск уменьшение среднегодовой скорости ветра составляет  $-0,05$  (м/с)/год, градиент составляет  $-0,49$  (м/с)/10 лет (рисунок 1).

Аналогичный анализ выполнен по всем рассматриваемым метеостанциям Беларуси, что позволило выявить устойчивые статистически значимые снижения скорости ветра. По полученным данным с использованием программы ArcGIS версии 10.3 построена картосхема среднего градиента скорости ветра за период 1986–2015 гг. (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Хронологический ход среднегодовой скорости ветра по метеорологической станции Бобруйск**



**Рисунок 2 – Средний градиент скорости ветра Беларуси за период 1986–2015 гг.**

Применение картографических моделей, которые являются на сегодняшний день эффективным средством географического исследования, дало возможность выявить и проследить пространственные особенности изменения режима ветра во времени. На всей территории Беларуси отмечается отрицательное

значение среднего градиента скорости ветра. Наибольшие значения от  $-0,4$  до  $-0,8$  (м/с)/10 лет зафиксированы в центральных районах (метеорологические станции Колодищи, Минск, Борисов, Бобруйск), а также на севере (метеостанции Полоцк, Сенно, Витебск), северо-западе (метеостанции Лида, Волковыск, Новогрудок) и крайнем юго-востоке (метеостанции Полеская, Брагин, Гомель, Чечерск, Костюковичи). Наименьшие значения от 0 до  $-0,2$  (м/с)/10 лет зафиксированы на метеорологической озерной станции Нарочь, крайнем юго-западе (метеостанция Брест), полосами в центральной части (метеостанции Ганцевичи, Столбцы, Воложин) и на юго-востоке (метеостанции Мозырь, Жлобин, Горки).

Для территории Беларуси можно выделить несколько причин, определяющих уменьшение скорости ветра. Влияние на скорость ветра оказывает смена циркуляционных эпох и колебания индекса солнечной активности. Также одной из причин уменьшения скорости ветра является рост интенсивности Северо-Атлантического колебания и увеличение повторяемости глубоких барических образований, проходящих через территорию Европы [6]. Кроме того, нельзя обходить вниманием и антропогенные причины, влияющие в той или иной степени на уменьшение скорости ветра на территории Беларуси. Так, в 70-е гг. XX в. на станциях произошла смена ветроизмерительных приборов. На смену флюгерам Вильда пришли новые анеморумбометры. На протяжении многолетних наблюдений метеорологические станции и площадки неоднократно меняли свое местоположение, что оказывало непосредственное влияние на данные проводимых измерений. Кроме того, одной из причин может служить и изменение степени защищенности метеорологической площадки вследствие урбанизации либо подрастания – спиливания близлежащих деревьев.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рамсторф, Ш. Глобальное изменение климата: диагноз, прогноз, терапия / Ш. Рамсторф, Х. Й. Шельхубур ; пер. с нем. Д. К. Трубчанинова. – М. : ОГИ, 2009. – 158 с.
2. Изменения климата: последствия, смягчение, адаптация : учеб.-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 424 с.
3. Волчек, А. А. Оценка изменения ветрового режима Гомельской области / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. – 2018. – № 1. – С. 70–77.
4. Волчек, А. А. Колебания скорости ветра на территории Брестской области / А. А. Волчек, А. В. Гречаник // Сборник научных трудов № 72 / М-во образования и науки Грузии, Ин-т вод. хоз-ва им. Ц. Е. Мирцхулава Груз. техн. ун-та ; редкол.: Б. М. Аиуб [и др.] ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Г. В. Гавардашвили. – Тбилиси : Ин-т вод. хоз-ва им. Ц. Мирцхулава ГТУ, 2017. – С. 57–67.
5. Гречаник, А. В. Оценка изменения ветрового режима г. Новогрудка в современных условиях / А. В. Гречаник // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 25 апр. 2018 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: И. В. Абрамова, М. А. Богдасаров, Т. А. Шелест. – Брест, 2018. – С. 64–67. – Деп. в ГУ «БелИСА» 12.06.2018, № Д201822.
6. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия / В. Ф. Логинов. – Минск : ТетраСистемс, 2008. – 496 с.

УДК 539.16.04(546.36+546.42):581.552

**Д. К. ГАРБАРУК, А. В. УГЛЯНЕЦ**

Беларусь, Хойники, Полесский государственный

радиационно-экологический заповедник

E-mail: dima.garbaruk.77@mail.ru; uhlianets@mail.ru

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

### **$^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ В ДУБРАВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ**

#### **ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

**Введение.** Дубовые леса в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) занимают 6,1 % лесопокрытой площади и представлены экологическими группами внепойменных (условно плакорных) и пойменных дубрав. В составе формации к числу наиболее распространенных принадлежат кисличный (28,5 % в общей структуре формации), снытевый (11,0 %) и прируслово-пойменный (9,9 %) типы леса. Каждому из них характерен свой видовой состав живого напочвенного покрова (ЖНП).

О важной роли ЖНП в перераспределении радионуклидов между компонентами насаждений свидетельствует тот факт, что в этом элементе лесных фитоценозов содержание  $^{137}\text{Cs}$  больше, чем в верхнем древесном и в подлесочно-подростовом ярусах [1].

Исследованиями, проведенными в 1986–1993 гг. в дубравах орляковых вблизи зоны отчуждения [2], получены данные сезонных и краткосрочных (до 8 лет) изменений содержания радионуклидов в некоторых видах растений ЖНП, установлена связь уровня их аккумуляции в растениях с плотностью загрязнения почвы, выявлена видовая специфичность накопления радионуклидов. Вопросу накопления радионуклидов ЖНП в дубовых лесах в зоне отчуждения ЧАЭС внимания не уделялось.

Цель настоящей работы – выявить современные особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  ЖНП в наиболее распространенных типах леса дубовой формации в зоне отчуждения ЧАЭС.

**Объекты и методы исследований.** Исследования выполнены в 2018 г. Объектом исследований явились следующие виды растений ЖНП: в дубраве кисличной общий для всех типов леса вид ландыш майский (проективное покрытие почвы 10 %), в дубраве снытевой – сныть обыкновенная (75 %), купена лекарственная (5 %) и ландыш майский (1 %), в дубраве прируслово-пойменной – молиния голубая (15 %) и ландыш майский (5 %).

Видовой состав ЖНП в дубравах определяется в первую очередь типом условий местопроизрастания (ТУМ). В значительной мере на него влияют характеристики древостоя, главным образом его породный состав, густота и полнота.

Древостои внепойменных дубрав (кисличная и снытевая) высоковозрастные, высокополнотные (0,8–0,9), густотой 550–600 шт./га, среднепродуктивные, с 30–40 %-й примесью лиственных пород: граба, ольхи черной, клена, березы (таблица 1). Дубрава прируслово-пойменная приспевающая, низкоствольная,

редкостойная. В составе древостоя присутствуют традиционный для поймы Припяти тополь черный, единично – береза, ольха черная, груша обыкновенная. Полнота насаждения довольно высокая, но запасы стволовой древесины низкие.

Таблица 1 – Таксационная характеристика дубрав

Тип леса / ТУМ	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Бо-нитет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Полнота	Запас, м <sup>3</sup> /га
			Н, м	Д, см					
Д. кис./Д <sub>2</sub>	7Д2ОЛЧ1Г + Б, КЛ	110	24,3	58,9	II	600	25,6	0,79	258
Д. сн./Д <sub>3</sub>	6Д3Г1КЛ + ОЛЧ	112	23,3	50,9	III	540	27,6	0,87	252
Д. пр.-пм./В <sub>2-3</sub>	9Д1Тч + Б, ОЛЧ, ГШ	77	13,9	34,7	IV	324	20,2	0,81	156

У перечисленных выше фоновых видов растений ЖНП отобраны образцы надземной и подземной частей и пробы почвы вместе с лесной подстилкой из верхнего 20-сантиметрового слоя. Удельная активность ( $A_y$ )  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве и в фитомассе частей растений определялась на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 в лаборатории спектрометрии и радиохимии Полеского государственного радиационно-экологического заповедника.

Для сопоставления уровней накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в компонентах преобладающих видов ЖНП, произрастающих на территориях с различной плотностью загрязнения почвы ( $A_{\text{пов}}$ ), рассчитывали коэффициенты перехода ( $K_{\text{п}}$ ) радионуклидов из почвы в растения как частное от их  $A_y$  (Бк/кг) к  $A_{\text{пов}}$  (кБк/м<sup>2</sup>).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Накопление радионуклидов растениями зависит от морфобиологических особенностей каждого вида, условий их произрастания, формы нахождения радионуклидов, степени загрязнения ими почвы [1, с. 13–35; 2; 3].

Видовой состав ЖНП в дубравах существенно отличается по типам леса, что ограничивает возможности сравнения накопления радионуклидов травянистыми растениями в различных почвенно-грунтовых условиях. Кроме того, типы исследованных дубрав различаются по уровням загрязнения почвы. В дубраве прируслово-пойменной  $A_{\text{пов}}^{137}\text{Cs}$  составила 6,6 Ку/км<sup>2</sup>, кисличной – 12,4 Ку/км<sup>2</sup> и снытевой – 17,5 Ку/км<sup>2</sup>;  $A_{\text{пов}}^{90}\text{Sr}$  на порядок ниже – 0,6, 4,6 и 1,7 Ку/км<sup>2</sup> соответственно.

Установлено, что превышение  $A_y$  и  $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$  в подземной части растений в сравнении с надземной наблюдается у ландыша майского в дубраве кисличной и прируслово-пойменной (таблица 2). Надземные части ландыша майского и сныти обыкновенной более интенсивно накапливают этот радионуклид в дубраве снытевой. Близкая загрязненность им надземной и подземной фитомассы характерна для купены лекарственной в дубраве снытевой и молинии голубой в прируслово-пойменной.

Таблица 2 – Величины  $A_y$  и  $K_{\Pi}$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в компонентах ЖНП дубрав

Вид растения	Компонент фитомассы	$A_y$ , Бк/кг		$K_{\Pi}$ , $n \cdot 10^{-3}$ м <sup>2</sup> /кг	
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Дубрава кисличная					
Ландыш майский	надземная часть	19 131	4 758	41,7	76,8
	подземная часть	23 782	1 403	51,9	22,6
Дубрава снытевая					
Ландыш майский	надземная часть	27 712	5 875	42,7	34,8
	подземная часть	20 252	2 491	31,2	14,8
Купена лекарственная	надземная часть	15 929	3 350	24,6	19,9
	подземная часть	16 382	2 668	25,2	15,8
Сныть обыкновенная	надземная часть	18 855	3 765	29,1	22,3
	подземная часть	16 159	1 881	24,9	11,2
Дубрава прируслово-пойменная					
Ландыш майский	надземная часть	2 515	1 600	10,2	78,0
	подземная часть	4 161	434	16,9	21,2
Молиния голубая	надземная часть	1 320	357	5,4	17,4
	подземная часть	1 354	492	5,5	24,0

Более высокие  $A_y$  и  $K_{\Pi}$   $^{90}\text{Sr}$  в надземной части растений ЖНП в сравнении с подземной отмечены у всех видов во всех типах леса исследуемых дубрав, кроме молинии голубой в дубраве прируслово-пойменной, у которой подземная фитомасса аккумулирует этот радионуклид интенсивнее.

В пределах дубравы снытевой  $A_y$  и  $K_{\Pi}$   $^{137}\text{Cs}$  в надземной фитомассе увеличиваются в ряду растений купена лекарственная < сныть обыкновенная < ландыш майский, в подземной – сныть обыкновенная  $\approx$  купена лекарственная < ландыш майский. Для  $^{90}\text{Sr}$  их рост в надземных частях растений такой же, как и для  $^{137}\text{Cs}$ , а для подземных частей этот ряд имеет следующий вид: сныть обыкновенная < ландыш майский  $\leq$  купена лекарственная.

Величины  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в надземной и подземной частях фитомассы ландыша майского различаются по типам леса, характеризующимся различными условиями плодородия и влажности почв, но направление роста  $A_y$   $^{90}\text{Sr}$  в обоих компонентах ландыша совпадает. В то же время  $K_{\Pi}$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , отражающие способность растения или его части накапливать тот или иной радионуклид вне зависимости от  $A_{\text{пов}}$ , не совпадают с  $A_y$  и имеют иной порядок ранжирования (таблица 3).

Таблица 3 – Ранжированные ряды типов леса по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в фитомассе ландыша майского

Фитомасса	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
	$A_y$	$K_{\Pi}$	$A_y$	$K_{\Pi}$
Надземная	пр.-пм.<кис.<сн.	пр.-пм.<сн. $\approx$ кис.	пр.-пм.<кис.<сн.	сн.<пр.-пм. $\approx$ кис.
Подземная	пр.-пм.<сн.<кис.	пр.-пм.<сн.<кис.		

**Заключение.** В дубравах кисличной, снытевой и прируслово-пойменной зоны отчуждения ЧАЭС определены уровни загрязнения фоновых видов живого напочвенного покрова  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по состоянию на 2018 г. Аккумуляция этих радионуклидов обусловлена видовой специфичностью их накопления растениями, плотностью загрязнения почв и различается по типам леса. Составлены ранжированные ряды типов леса по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в фитомассе ландыша майского. Полученные данные являются элементом базы исходных данных постоянного радиационно-экологического мониторинга дубрав в зоне отчуждения ЧАЭС.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление : нац. докл. / под ред. В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. – Минск : Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС при Совете Министров Респ. Беларусь, 2006. – 112 с.
2. Парфёнов, В. И. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / В. И. Парфёнов, Б. И. Якушев, Б. С. Мартинович. – Минск : Навука і тэхніка, 1995. – 578 с.
3. Щеглов, А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС / А. И. Щеглов. – М. : Наука, 2000. – 268 с.

УДК 551.582.2, 551.583.1

**И. С. ДАНИЛОВИЧ, В. И. МЕЛЬНИК**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси  
E-mail: irina-danilovich@yandex.ru; v.melnik2016@mail.ru

#### **ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КЛИМАТОМ**

**Введение.** Исследования изменений климатических характеристик на территории Беларуси проводились различными группами авторов. К настоящему времени сложились определенные представления о происходящих устойчивых изменениях климата на территории нашей страны. С 1989 г. в Беларуси отмечается самый продолжительный период потепления климата в течение инструментальных наблюдений за температурой воздуха на протяжении последних почти 130 лет [2]. В режиме увлажнения изменения выражаются в увеличении годовых сумм осадков на севере страны в пределах 5 %, в центральных и южных районах страны значимые изменения не наблюдаются, за исключением Гомельской области, где отмечается увеличение на 7 % [3]. Наибольшее увеличение характерно для зимних месяцев и связано с особенностями атмосферной циркуляции в Атлантико-европейском секторе [5]. Однако, несмотря на некоторый рост осадков, отмечается увеличение засушливости территории в вегетационный период [1]. Происходящие изменения на территории Беларуси синхронизированы с изменениями, отмечающимися на территории Европы. Согласно [6], режим



увлажнения в бассейне Балтийского моря в течение последних 100 лет характеризовался ростом осадков на севере региона, который связан с увеличением повторяемости и интенсивности экстремальных осадков, и отсутствием значимых трендов в центральных и южных районах. Во второй половине XX ст. засушливые условия прослеживались преимущественно в летние месяцы в южных районах бассейна (Польша, Литва и Беларусь) [4].

В связи с продолжающимся периодом заметного изменения климата, неоднородным пространственным распределением трендов осадков на территории Беларуси и прилегающих регионах назрела необходимость детального исследования пространственно-временных особенностей режима увлажнения территории Беларуси.

**Методы и материалы.** Для оценки изменения режима увлажнения были использованы материалы Государственного климатического кадастра, представленные следующими характеристиками:

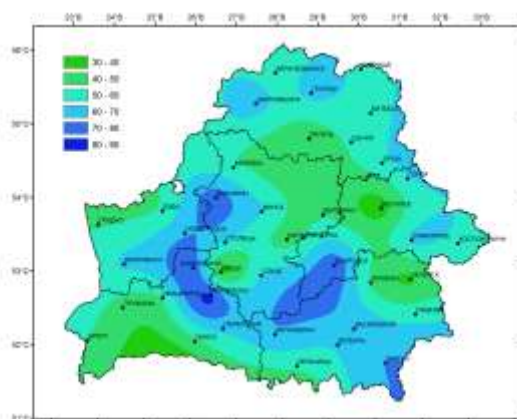
- месячные, сезонные и годовые суммы осадков;
- число дней с осадками 0,1 мм, 5 мм и более;
- максимальное суточное количество осадков;
- продолжительность осадков (часы);
- продолжительность жидких, твердых и смешанных осадков (часы).

Обобщение каждой характеристики выполнялось по 40 метеорологическим станциям государственной сети гидрометеорологических наблюдений Белгидромета. Период обобщения охватывает временной интервал от начала наблюдений на каждой станции до 2017 г., но для сравнительного межстанционного анализа были приняты периоды 1958–1987 гг. (что близко к климатической норме 1960–1990 гг., ранее рекомендованной ВМО и длительное время использовавшейся в исследованиях) и 1988–2017 гг., охватывающий современный период потепления климата. Для оценки рассчитывались средние значения характеристик за различные периоды, их стандартные отклонения, величины трендов каждой характеристики по каждой станции и оценивалась их статистическая значимость.

**Результаты и обсуждение.** *Месячные, сезонные и годовые суммы осадков.* Годовые суммы осадков за рассматриваемые периоды изменились незначительно, статистически незначимое увеличение в пределах 5–10 % отмечается по всей территории страны с наибольшими значениями в северных районах. В зимние месяцы увеличение отмечается по всей территории страны, но на севере более выражено: на 20–30 % (6–13 мм) в январе – марте, в центральной части страны до 25 % (8 мм) в феврале, до 20 % (6 мм) на юге в феврале – марте. В весенний сезон выделяется май с увеличением на 8–10 % (4–6 мм). В летний сезон на севере отмечается увеличение на 10–15 % (6–10 мм), в центральной и южной частях в июне и августе наблюдается небольшое снижение осадков, но в июле – заметный рост на 15–20 % (10–17 мм). В летние месяцы заметно увеличилось стандартное отклонение месячных сумм осадков, что свидетельствует о возросшей экстремальности режима увлажнения. Сентябрь и октябрь также характеризуются небольшим увеличением на 10–15 %.

*Изменение числа дней с осадками более 0,1 мм, 5 мм* оказалось незначительным и не превышает 1 день в отдельные месяцы.

*Максимальное суточное количество осадков.* Максимальные суммы осадков заметно увеличились в теплый период года – с мая по октябрь по всей территории страны и наиболее значительно в южных и центральных районах. Средние месячные значения максимальных сумм осадков увеличились на 7–16 мм, за теплый сезон на 54–58 мм, что составляет 30 % от нормы. Величина положительных трендов составляет 10–13 мм за десятилетие на севере, 25–29 мм за десятилетие в южных районах. Рисунок иллюстрирует распределение разности максимальных суточных сумм осадков за различные периоды.



**Рисунок – Карта распределения разности максимальных суточных осадков, осредненных за периоды 1958–1987 и 1988-2017 гг.**

*Продолжительность осадков.* В большинстве месяцев продолжительность выпадения осадков уменьшается по всей территории Беларуси. При этом на севере страны продолжительность выпадения осадков практически не изменилась. Наиболее заметное уменьшение отмечается в центральных (на 130 часов в год) и южных (на 109 часов в год) районах. Зимой уменьшение более выражено, продолжительность выпадения осадков сократилась на 103 часа в центральных районах и на 85 часов в южных, в летний период изменение составило 24–26 часов. Величина отрицательных трендов в центральных и южных районах страны составляет 5–7 часов за десятилетие.

*Продолжительность твердых, жидких и смешанных осадков.* Продолжительность жидких осадков увеличилась в зимний сезон, наибольшее изменение произошло на севере страны и составило 101 час за период потепления. В центральных и южных районах увеличение составило 42–44 часа.

Продолжительность выпадения твердых осадков в холодный период года сократилась на 11–26 часов в месяц на севере страны, на 17–47 часов в центре и на 11–41 час в южных районах страны, наиболее заметное изменение характерно для января – величина отрицательного тренда составляет около 20 часов за десятилетие.

Продолжительность смешанных осадков практически не изменилась за период потепления.

**Выводы.** Проведенное исследование показало, что в период потепления режим увлажнения территории Беларуси изменился. Изменения слабо выражены в годовых суммах осадков, которые варьируют в пределах климатической нормы. Наиболее значимо изменения проявляются во внутригодовом разрезе: в зимний период отмечается увеличение месячных сумм осадков за счет увеличения продолжительности жидких осадков на фоне снижения продолжительности выпадения твердых осадков. В летний сезон отмечается увеличение месячных сумм осадков в июле и усиление экстремальности осадков, которая выражается в сокращении продолжительности выпадения осадков и одновременном росте максимальных сумм осадков в центральных и южных районах страны.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логинов, В. Ф. Климатические исследования в институте / В. Ф. Логинов // Природопользование. – 2012. – Вып. 22. – С. 123–140.
2. Мельник, В. И. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период 1989–2015 гг. / В. И. Мельник, И. С. Данилович, И. Ю. Кулешова // Природ. ресурсы – 2018. – Вып. 2. – С. 88–101.
3. Оценка влияния урбанизации и мелиорации на климатические, водные, земельные и лесные ресурсы Беларуси. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период потепления. Выбор критериев агроклиматического районирования : отчет о НИР (заключ.) / Белгидромет. – Минск, 2016. – 103 с. – № ГР 20163200.
4. Bordi, I. Observed drought and wetness trends in Europe: an update / I. Bordi, K. Fraedrich, A. Sutera // Hydrol Earth SystSci. – 2009. – № 13. – P. 1519–1530.
5. Winter cyclone frequency and following freshet streamflow formation on the rivers in Belarus / I. Partasenok [et al.] // Environ. Res. Lett. – 2014. – № 9. – 13 p.
6. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin / BACC Author Team. – Springer International Publishing, 2015. – 501 p.

УДК 502.175:502.3

**С. В. КАКАРЕКА, С. В. САЛИВОНЧИК**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси  
E-mail: sk001@yandex.ru

#### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОЦЕНОК АЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

Точные данные о выбросах с учетом их пространственной и временной неоднородности необходимы для моделирования переноса и рассеяния загрязняющих веществ, в том числе аэрозолей, оценки воздействий, разработки мер по уменьшению неблагоприятных последствий загрязнения атмосферного воздуха, а также при разработке дисперсионных и климатических моделей. В связи с этим в рамках ряда международных проектов выполняются работы по совершенствованию методической и информационной базы инвентаризации выбросов высокого пространственного и временного разрешения [1–3].

При проведении пространственно распределенных инвентаризаций выбросов значительное внимание уделяется точности описания их пространственной структуры. Единый подход к получению таких оценок отсутствует. Применяемая методология зависит от характера источников, оцениваемого вещества и требуемого разрешения.

Поскольку данные о выбросах конкретных источников зачастую отсутствуют либо неполны, инвентаризации разного уровня выполняются по принципу «сверху вниз», когда выбросы оцениваются по категориям источников в пределах региона или страны. Пространственную картину выбросов получают, используя те или иные «прокси» – шаблоны, описывающие распределение источников, с которыми коррелируют выбросы [4].

Необходимый прокси определяется на основании природы источника. Чаще всего они используются для распределения выбросов площадных источников, характерных для сельского хозяйства, бытового сектора и биогенных выбросов. Такие прокси часто формируются на основе карт и баз данных плотности населения, поголовья скота, внесения удобрений, типов землепользования, лесных пожаров и т. д. Для распределения выбросов линейных источников используют карты дорожной сети, морских путей, маршрутов воздушных судов в сочетании с информацией об интенсивности потоков [2; 5; 6]. Прокси могут быть как годовыми, так и иметь более высокое временное разрешение, что особенно актуально для таких динамичных процессов, как лесные пожары [5].

Примерами прокси могут служить базы данных инвентаризации различных источников выбросов [1]. Некоторые из них, имеющие пространственное разрешение  $0,5^\circ$ , представлены в таблице.

Таблица – Базы данных, используемые при подготовке пространственно распределенных выбросов (глобальные и региональные инвентаризации) [1]

Наименование	Период	Временное разрешение	Категория	Разработчик
UMD	1992	–	земельный покров	Ун-т Мэриленда
CLM3	1999	–	земельный покров	NCAR
GLC2000	2000	–	земельный покров	JRC
WFA	1995–2003	Суточное	число пожаров	ESA
GBA2000	2000	Месячное	выгоревшая площадь	JRC
Geoland2_BAv1_Africa	1999–2012	10-летнее	выгоревшая площадь	Gejland
GPW3_Population	1990–2015	5-летнее	население	CIESIN, NASA, SEDAC

Задачей настоящей работы является получение прокси распределения выбросов взвешенных частиц (ВЧ) от площадных источников с разрешением  $0,1 \times 0,1^\circ$ .

Принимаются во внимание площадные антропогенные источники ВЧ, на основе которых рассматривается получение следующих прокси-файлов для сетки  $0,1^\circ$ : 1) распределения пахотных земель, характеризующего выбросы от вспашки, внесения навоза, внедорожных сельхозисточников; 2) распределения пастбищ, описывающего выбросы от выпаса и обработки почвы; 3) распределения городов / населенных пунктов.

Исходной информацией для получения этих распределений являются карты почвенного покрова и населенных пунктов Беларуси. Площади пахотных земель и пастбищных угодий получены на основании оцифрованной карты растительности Беларуси 1 : 1 250 000 [7]. Легенда исходной карты включает две категории растительности лугов и шесть категорий пахотных земель. Упрощенно к выпасам отнесены площади под лугами (№ 26 и 27 легенды карты), а к сельскохозяйственным угодьям – пахотные земли (№ 28–33 легенды карты).

Прокси распределения пахотных земель и пастбищ получены наложением сетки  $0,1 \times 0,1^\circ$ ; расчетом площадей соответствующих категорий земель, расположенных в каждой ячейке сети, а затем определением их доли от общей площади соответствующей категории земель, каждая из которых принята 1.

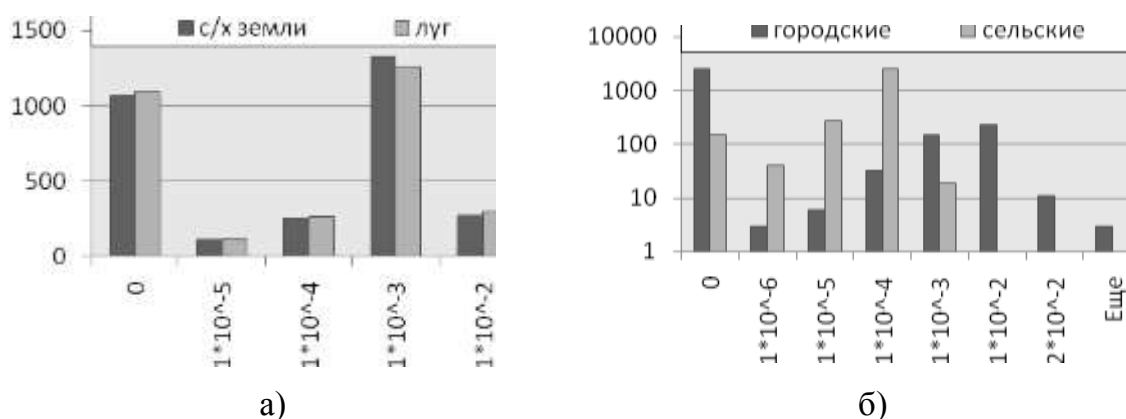
Для прокси распределения городов и прочих населенных пунктов Беларуси использованы цифровые карты с ресурса OpenStreetMap [8]. Распределение площадей сельских населенных пунктов получено наложением сетки  $0,1 \times 0,1^\circ$ ; расчетом суммарных площадей сельских поселений в целом по стране и по каждой ячейке. Прокси распределения площадей городов Беларуси рассчитано в двух версиях – суммарно для городских земель и отдельно по каждому городу. В первом случае по сетке распределялась суммарная площадь всех городов Беларуси, во втором – площадь каждого города в отдельности. Использование того или другого прокси определяется характером исходной статистической информации по выбросам аэрозолей. Первый полезен в случае, когда данные не дифференцированы по населенным пунктам, второй – когда они представлены в разрезе городов.

Гистограммы распределения площадей сельскохозяйственных земель и лугов в Беларуси имеют значительное сходство (рисунок 1а). Выделяется соответственно 36 и 35 % ячеек сети, в которых данные типы угодий не представлены вовсе. В остальных доля их составляет для сельскохозяйственных земель от  $1,1 \times 10^{-9}$  до  $1,2 \times 10^{-3}$ , для лугов – от  $5,6 \times 10^{-9}$  до  $1,4 \times 10^{-3}$ .

Чаще всего встречаются ячейки сети, в которых доли площади сельскохозяйственных земель и луговых угодий составляют около 0,1 % от общей площади соответствующего типа угодья. Сельскохозяйственные земли занимают большие доли в ячейках в пределах Могилевской и Минской областей, а луговые угодья – на территории Брестской и Гродненской областей. В сумме площадь городских земель в некоторых ячейках сети может достигать 54 %, а площадь сельских населенных пунктов – до 22 %.

Гистограммы распределения населенных пунктов разного типа имеют значительные отличия (рисунок 1б). Сельские поселения более равномерно распределены по территории страны. Выделяется всего 5 % ячеек сети, где они

отсутствуют. Городские земли не представлены в 85 % всех ячеек. При этом доля площадей городских поселений более широко варьирует по ячейкам сети, чем доля площадей сельских населенных пунктов. Они составляют соответственно от  $7,5 \times 10^{-8}$  до  $2,3 \times 10^{-2}$  и от  $2,6 \times 10^{-9}$  до  $1,3 \times 10^{-3}$ . Чаше всего встречаются ячейки сети, в которых городские территории составляют около 1 %, а доля сельских населенных пунктов – 0,01 % от общей площади соответствующего типа населенных пунктов.



**Рисунок – Гистограммы распределения площадей по ячейкам сети  $0,1 \times 0,1^\circ$  от общей площади соответствующей категории в Беларуси:**

- а) сельскохозяйственных земель и луговых угодий,  
б) сельских и городских населенных пунктов

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта «Ф18ЕА-011».*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global Emission Initiative [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.geiacenter.org/>. – Date of access: 25.09.2016.
2. Description of current temporal emission patterns and sensitivity of predicted AQ for temporal emission patterns / D. van der Gon H. [et al.]. – Utrecht : TNO, 2011.
3. Houyoux, M. Sparse Matrix Operator Kernel Emissions (SMOKE). v. 3.7 : User's Manual / M. Houyoux, J. Vukovich, J. Brandmeyer. – University of North Carolina at Chapel, 2015.
4. Friedrich, R. Emissions of air pollutants: measurements, calculations and uncertainties / R. Friedrich ; ed. S. Reis. – Springer Science & Business Media, 2013.
5. Éclaire-Effects of Climate Change on Air Pollution Impacts and Response Strategies for European Ecosystems : second periodic report 01/04/2013 to 30/09/2014 / M. Sutton [et al.]. – 2015.
6. Какарека, С. В. Оценка выбросов загрязняющих веществ от дорожных передвижных источников с использованием модели COPERT IV / С. В. Какарека, О. Ю. Круковская // Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера. – 2013. – № 1 (январь – март). – С. 35–40.
7. Карта «Расліннасць» // Национальный атлас Беларуси / под общ. ред. М. В. Мясниковича. – Минск, 2002. – С. 114–115.
8. Planet OSM [Electronic Resource]. – Mode of access: <https://planet.openstreetmap.org/>. – Date of access: 05.02.2016.

УДК 504.054

**A. V. KILESO<sup>1</sup>, E. E. ESIUKOVA<sup>1</sup>, V. S. PINCHUK<sup>2</sup>,  
B. V. CHUBARENKO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Russia, Moscow, Russian Academy of Sciences, Shirshov Institute of Oceanology

<sup>2</sup>Russia, Kaliningrad, Immanuel Kant Baltic Federal University

E-mail: aleksandr.kiles0@gmail.com; chuboris@mail.ru

**TRACES OF THE TRANSBOUNDARY POLLUTION  
OF THE SHORE OF THE SOUTHEASTERN BALTIC  
BY THE DEBRIS OF GEOSYNTHETIC MATERIALS**

Geosynthetic materials such as geotextiles, geogrids, geocells etc. are widely used in the coastal protection constructions at the shore of Kaliningrad Oblast (South-eastern Baltic) [1]. These materials are continuously interacting with seawater, degrade and become a new source of plastic pollution on the beaches. The first monitoring of the entire shore of the Kaliningrad Oblast in 2018 showed its strong contamination with debris of geosynthetic material. The integral assessment of the sizes of debris of geotextile objects were more than 190 m<sup>2</sup>; the integral length of the degraded plastic coating for gabions were about 100 m.

The main purpose of the present study is to analyze the possibility of the trans-boundary pollution of the shores of the Poland and Lithuania by the debris of the geosynthetic material released from deformed or destroyed coastal protection structures of the Kaliningrad Oblast.

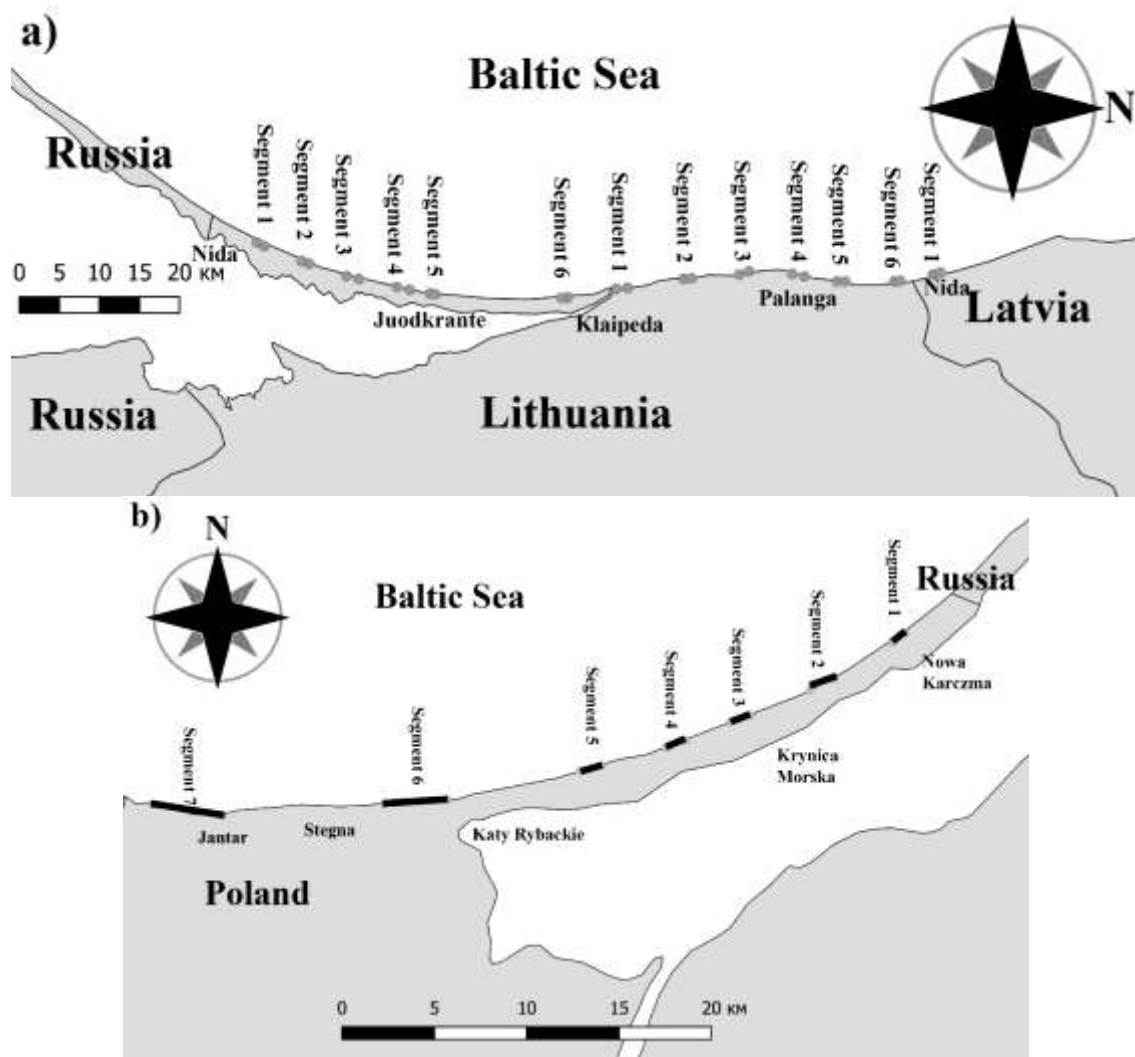
Test field surveys at the Polish and Lithuanian coasts adjacent to Kaliningrad Oblast were made in May-June 2019. There were twelve test 1-km segments at the Lithuanian part of the shore of the Southeastern Baltic (figure a): six 1-km segments on the Lithuanian part of the Curonian Spit (spit sector) and six segments on the mainland to the north towards Latvian-Lithuanian border (mainland sector). Seven test segments of various length were defined at the Polish part of the neighboring shore – five segments on the Polish part of the Vistula Spit and two segments between Vistula river mouth and the core of the Vistula spit (figure b). The method of continuous visual scanning [1] was used.

On the Lithuanian part of the shore the debris of the geosynthetic materials such as geotextiles and coating from gabions, were found at segments 1–5 (Curonian Spit sector) and segments 1, 3, 4 (at the mainland sector). On the Polish part the only degraded plastic coating from gabions were found at segments 6 and 7 near the mouth of the Vistula River.

The primary analysis showed that distribution of the debris of geosynthetic material along the shore of the Southeastern Baltic correlates well with the accepted model of the alongshore sediment transport during the strongest winds for the northern shore of the Kaliningrad Oblast. Debris of geosynthetic material can be transported along the shore from the deformed or destroyed coastal protection structures at the Kaliningrad Oblast to the north till Palanga (Lithuania).

In addition, several pieces of degraded plastic coating from gabions were found on the Russian part of the Vistula Spit. Once there are no gabions at the western shore

of the Sambian Peninsula (Kaliningrad Oblast), the only gabions which are built on the Hel Spit (Poland) may be the source of these degraded plastic coating.



**Figure – Position of the monitoring segments on the Lithuanian (a) and Polish (b) shores**

The result of executed test survey proves the traces of the transboundary pollution of the shore of the southeastern Baltic by the debris of geosynthetic materials. The plastic coating from gabions were used as indicator of this pollution.

*The study was supported by RFBR 18-55-76002 ERA\_a grant within the ERANET-Rus joint project EI-GEO.*

#### REFERENCES

1. Esiukova, E. Debris of geosynthetic materials on the shore of South-Eastern Baltic (Kaliningrad Oblast, Russian Federation) [Electronic resource] / E. Esiukova, B. Chubarenko, F.-G. Simon // Proc. of 7th IEEE/OES Baltic Symposium "Clean and Safe Baltic Sea and Energy Security for the Baltic countries", Klaipėda, Lithuania, 12–15 June 2018 // IEEE Xplore Digital Library, 2018. – P. 1–6. – Mode of access: <https://doi.org/10.1109/BALTIC.2018.8634842>.



УДК 502.3:504.5:685.31:675

**Ю. Г. КОКОШ, А. В. КРЫЛОВИЧ, А. В. МАЛЬЧИХИНА**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: ltrpoll@tut.by; y-kokosh@mail.ru; anna.machihina@gmail.com

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБУВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ**

Одной из важных проблем является загрязнение атмосферного воздуха летучими органическими соединениями (ЛОС). Особое внимание к данной категории загрязнителей обусловлено в первую очередь доказанным эпидемиологическими исследованиями негативным эффектом. Некоторые ЛОС обладают токсичными, мутагенными и канцерогенными свойствами и при значительных концентрациях оказывают неблагоприятное воздействие на живую природу и человека [1]. Меры, предпринятые в отношении снижения поступления ЛОС в атмосферный воздух, направлены также на регулирование образования приземного озона, который оказывает токсическое воздействие на культурные растения и природную растительность.

Основные задачи, решаемые в рамках исследования, – анализ международного опыта оценки и нормирования выбросов ЛОС в легкой промышленности и текущих изменений законодательства Беларуси в данном направлении, оценка основных источников и уровней выбросов ЛОС и возможные варианты их сокращения.

Предприятиями легкой промышленности Беларуси в 2017 г. выброшено 3,6 тыс. т загрязняющих веществ, из них 0,9 тыс. т – выбросы ЛОС. В суммарном объеме выбросов загрязняющих веществ от легкой промышленности доля выбросов ЛОС за 2000–2017 гг. изменялась в пределах от 12,4 до 32,9 % и в 2017 г. составляла около 24 %. Доля ЛОС для кожевенно-обувного производства составляет 87 %. Анализ источников и уровней выбросов ЛОС на предприятиях подсектора показал, что более 95 % выбросов ЛОС приходится на предприятия по производству обуви. В структуре выбрасываемых обувными предприятиями ЛОС (2014 г.) преобладают ацетон, углеводороды непредельные алифатического ряда, этилацетат и углеводороды предельные алифатического ряда  $C_1-C_{10}$ , суммарный вклад которых в выбросы ЛОС составил 79 %.

В 2017 г. в Беларуси было произведено 10,7 млн пар обуви [2]. Самые крупные предприятия обувной промышленности объединены в холдинги и входят в состав концерна «Беллегпром». Это холдинги «Обувь-Луч» и «Марко», отдельные предприятия – ОАО «Труд», ОАО «Лидская обувная фабрика», СООО «Белвест» и др. Выбросы ЛОС на отдельных предприятиях обувной промышленности Беларуси варьируют от 5,0 до 65,0 т.

Регулирование выбросов ЛОС в Беларуси осуществляется в настоящее время путем установки индивидуальных норм выбросов для каждого загряз-

няющего вещества и источника (г/с, т/год). В международной практике используются другие подходы в части установления норм выбросов ЛОС в целом для отдельных категорий источников: предельные значения норм выбросов для стационарных организованных источников выбросов (ПЗВ<sub>о</sub>), предельные значения норм выбросов для неорганизованных источников выбросов (ПЗВ<sub>н</sub>) и общее предельное значение норм выбросов (общее ПЗВ), которое включает в себя выбросы от неорганизованных и организованных источников выбросов суммарно [3]. Отечественные подходы к нормированию ЛОС в настоящее время пересматриваются в соответствии с международным опытом. Утвержденные в 2017 г. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 устанавливают нормы выбросов для процессов нанесения клейких покрытий (производство обуви) в формате, предусмотренном Гетеборгским протоколом. Норма 25 г/пару обуви (общее ПЗВ) указана в качестве порогового значения как в ЭкоНиП 17.01.06-001-2017, так и в Гетеборгском протоколе [4].

Для сборочных производств обувных предприятий характерно широкое использование клеевых методов соединения деталей (заготовок) обуви с применением разнообразных механизмов, но с отсутствием закрытых автоматических линий. Сборочные операции осуществляются на рабочих местах (столах, линиях и т. д.) в пределах участков (пошивочных и других цехов) с общеобменной вентиляцией. Такие особенности обувного производства обуславливают отсутствие в их составе крупных единичных источников выделения и выбросов ЛОС; в качестве источников выбросов обычно рассматривается цех или участок в целом, на площади которого размещается значительное количество единиц оборудования, которые могут рассматриваться как источники (точки) выделения ЛОС. В связи с этим в перечне оборудования того или иного предприятия указать собственно источники выделения ЛОС можно лишь достаточно условно. При производстве обуви выделение ЛОС связано с приготовлением и нанесением клеев, сушкой деталей, окрашиванием, аппретированием и другими технологическими операциями.

Оценка соответствия фактических выбросов установленным нормативам допустимых выбросов в отношении обувных производств может осуществляться расчетным методом на основе информации об общегодовом объеме потребляемых растворителей и плана регулирования использования растворителей – при установлении в разрешении на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух или комплексном природоохранном разрешении нормативов допустимых выбросов через общее ПЗВ. При составлении плана регулирования использования растворителей следует руководствоваться международными рекомендациями, принятыми в рамках реализации Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

В Беларуси на предприятиях по производству обуви среди применяемых сырьевых материалов преобладают клеи и клеящие составы, на долю которых приходится от 62,7 до 94,2 % общего их количества. В наибольших количествах применяют полиуретановые (Луч ПУ, Poligrip, SAR-306, на основе десмоколла 530), полихлорпреновые (Луч ПХК, Uniflex 640, Keck Pren 809, Supercolla 1-15, ЛНТ) и резиновые клеи. Потребление растворителей на некоторых предприятиях

обувной промышленности достигает 28,3 % (в основном используется этилацетат, бутилацетат и ацетон). Доля используемых лаков и красок на некоторых предприятиях отрасли составляет 4,5 %. Их применение в основном связано с заделкой незначительных дефектов на коже и готовой продукции. Среди прочих органических материалов, обладающих летучестью, на предприятиях применяются отвердители (Polidur PU), увлажнители (DC 4501, Bravopell 42920), очистители (Cleaner EVA, Cleaner 508, Cleaner 511, Cleaner 42918, 9791/1), крема (Sirio, Флореаль, Sip LX), смазки (Chem Trend PU 3618 M, Gorapur LS 1041), праймеры (EVA Primer E), аппретура (3605/3 CR). Их потребление в сумме может достигать 9,4 % от общего количества материалов.

На основании величин валовых выбросов ЛОС от предприятий обувной промышленности, объемов производимой продукции (пар обуви) и применяемых растворителей рассчитаны удельные выбросы ЛОС на единицу продукции (пару обуви). Данные показатели можно сравнивать с нормами ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 для производства обуви. Среднее значение удельного выброса ЛОС для обувных предприятий Беларуси составило 53,9 г/пару. По предприятиям удельный выброс ЛОС варьирует от 28,4 до 105,7 г/пару. Для большинства обувных предприятий указанный в ЭкоНиП норматив превышен более чем в 2 раза. Таким образом, на всех предприятиях, подпадающих под действие норм Гетеборгского протокола (порог использования растворителей – 5 т), нормы выбросов существенно превышаются.

Сокращения выбросов ЛОС можно добиться как за счет превентивных мероприятий, так и путем установки газоочистного оборудования, которое в настоящее время на предприятиях по производству обуви не применяется. Анализ международного опыта и учет современной ситуации на предприятиях по производству обуви в Беларуси (состояния оборудования, применяемых технологий, используемых ЛКМ, удельных выбросов ЛОС на пару обуви и других факторов) позволил выделить перечень первоочередных мероприятий по снижению выбросов ЛОС. Среди них наиболее перспективными являются: совершенствование технологий для снижения расхода применяемых в производстве клеевых и лакокрасочных материалов; переход на использование клеев, красок и растворителей с низким содержанием ЛОС либо полная их замена; внедрение плана регулирования использования растворителей [5].

Анализ источников и уровней выбросов ЛОС на предприятиях по производству обуви показал, что в настоящее время практически на всех предприятиях, подпадающих под действие норм ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 (порог использования растворителей – 5 т), нормы выбросов превышаются. Внедрение и выполнение мероприятий по сокращению выбросов ЛОС на предприятиях должно позволить довести выбросы ЛОС до норм Гетеборгского протокола и ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 и обеспечить нормативы качества атмосферного воздуха в зоне воздействия предприятий. Однако следует отметить, что текущее экономическое положение большинства предприятий по производству обуви и степень их модернизации не позволят достигнуть этих норм в короткие сроки, потребуется период адаптации и модернизации технологических процессов ряда предприятий.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Finlayson-Pitts, B. Volatile Organic Compounds: Ozone formation, alternative fuels and toxics / B. Finlayson-Pitts, J. N. Pitts Jr. // Chem. Ind. – 1993. – Vol. 20. – P. 796–800.
2. Промышленность Республики Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2018. – 248 с.
3. Протокол о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном 1999 года к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния с поправками, внесенными в него 4 мая 2012 г. – ООН, 2013. – 117 с.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности : ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 : утв. постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 08.07.2017 г. № 5-Т. – Введ. 01.10.2017. – Минск : Минприроды, 2017.
5. Протокол об ограничении выбросов летучих органических соединений или их трансграничных потоков к Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71521846/#ixzz5S6obyusF>. – Дата доступа: 18.06.2018.

УДК 502.3

**М. А. КУДРЕВИЧ**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси  
E-mail: kudrevich.mary.1991@gmail.com

**ОЦЕНКА ИЗМЕРЕНИЙ ВЕЛИЧИНЫ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ МЕТОДОМ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Исследование и оценка химического состава атмосферных осадков имеет большое значение для понимания того, каким образом загрязнители атмосферы являются одной из причин таких экологических проблем, как подкисление пресных вод и эвтрофикация экосистем, сокращение биоразнообразия, загрязнение атмосферного воздуха и глобальное изменение климата.

Глобальная оценка химического состава атмосферных осадков проводится под руководством научно-консультативной группы программы Глобальной службы атмосферы (ГСА) Всемирной метеорологической организации.

Программа ГСА организует исследования и координирует глобальный мониторинг аэрозолей, озона, парниковых газов, ультрафиолетового излучения, отдельных химически активных газов и химического состава атмосферных осадков.

Программа ГСА обеспечивает надежные долгосрочные наблюдения за химическим составом атмосферы и связанными с ней параметрами для оценки изменчивости, закономерностей и тенденций в глобальном и региональном масштабе, а также для улучшения понимания биогеохимических циклов основных соединений в атмосфере и формирования экологической политики [1; 2].

Более 80 химических лабораторий по всему миру два раза в год участвуют в лабораторных сличительных (сравнительных) испытаниях, проводимых Центром обеспечения качества и научной деятельности ГСА (GAW QA-SAC-Americas).

Данные межлабораторные сравнительные испытания предназначены для оценки работы лабораторий по показателям качества полученных результатов определения концентрации основных ионов, обычно присутствующих в атмосферных осадках. В рамках исследования лабораториям направляют на анализ модельные образцы дождевых атмосферных осадков, содержащие известные концентрации ионов. GAW QA-SAC-Americas выполняет статистический анализ полученных результатов и разрабатывает рекомендации для повышения эффективности и оценки точности измерений [2].

Участие в данных программах может применяться для:

- независимой и объективной характеристики качества работы лаборатории;
- обеспечения качества проводимых испытаний и измерений;
- подтверждения компетентности лаборатории и достоверности выдаваемых ей результатов;
- получения информации о необходимости принятия предупреждающих/корректирующих мер;
- повышения качества результатов испытаний и измерений [3].

**Материалы и методика.** За период 2001–2018 гг. принято участие в 31 программе межлабораторных сравнительных исследований, которые были проведены GAW QA/SAC-Americas Всемирной метеорологической организации.

Контрольные пробы представляли собой три модельных образца дождевых осадков с концентрациями определяемых показателей, характерными для атмосферных осадков по всему миру. Каждый образец является слабокислым разбавленным раствором и запечатан в емкость из полиэтилена высокой плотности объемом 250 мл.

В качестве статистики функционирования использовался количественный показатель  $z$ , который вычисляется по формуле

$$z = \frac{x - X}{\sigma},$$

где  $x$  – результат, заявленный участником;  $X$  – приписанное значение;  $\hat{\sigma}$  – стандартное отклонение.

Рассчитанные значения показателя  $z$  сравниваются следующим образом:

- $|z| \leq 2,0$  указывает на «удовлетворительную» характеристику функционирования и не требует принятия мер;
- $2,0 < |z| < 3,0$  указывает на «сомнительную» характеристику функционирования и требует принятия предупреждающих мер;
- $|z| \geq 3,0$  указывает на «неудовлетворительную» характеристику функционирования и требует принятия корректирующих и/или предупреждающих мер.

Исследование контрольных образцов включало в себя определение водородного показателя (рН) потенциметрическим методом, который предназначен для определения содержания ионов водорода в широком диапазоне рН (от 0 до 14) и температур (от 0 до 100 С).

В пробах атмосферных осадков разница между действительной концентрацией и активностью ионов водорода, измеренной на рН-метре, не превышает

0,02 единиц рН. По результатам метрологического исследования, при определении рН в пробах атмосферных осадков в диапазоне 2–10 суммарная погрешность не превышает  $\pm 10\%$  [4]. Водородный показатель атмосферных осадков может изменяться в пределах от 3,0 до 7,5 единиц рН, но возможны как более низкие, так и более высокие значения.

В период с 2001-го по 2018 г. проведено измерение водородного показателя в 93 исследуемых образцах атмосферных осадков, предоставленных в рамках программы межлабораторных сличительных испытаний. Количество лабораторий, которые принимали участия в ежегодных программах межлабораторных испытаний и проводили измерения водородного показателя, изменялось и находилось в пределах от 61 до 78.

**Результаты и обсуждение.** Анализ и оценка полученных результатов измерений и приписанных значений для каждого образца представлены в таблице.

Таблица – Значения показателя  $z$ , полученные в ходе исследований

Значение показателя $z$	Количество исследуемых образцов	Выводы	Примечание
$ z  \leq 2,0$	63	Результаты признаются удовлетворительными.	–
$2,0 <  z  < 3,0$	8	Предупреждающая граница превышена; результаты признаются сомнительными.	Отклонение между полученными результатами и приписанным значением составляет не более 5 %; требуется принятие предупреждающих мер.
$ z  \geq 3,0$	22	Превышена граница действия; результаты неудовлетворительные.	Требуется принятие корректирующих мер.

Необходимо добавить, что только в двух исследуемых образцах отклонение между полученными результатами и приписанным значением превысило суммарную погрешность метода.

Опыт межлабораторных сличительных испытаний показал, что получение достоверных результатов измерения рН в атмосферных осадках может вызвать затруднение из-за низкой ионной силы представленных образцов. В некоторых случаях в растворах с низкой ионной силой могут регистрироваться ошибочные значения рН, несмотря на то, что полученные значения буферных растворов совпадают с приписанными [5]. Биологическая активность также является одним из факторов изменения химического состава образцов, поэтому их необходимо хранить в холодильнике вплоть до момента анализа, когда температура проб должна быть близка к комнатной.

После анализа полученных результатов можно сформулировать ряд корректирующих мер, которые следует принимать во внимание при последующих измерениях водородного показателя в атмосферных осадках:

– исследуемые образцы хранить при температуре от 0 до 5 °С, измерение проводить в течение двух дней после того, как образцы поступили в лабораторию;

- для предотвращения влияния температуры рекомендуется использовать термокомпенсатор, а рекомендуемая температура образца должна быть 25 °С;
- электрод, используемый для измерения рН в атмосферных осадках, не должен быть использован при измерении более концентрированных растворов;
- по возможности использовать специальный электрод (электрод сравнения с диафрагмами), предназначенный для растворов с низкой ионной силой, для получения более достоверных результатов [2; 5].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. A global assessment of precipitation chemistry and deposition of sulfur, nitrogen, sea salt, base cations, organic acids, acidity and pH, and phosphorus / R. Vet [et al.] // Atmospheric Environment. – 2014. – Vol. 93. – P. 1–116.
2. Manual for the GAW precipitation chemistry programme [Electronic resource] // QA/SAC Americas. – Mode of access: [https://s3.us-east-2.amazonaws.com/envirovantage/GAW-PrecipChemManualNo160\\_Ammended15Oct2015.pdf](https://s3.us-east-2.amazonaws.com/envirovantage/GAW-PrecipChemManualNo160_Ammended15Oct2015.pdf). – Date of access: 25.04.2019.
3. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации : ГОСТ ISO/IEC 17043-2013. – Взамен ГОСТ ИСО/МЭК 43-1-2004, ГОСТ ИСО/МЭК 43-2-2004 ; введ. 01.01.2014. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 44 с.
4. Качество воды. Определение рН : СТБ ISO 10523-2009. – Введ. 26.10.2009. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 11 с.
5. pH by Combination pH Electrode and Meter [Electronic resource] // QA/SAC Americas. – Mode of access: <https://s3.us-east-2.amazonaws.com/envirovantage/pHGuideLines.pdf>. – Date of access: 04.03.2019.

УДК 502.3+504.31

**А. В. МАЛЬЧИХИНА, М. А. КУДРЕВИЧ**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: [anna.machihina@gmail.com](mailto:anna.machihina@gmail.com); [kudrevich.mary.1991@gmail.com](mailto:kudrevich.mary.1991@gmail.com)

#### **СОДЕРЖАНИЕ АММИАКА В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМПЛЕКСА ПО ВЫРАЩИВАНИЮ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Одним из эффектов влияния аммиака на окружающую среду является образование вторичного тонкодисперсного аэрозоля (ВЧ<sub>2,5</sub>), который образуется в результате реакции нейтрализации серной и азотной кислот. Сульфаты и нитраты аммония достаточно устойчивы и могут переноситься на значительные расстояния. Основным источником поступления аммиака в атмосферу являются животноводческие сельскохозяйственные предприятия, по этой причине в международном научном сообществе их исследованию уделяется много внимания уже несколько десятилетий. Изначально исследования были направлены на изучение содержания аммиака в рабочей зоне предприятия для определения потенциального воздействия на здоровье работников и животных. Следующий этап исследований – определение содержания аммиака в зоне воздействия предпри-

ятий. Движущей силой таких исследований стало осознание проблем воздействия аммиака на окружающую среду, а также необходимость более точной оценки такого воздействия. Третьим этапом исследований является определение методов снижения выбросов аммиака, а также оценка их эффективности. В этот же период необходимо проведение исследований по влиянию различных методов содержания животных на выбросы аммиака. Можно сказать, что в настоящее время Беларусь находится на втором этапе работ по изучению воздействия аммиака на окружающую среду и поиску методов снижения его выбросов. Существует нехватка данных о реальных выбросах аммиака от животноводческих ферм в реалиях нашей страны.

Содержание крупного рогатого скота (КРС) является одним из основных источников выбросов аммиака в атмосферный воздух в Беларуси. Доля этого источника в валовом поступлении данного соединения в атмосферу составляет 39,4 % [1]. При этом основной вклад в выбросы аммиака от скотоводства вносят небольшие фермы, которые обычно не рассматриваются при регулировании выбросов и проведении исследований по воздействию на окружающую среду. Трудность описания влияния предприятий по выращиванию КРС обусловлена рядом их параметров: использованием естественной вентиляции в теплое время года, преобладанием небольших ферм, сравнительно равномерным распределением по территории страны [1].

Мониторинг выбросов позволяет определить оптимальную стратегию снижения выбросов. Однако в Беларуси при проведении локального мониторинга уделяется внимание в основном крупным промышленным предприятиям, в то время как фермы остаются не задействованы в системе. Измерение содержания газообразных загрязняющих веществ в зоне воздействия сельскохозяйственных предприятий важно, т. к. такие предприятия оказывают влияние не только на здоровье работников, но и на близлежащие экосистемы.

**Эксперимент.** В качестве объекта исследования выбран комплекс по выращиванию КРС, расположенный в д. Вишневка Минского района. На предприятии используется технология с полным циклом производства, т. е. содержится КРС мясной породы разного возраста – от телят до бычков (общее поголовье на момент отбора проб около 770 голов). Навоз на предприятии удаляется вручную или с помощью трактора. Условия содержания животных различаются в зависимости от их возраста: телята содержатся на глубокой подстилке из сена, взрослые бычки – в боксах со щелевым полом. Удаление навоза происходит под пол. В теплое время года вентиляция естественная, часть окон открыта или снята.

Для определения содержания аммиака в атмосферном воздухе использован метод, основанный на улавливании аммиака из воздуха слабым раствором серной кислоты и его фотометрическом определении по индофенолу, образующемуся в результате взаимодействия аммония с гипохлоритом и фенолом в присутствии нитропрусида натрия. Отбор проб воздуха на определение аммиака осуществлялся аспирационным методом, путем прокачивания атмосферного воздуха через поглотительный раствор. Отбор пробы продолжался 20 минут, скорость отбора – 2 л/мин. Для уменьшения величины случайной ошибки одновременно отбирались две параллельные пробы воздуха, при анализе результатов



использовалось среднее арифметическое. Отбор проб проводился на высоте 60 см от уровня пола/земли.

Всего выполнено три серии отборов проб, различающихся по месту отбора: отбор проб воздуха рабочей зоны, отбор проб воздуха не территории предприятия, отбор проб воздуха в зоне воздействия предприятий.

В первом случае пробы отбирались внутри различных зданий (по центру и около дверных проемов), где содержались бычки разного возраста. Измерения проводились в дневное время (в первой половине дня), когда животные были более активны. На территории предприятия измерения проводились рядом с системой вентиляции, около входа в коровники, рядом с открытой площадкой временного хранения навоза и площадкой для выгула; за территорией предприятия – на разном удалении с подветренной и наветренной стороны. Работы выполнялись в летнее время в 2016–2018 гг. в первой половине дня. Для определения влияния комплекса на содержание аммиака в атмосферном воздухе выполнен отбор проб также на фоновых территориях (озеро Вяча и Лысая гора).

**Результаты.** В рабочей зоне отбор проб выполнен в трех типах зданий, различающихся по функциональности и методам содержания: где содержатся молодые телята на глубокой подстилке, где содержатся бычки без подстилки, где содержатся хромы бычки с подстилкой. Согласно полученным данным, среднее содержание аммиака внутри помещений составило  $1,01 \text{ мг/м}^3$  с максимальным значением  $2,51 \text{ мг/м}^3$ . Минимальная концентрация аммиака зафиксирована в сарае с телятами, где в качестве подстилки используют сено ( $0,02 \text{ мг/м}^3$ ). Максимальная концентрация зафиксирована в точке, расположенной в центре коровника, где содержатся бычки. Полученные данные согласуются с результатами работ, проведенных в Канаде, Германии, Польше, Франции, Эстонии и США, где содержание аммиака в воздухе рабочей зоны составляло до  $2,5 \text{ мг/м}^3$  [2–5].

На территории предприятия пробы отбирались между коровниками, рядом с вентиляционными отверстиями и возле площадки для выгула. Среднее значение содержания аммиака составило  $0,37 \text{ мг/м}^3$ , что сопоставимо с данными, полученными в других странах [6–8]. Максимальное значение концентрации аммиака на территории предприятия ( $0,9 \text{ мг/м}^3$ ) зафиксировано рядом с входом в коровник, где на момент отбора проб находилось 92 бычка; минимальное (менее  $0,05 \text{ мг/м}^3$ ) – около временно пустующих зданий, где хранится сено. Полученные значения ниже описанных в исследованиях, проведенных в Швеции и Хорватии [6–8], что может быть связано с разными методами определения, разными способами содержания, наличием систем принудительной вентиляции на предприятиях указанных стран.

За пределами предприятия отобрано 25 проб воздуха. Среднее содержание аммиака составило  $0,12 \text{ мг/м}^3$ . На расстоянии до 100 м концентрация аммиака составила  $0,12 \text{ мг/м}^3$ , 100–250 м –  $0,069 \text{ мг/м}^3$ , более 250 м –  $0,043 \text{ мг/м}^3$  (максимальное расстояние отбора проб – 340 м).

**Выводы.** Несмотря на признанную в мире актуальность проблемы поступления аммиака в атмосферный воздух от животноводческих комплексов, в Беларуси практически не проводятся исследования в данной области. Вместе с тем

среднее содержание аммиака в зоне воздействия небольшого комплекса (около 700 голов) на расстоянии до 300 м выше фонового в 12 раз.

Для более точной оценки необходимы дальнейшие исследования содержания аммиака в атмосферном воздухе в зоне влияния ферм, различных по мощности и методам ведения хозяйств. Такая информация может быть использована для определения необходимых методов по снижению выбросов аммиака, которые позволят получить данные для моделирования воздействия комплексов по откорму КРС.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Какарека, С. В. Аммиак в атмосферном воздухе: источники поступления, уровни содержания, регулирование / С. В. Какарека, А. В. Мальчихина. – Минск : Беларусь. наука, 2016. – 253 с.
2. Kaasik, A Concentrations of airborne particulate matter, ammonia and carbon dioxide in large scale uninsulated loose housing cowsheds in Estonia / A. Kaasik, M. Maasikmets // Biosystems engineering. – 2013. – Vol. 114. – P. 223–231.
3. Air quality in new free-stall dairy facilities / L. Zhao [et al.] // Fact sheet Agriculture and Natural Resources. – 2008. – 1 p.
4. Angrecka, S. The impact of natural ventilation on ammonia emissions from free stall barns / S. Angreska, P. Herbut // Pol. J. Environ. Stud. – 2014. – Vol. 23, № 6. – P. 2303–2307.
5. Seasonal and diel variations of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy building and the associated factors influencing emissions / S. K. Saha [et al.] // Science of the Total Environment. – 2014. – Vol. 53. – P. 468–469.
6. Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows / N. M. Ngwabie [et al.] // Atmospheric Environment. – 2011. – Vol. 45. – P. 6760–6768.
7. Ammonia from dairy barns as air contaminant / K. Matkovic [et al.] // ISAH. – 2005. – Vol. 2. – P. 287–289.
8. Multi-location measurements of greenhouse gases and emission rates of methane and ammonia from a naturally-ventilated barn for dairy cows / N. M. Ngwabie [et. al] // Biosystems engineering. – 2009. – Vol. 103. – P. 68–77.

УДК 551.583

**Ж. С. МУСТАФАЕВ, А. Т. КОЗЫКЕЕВА, А. М. КАМАЛИЕВ**

Казахстан, Алматы, Казахский национальный аграрный университет

E-mail: z-mustafa@rambler.ru

#### **ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА БАССЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ШУ**

Обеспечение водной безопасности в Центральной Азии, где возобновляемые водные ресурсы региона формируются в горных экосистемах Тянь-Шаня и Памира за счет таяния сезонного снежного покрова и ледников, выполняющих важные средообразующие или экологические функции, относится к глобальной

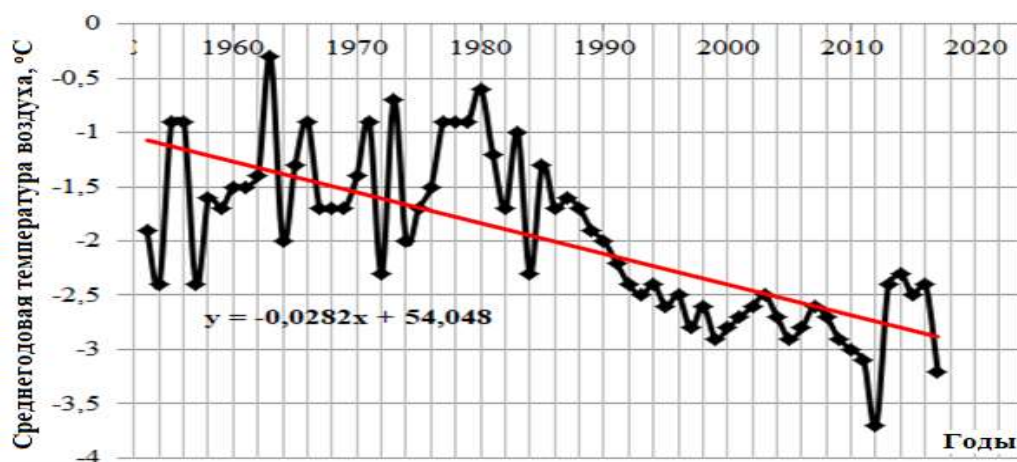
проблеме изменения климата, рассмотренной в Рамочной конвенции ООН об изменении климата, принятой на «Саммите Земли» в Рио-де-Жанейро в 1992 г., и является одной из важнейших задач в области исследования климата.

**Цель исследований** – анализ уровня наблюдаемых и ожидаемых климатических изменений в водосборе бассейна реки Шу для принятия эффективных действий по адаптации к климатическим изменениям.

**Объект исследований.** Река Шу – главная река северного Кыргызстана, берущая начало в ледниках Тескей-Ала-Тоо и Кыргызского хребта, образуется при слиянии рек Кочкор и Джуванарык. Общая площадь бассейна – 68 тыс. км<sup>2</sup>, 57 % этой территории приходится на Кыргызстан и 43 % – на Казахстан.

Для оценки изменения климата водосбора бассейна реки Шу использован катенарный подход, который предполагает геоморфологическую схематизацию ландшафтных катен водосбора речных бассейнов, характерных для зоны горного класса ландшафтов (элювиальная фация), предгорного подкласса ландшафтов (трансэлювиальная фация), предгорного равнинного подкласса ландшафтов (трансаккумулятивная фация) и равнинного класса ландшафтов (супераквильная и субаквильная фация) [1].

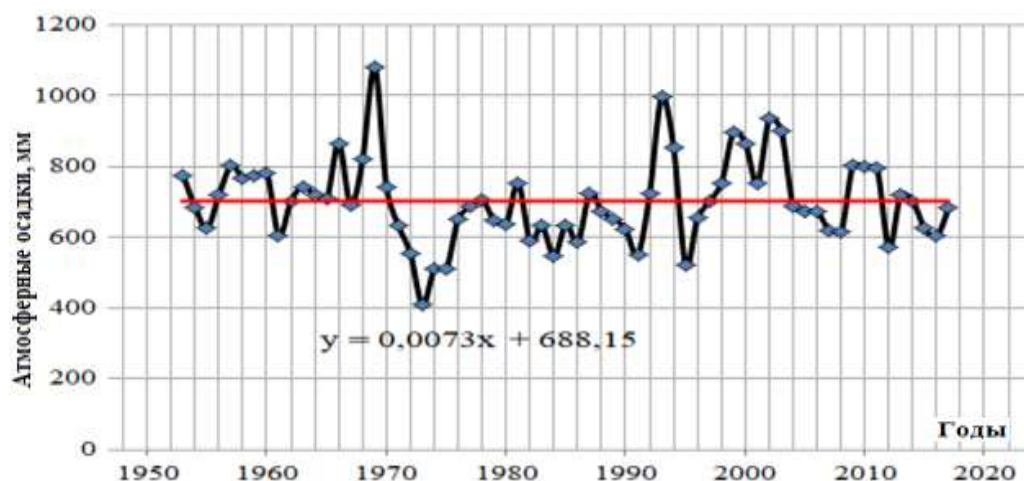
Для оценки изменения климата, т. е. климатического профиля водосбора бассейна реки Шу, использованы средние годовые температуры воздуха и атмосферные осадки метеорологической станции Тео-Ашуу, расположенной в горной (элювиальной) зоне, и Толе би, расположенной в равнинной (супераквальной) зоне на высоте 456 м Шуйской долины, за 1953–2017 гг., предоставленные Кыргызгидрометом (Кыргызская Республика) (рисунки 1–4) [2–4].



**Рисунок 1 – Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха горной (элювиальной) зоны водосбора бассейна реки Шу**

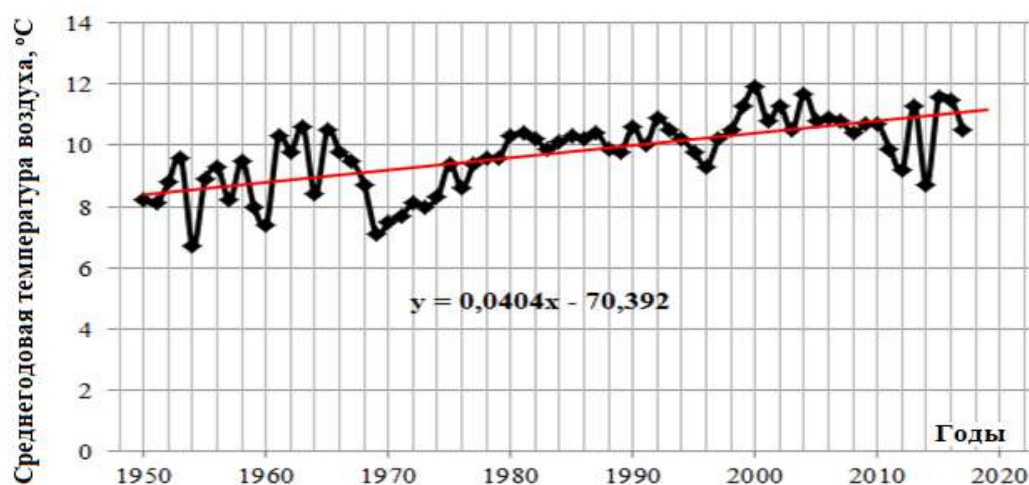
Как видно из рисунка 1, среднегодовую температуру воздуха горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу за рассматриваемый период, т. е. с 1953-го по 2017 г., можно разделить на два периода: в первый, 1953–1990 гг., амплитуда колебаний среднегодовой температуры повторяется через 5–6 лет, а во второй, 1991–2017 гг., наблюдается постоянное снижение величин, т. е. постепенное похолодание в регионе.

Тенденция изменения годовых атмосферных осадков горной (элювиальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу положительная (рисунок 2), т. е. построенный тренд атмосферных осадков показывает, что годовые суммы атмосферных осадков незначительно росли (0,3539 мм/год), но в 1970–1992 гг. рост значительно уменьшился (0,3252 мм/год), а в последние 16 лет наблюдается тенденция значительного увеличения атмосферных осадков (0,3673 мм/год), т. е. можно сказать, что сохраняется субаридный климат.



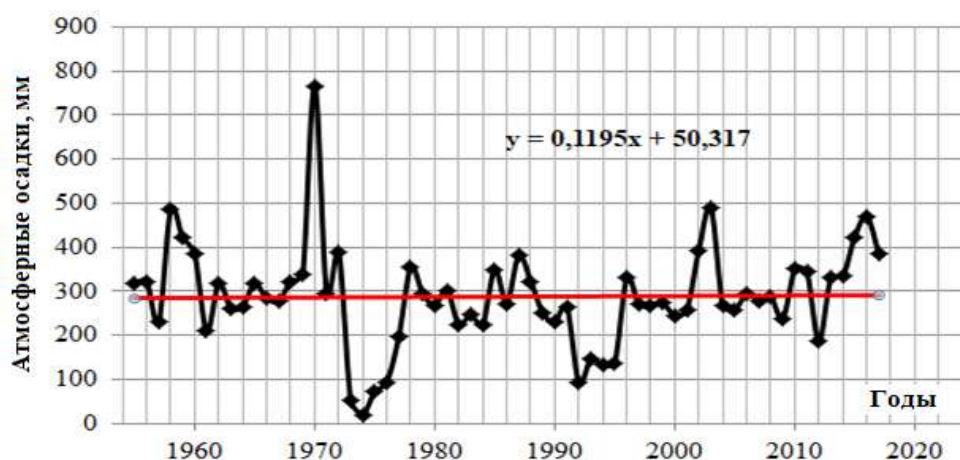
**Рисунок 2 – Тенденция изменения годовых атмосферных осадков горной (элювиальной) зоны водосбора бассейна реки Шу**

Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха равнинной (супераквальной) зоны формирования геостока водосбора бассейна реки Шу в период наблюдений (1950–2017 гг.) составила 6,7–11,6 °С, а в последние 37 лет, т. е. с 1980-го по 2017 г., – 9,3–11,6 °С (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Тенденция изменения среднегодовой температуры воздуха равнинной (супераквальной) зоны водосбора бассейна реки Шу**

Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны составляет 0,1448 мм/год (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Тенденция изменения годовых атмосферных осадков равнинной (супераквальной) зоны водосбора бассейна реки Шу**

Таким образом, современная тенденция изменения климата водосбора бассейна реки Шу показывает, что среднегодовая температура воздуха постепенно повышается, а годовое значение атмосферных осадков уменьшается, что в ближайшее время может усилить аридизацию климата региона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирейчева, Л. В. Комплексное обустройство реки Шу / Л. В. Кирейчева, А. Т. Козыкеева, С. Д. Даулетбай. – Saarbrucken, 2016. – 140 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 13: Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 18. КазССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – Кн. 2. – 656 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 13: Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 32. Киргизская ССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 589 с.
4. Климатический профиль Кыргызской Республики / Ш. Ильясов [и др.]. – Бишкек, 2013. – 99 с.

УДК 550.424.6

**В. И. РАДОМСКАЯ, Н. А. БОРОДИНА**

Россия, Благовещенск, Институт геологии и природопользования

Дальневосточного отделения РАН

E-mail: radomskaya@ascnet.ru; borodina53@yandex.ru

#### **АНАЛИЗ ПОДВИЖНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРИГРАНИЧНОГО ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА (ДАЛЬНИЙ ВОСТОК, РОССИЯ)**

Динамика загрязнения почвенного покрова городов недостаточно изучена, хотя в последнее время как в России, так и за рубежом активно ведется экологи-

геохимическое изучение почв городской агломерации. На сегодняшний день в основном исследуется загрязнение территорий крупных промышленных центров России. Дальневосточные же города со сравнительно низкой плотностью населения остаются вне зоны комплексного экологического исследования, хотя природные экосистемы Дальневосточного региона испытывают интенсивный антропогенный прессинг, обусловленный высокой пирогенной составляющей, а также трансграничным переносом поллютантов с территории соседнего Китая. Благовещенск – это единственный административный центр России, находящийся на государственной границе. Он расположен в пойме двух крупных рек – Амура и Зеи. Зона бассейна Среднего Амура – это огромный регион, охватывающий территории России и Китая. На экосистемы крупных водотоков крайне отрицательно влияет загрязнение промышленными, муниципальными и ливневыми стоками. Ситуацию усугубляют наводнения, периодически происходящие в бассейне Зеи и приводящие к частичному подтоплению Благовещенска. По многолетним наблюдениям, наводнения происходят один раз в четыре года, при этом один раз в 9–25 лет они принимают катастрофический характер. В результате этих процессов в воды Амура дополнительно попадают разнообразные загрязняющие вещества. Последнее наводнение в 2013 г. стало одним из самых сильных и продолжительных.

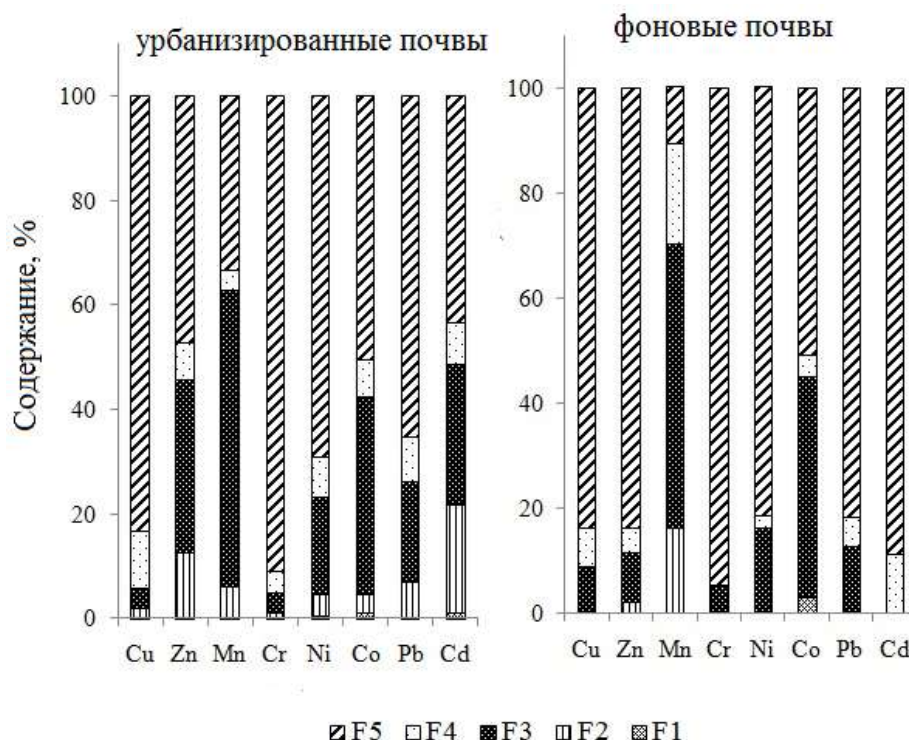
Цель данной работы – оценка степени подвижности тяжелых металлов в почвах Благовещенска на основе изучения фракционного состава соединений тяжелых металлов.

На территории Благовещенска было отобрано 34 почвенные пробы. Отбор почв производился из верхнего слоя 0–10 см. В качестве фона была выбрана территория заповедного урочища Мухинка, расположенная в 38 км северо-восточнее города, которая не подвергается техногенным и пылевым выбросам, характерным для города. Для выделения фракций тяжелых металлов (ТМ) с различной подвижностью использовали метод последовательной экстракции металлов из одной навески почвенной пробы различными реагентами. Мы выполняли последовательное химическое выщелачивание по модифицированной схеме Тессера, апробированной ранее [1]. Были выделены водорастворимая (F1), специфически сорбированная (F2) фракции, фракция металлов, связанных с оксидами и гидроксидами Fe и Mn (F3), органическая (F4) и остаточная (F5) фракции. Содержание химических элементов определяли методами атомно-абсорбционной спектроскопии. Рассчитывали фактор подвижности для каждого элемента по формуле:  $MF = ((F1 + F2) / C_{вал}) \times 100 \%$ , где F1 и F2 – концентрация элемента в водорастворимой и специфически сорбированной фракциях соответственно. Эти фракции считаются наиболее опасными, поскольку способны быстро переходить в почвенные растворы, грунтовые воды, а также включаться в миграцию по пищевым цепям. Свал – валовое содержание поллютанта.

По сравнению с фоновой территорией, почвы города характеризовались повышенными концентрациями ТМ. Валовая концентрация Cu варьировала в диапазоне от 10 до 72 мг/кг, что в 2,6 раза выше фонового содержания. Диапазон колебаний валовых концентраций Pb в почве Благовещенска варьировал от 19,5 до 311 мг/кг, превышая фоновый показатель 8,9 мг/кг в 2,2–35 раз. Средние

значения валовых содержаний Zn, Mn, Cr, Ni, Co, Cd превышали фон в 3,3, 7,8, 2,3, 1,6, 1,5, 5,1 раза соответственно. Высокие концентрации ТМ в городских почвах – результат их долгосрочного накопления, а специфика источников выбросов и состав поступающих в окружающую среду загрязняющих веществ привели к дифференциации уровней накопления ТМ в поверхностных слоях городских почв.

Результаты определения фракционного состава соединений ТМ в почве г. Благовещенска представлены на рисунке. Исследованные элементы различаются по характеру взаимодействия с почвой. Для Cu, Cr, Pb и Ni в городских почвах велика доля соединений, прочно связанных с почвенными компонентами. Это ТМ в составе остаточной фракции. Для Ni, Pb более характерно взаимодействие с минеральной частью почвы, чем с органическим веществом. Доля ТМ, связанных с органическим веществом, в почве города составила в среднем 8–9 % для Ni и Pb, для Cu разброс от 7 до 43 %. Доля Cr в составе фракций, связанных как с органическим веществом, так и с гидроксидами железа и марганца, практически одинакова – 4 %. Доля металлов, слабо связанных с почвенными компонентами (водорастворимая и специфически сорбированная фракции), для Cu и Cr низкая (1–2 %) и представлена в основном специфически сорбированными катионами. Для Ni, Co, Pb непрочные связанные с почвой фракции составили порядка 4–10 %, причем только небольшая часть этих металлов присутствует в водорастворимой форме.



**Рисунок – Фракционный состав соединений тяжелых металлов в почве г. Благовещенска (% от валового содержания)**

Zn закрепляется в почве достаточно прочно, взаимодействуя и с минеральными (33 %), и с органическими компонентами (7,3 %). Около 12 % Zn находится в непрочном поглощенном состоянии – в составе водорастворимой

и специфически сорбированной фракций. Следует отметить, что в урбаногемах Благовещенска около 50 % Co, как и Zn, приходится на остаточную фракцию. Однако Co в большей мере входит в состав органической фракции (38 %) и в меньшей – в состав специфически сорбированной фракции (3,5 %). Особенностью Cd является наибольшая доля специфически сорбированной фракции. В среднем около 22 % Cd входит в состав легкоподвижных соединений (водорастворимые, специфически сорбированные катионы). Доля Cd в составе остаточной фракции составляет в среднем 43 %, во фракции, связанной с гидроксидами железа и марганца, – 27 %. Mn в городских почвах находится в большей степени в гидроксидной (в среднем 57 %), остаточной (33 %) и специфически сорбированной (6 %) фракциях. Высокая доля гидроксидной и повышенная – специфически сорбированной фракций Zn, Cd и Mn, по-видимому, типичны для городских почв.

В ненарушенных буроземах (фон) все исследуемые ТМ, за исключением Mn, находились большей частью в инертных формах, основная масса которых, видимо, унаследована от почвообразующих пород. Особенностью почв г. Благовещенска по сравнению с фоном является высокая доля специфически сорбированных форм и органических соединений для всех элементов (за исключением Mn) и гидроксидной фракции Zn, Pb и Cd. Таким образом, закономерность распределения Cr, Pb, Ni и Co по фракциям в городских почвах имеет следующий вид: F5 > F3 > F4 > F2 > F1. Для Cu распределение по фракциям практически совпадает, только фракция Cu, связанная с органическим веществом, преобладает над фракцией, связанной с гидроксидами железа и марганца. Фракционное распределение Zn и Cd выстроилось в несколько иной ранжированный ряд: F5 > F3 > F2 > F4 > F1, а Mn концентрируется в основном во фракции, связанной с гидроксидами Fe и Mn, и остаточной.

Опасность загрязнения почв различными формами ТМ была оценена с помощью фактора подвижности (MF). Для оценки рисков включения ТМ в пищевые цепи, попадания в грунтовые воды их подвижность сравнивают со следующими уровнями: риск отсутствует – менее 1 %, низкий – 1–10 %, средний – 10–30 %, высокий – 30–50 %, очень высокий – более 50 %. В городских почвах по сравнению с фоновыми на 19 % увеличилась подвижность Zn, Cd, на 10 % – Pb, на 4 % – Ni и на 1–2 % – Cu, Co, Cr. Подвижность Mn уменьшилась на 9 %. Наибольшую опасность представляют Cd, Pb и Zn, поскольку их MF попадает в среднюю градацию риска включения металла в пищевые цепи и попадания в грунтовые воды, а следовательно, имеется риск загрязнения рек Амур и Зeya, особенно во время наводнения.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что ТМ городских почв в большинстве случаев являются более мобильными и более биодоступными, чем ТМ почв фоновых территорий, которые в основном входят в кристаллические решетки почвообразующих минералов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. The first experience of studying the fraction distribution of heavy metals in sediments of the Zeya river basin (Far East, Russia) / V. I. Radomskaya [et al.] // Water, Air & Soil Pollution. – 2016. – Vol. 227, № 12. – P. 438.



УДК 550.42:504(477)

**А. И. САМЧУК, И. В. КУРАЕВА, Е. В. ВОВК, Е. С. ЗЛОБИНА**

Украина, Киев, Институт геохимии, минералогии и рудообразования

имени Н. П. Семеново НАН Украины

E-mail: ki4412674@gmail.com; vovkkaterina90@gmail.com; Zlobina@nas.gov.ua

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что в экологической геохимии в настоящее время особое внимание уделяется исследованию миграции тяжелых металлов в зоне аэрации и особенно в почвах. Исследованию закономерностей распределения тяжелых металлов в почвенных отложениях ландшафтов Полесья посвящены работы известных белорусских и украинских ученых: К. И. Лукашева, В. А. Кузнецова, Г. А. Шимко, Б. Ф. Мицкевича, А. И. Самчука.

Нами проведено систематическое исследование распределения подвижных форм Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Co, Mo, Cr, Be в различных типах почв Украинского Полесья. Токсические элементы находятся в почвах в следующих формах: легкообменные ионы, комплексы с гумусовыми кислотами и карбонат-ионы, адсорбированные комплексы на поверхности гидроксидов железа, марганца и глинистых дисперсионных минералов.

К свойствам почв, что в значительной мере влияют на миграцию и аккумуляцию токсичных элементов, следует отнести следующие: сорбционная емкость, буферность, pH и фильтрационная способность. Способность почвы поглощать микроэлементы и образовывать мобильные формы зависит главным образом от величины значения почвенного поглощающего комплекса (ППК), главная функция которого – участие микроэлементов в реакциях обмена и комплексообразования с помощью активных форм  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $H^+$ , а также гуминовой и фульвово́й кислот.

Экспериментальное изучение сорбционной емкости ППК и буферности основных типов почв проводилось на образцах эколого-геохимических полигонов, расположенных в Киевской, Житомирской и Черниговской областях. Для исследования выбирались различные типы природных ландшафтов: лесные, луговые, а также антропогенные. Последние включают в себя городские агломерации, участки, прилегающие к тепловым электростанциям, металлургическим заводам, а также сельскохозяйственные угодья. Результаты этих исследований представлены в таблице 1.

Установлено, что максимальная сорбционная емкость ППК характерна для черноземов (50–120), средняя для луговых, торфяных и дерново-подзолистых суглинистых почв (30–60), а минимальная – для дерново-подзолистых песчаных почв (5–25 мг-экв/100г). Следует отметить, что почвы на участках техногенного загрязнения обладают наиболее низкой сорбционной емкостью ППК (3–10 мг-экв/100 г) по сравнению с аналогичными из природных ландшафтов. Анализ распределения обменных катионов ППК в профилях почв показывает, что в верхних слоях их доля значительно выше, чем в нижних.

Таблица 1 – Физико-химические свойства почв природных и техногенных ландшафтов Украинского Полесья

Тип почв	рН	Подвижные катионы, мг-экв/100 г						
		H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	∑ E	K <sub>б</sub>
Чернозем обычный	6,2	6,8	44,20	12,0	0,4	0,60	64,1	56,2
Дерново-торфяной	5,8	16,06	12,10	6,04	0,32	0,60	36,10	22,2
Торфянисто-болотный	5,1	16	6,3	0,6	0,20	0,24	23,3	10,1
Дерново-подзолистый суглинистый	6,1	6,20	8,37	1,08	0,17	0,16	11,08	10,3
Дерново-подзолистый глеевый	6,5	5,36	12,18	2,17	0,18	0,10	20,40	4,8
Дерново-подзолистый лесной	5,4	12,10	12,90	1,60	0,20	0,28	27,1	12,7
Дерново-луговой	5,1	13,16	8,50	1,81	0,12	0,20	–	16,1
Дерново-слабоподзолистый песчаный	6,6	8,80	0,40	1,10	0,18	0,20	16,7	4,5
Сапропель органо-глинистый	5,4	28,9	35	2,2	0,16	0,35	66,1	–
Сапропель органо-известняковый	6,8	2,8	38,0	2,2	0,17	0,22	43,3	–
Техногенные почвы на территории промзоны	5,2	4,40	6,10	1,10	0,16	0,42	10,20	4,2
Техногенные почвы на площадке ТЭЦ	5,6	8,70	6,20	0,80	0,12	0,50	11,32	4,5
Техногенные почвы на площадке свалок	5,1	6,80	7,80	0,90	0,30	0,40	12,60	4,7
Техногенные почвы на площадке автомагистралей	6,1	6,20	8,20	1,90	0,21	0,40	11,5	4,0
Примечание – Кб – коэффициент буферности.								

Данные изучения буферности свидетельствуют о том, что, как правило, чем выше содержание гумусовых кислот в почве, тем выше сорбционная емкость ППК и коэффициент буферности. Из результатов, приведенных в таблице 1, следует, что черноземы, луговые, торфянистые и глинистые почвы обладают более высокими буферными свойствами, чем дерново-подзолистые песчаные. Это определяет более высокие защитные свойства первых, которые проявляются в нейтрализации кислотных дождей, ограничении образования мобильных форм токсичных элементов и, как следствие, уменьшении их миграции в грунтовые воды и транслокации в растения.

Определение содержания мобильных форм тяжелых металлов в почвах проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн-3», рН водных вытяжек из почв измеряли на приборе рН-340.

Установлено, что наиболее перспективными экстрагентами для определения подвижных форм микроэлементов являются следующие: «мягкие» растворители – уксусно-амониевый буферный раствор рН 4,8; уксусно-цитратная смесь (1 : 1) 0,05М ЭДТА+СН<sub>3</sub>СООН; «жесткие» растворители – 1М НСl, 1М HNO<sub>3</sub>, 1М HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. При этом принимается во внимание, что «мягкие» растворители

извлекают наиболее мобильные формы микроэлементов, которые могут аккумулировать растения, а «жесткие», кроме этого, также труднорастворимые формы. Такой подход позволяет прогнозировать поток тяжелых металлов из почвы и определить формы, доступные для растений (Е. Я. Жовинский и др., 1998).

Нами изучены формы нахождения микроэлементов в почвах разных ландшафтно-геохимических районов Украинского Полесья методом поэтапного растворения с использованием следующих экстрагентов:

- 1) выделение обменной формы – 1 М раствор  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  с pH 4,8;
- 2) адсорбированные карбонатами формы – 1 М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с pH 5;
- 3) формы элементов, связанные с гидроксидами Fe, Mn, – 1 М  $\text{CH}_3\text{COOH} + 0,5\text{M Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (95°C);
- 4) органические фракции и формы металлов, образующих устойчивые комплексы с органическим веществом, – 1 М  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  (90 °C);
- 5) остаточная труднорастворимая форма –  $\text{HF} + \text{HClO}_4$  (3 : 1).

Сравнительная характеристика распределения форм нахождения и миграции тяжелых металлов в почвах показывает, что в их техногенных типах значительно возрастает содержание мобильных форм токсичных элементов по сравнению с черноземом и дерново-подзолистыми почвами Украинского Полесья (таблица 2).

Таблица 2 – Среднее содержание подвижных форм микроэлементов в почвах типичных ландшафтов Украинского Полесья, мг/кг

Почва	n	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cd	Be	Cr	Mo
1.	90	0,24	1,28	3,30	0,18	0,16	0,006	0,012	0,15	0,04
2.	40	0,36	1,80	3,80	0,28	0,22	0,010	0,011	0,28	0,05
3.	30	0,42	2,10	4,20	0,12	0,26		0,012	0,30	
4.	36	0,36	1,90	3,80	0,26	0,20	0,004	0,011	0,24	
5.	28	0,41	2,60	4,20	0,36	0,38	0,006	0,011	0,28	0,04
6.	30	0,44	2,20	2,84	0,36	0,28		0,015	0,26	
7.	20	0,42	2,84	4,80	0,38	0,44	0,006	0,018	0,25	0,08
8.	30	0,48	4,60	5,40	0,62	0,30		0,011	0,24	
9.	30	0,48	5,20	5,80	0,28	0,48	0,004	0,012	0,38	0,14
10.	24	0,48	5,44	6,20	0,32	0,62		0,014	0,31	0,12
11.	20	1,60	4,10	5,60	0,48	0,38	0,008	0,020	0,48	0,16
12.	12	0,76	3,92	4,80	0,38	0,30	0,010	0,030	0,61	0,10
13.	20	0,92	2,96	3,80	0,38	0,30		0,016	0,36	
14.	30	0,32	2,80	3,60	0,30	0,24		0,014	0,22	
15.	30	0,28	2,60	3,20	0,20	0,18		0,010	0,24	0,11
16.	20	0,24	2,20	2,20	0,18	0,16		0,010	0,22	

Примечание – Почва: 1–3 – дерново-подзолистая (1 – на песках и супесях надпойменных террас, 2 – на суглинках и глинах, 3 – слабогумусированная), 4, 5 – лесная дерново-подзолистая (4 – на песках надпойменных террас, 5 – на моренных суглинках), 6 – дерново-луговая, 7 – болотно-торфяная; 8–10 – чернозем (8 – оподзоленный, 9 – обыкновенный, 10 – луговой), 11 – донные отложения, 12–16 – городского мегаполиса (12 – в промышленной зоне, 13 – в зоне автомагистралей, 14 – под жилым массивом, 15 – в лесопарковой зоне, 16 – в ландшафтном заповеднике), n – количество проб.

Установлено, что техногенная нагрузка на почвы крупных городов проявляется преимущественно в резком увеличении удельной концентрации мобильных форм Zn, Cu и Pb, в меньшей степени Ni, Co, V, Be и Cd. Повышение содержания гуминовых кислот, глинистых минералов в луговых почвах и черноземах в сравнении с дерново-подзолистыми ведет к накоплению резерва мобильных форм тяжелых металлов.

Установлено, что в дерново-подзолистых песчаных почвах доля обменных форм Zn, Cu, Pb, Cd, Ni и Cr составляет 3–6%, абсорбированных на гидроксидах – 10–14 %, органических – 28–38 %. В черноземах и луговых торфянистых почвах значительно возрастает доля форм, связанных с гумусовыми кислотами. Так, для Zn, Cu, Pb она составляет 46–54 %, Ni и Cr – 42–50 %. Содержание мобильных форм токсичных металлов в почве динамично как во времени, так и в пространстве. Очевидно, правильное представление о подвижности микроэлементов можно получить при анализе мобильного фонда, который связан с емкостью ППК.

В результате проведенной работы: изучена сорбционная емкость, буферность, рН, содержание органического вещества черноземов, дерново-подзолистых, луговых и торфянистых почв Украинского Полесья; установлены основные формы нахождения Zn, Cu, Pb, Cd, Ni и Cr в исследуемых типах почв; определено среднее содержание подвижных форм микроэлементов в почвах Украинского Полесья.

УДК 504.38:581.54:581.524.3(476.5)

**А. Д. ТИМОШКОВА, И. И. КОЛАНДО**

Беларусь, Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова

E-mail: alladana@tut.by; ilona.galaenko@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ ГЛХУ «ВИТЕБСКИЙ ЛЕСХОЗ»)**

Глобальное изменение климата, вызванное природными и антропогенными причинами, в настоящее время признается одной из главных угроз мирополюрья. Так как структура и функционирование лесных экосистем контролируются климатическими факторами через функции метаболизма, то вслед за изменением климата может существенно измениться динамика восстановления лесов, прирост, взаимоотношение пород. Прогнозируется, что изменение климата будет происходить быстрее, чем скорость, с которой лесные экосистемы смогут самовосстанавливаться. Поэтому сегодня чрезвычайно важно исследовать и анализировать реакцию лесных экосистем на изменения климата, разрабатывать эффективные меры их адаптации к новым условиям.

Лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития Беларуси, обеспечения ее экономической, энергетиче-

ской, экологической и продовольственной безопасности. Общая площадь земель лесного фонда Витебской области составляет 1,85 млн га, из них покрытая лесом площадь – 1,56 млн га. Лесистость Витебской области составляет 41,4 %, что выше, чем в среднем по стране (39,8 %). В Россонском лесхозе, самом большом и самом лесистом в области, этот показатель достигает 69 %. Основная часть лесов области (1,634 млн га, или 88 %) находится в ведении Витебского государственного производственного лесохозяйственного объединения, в состав которого входят 19 государственных лесохозяйственных учреждений (лесхозов).

Территория государственного лесохозяйственного учреждения «Витебский лесхоз» расположена на крайнем северо-востоке Беларуси, в границах Витебского, Сенненского, Бешенковичского, Лиозненского и Городокского административных районов. Согласно геоботаническому зонированию, лесхоз относится к подзоне дубово-темнохвойных южнотаежных (широколиственно-еловых) лесов, Западно-Двинскому лесорастительному округу, Суражско-Лучесскому геоботаническому району.

Для здешних лесов характерно преобладание мелколиственных, сосновых и еловых формаций. Самыми распространенными породами на территории лесхоза являются береза – 35,5 %, ель – 19 %, ольха серая – 16 % и сосна – 14 % древостоя. В лесном фонде лесхоза преобладают смешанные насаждения, которые составляют 92,8 %. Чистые насаждения представлены в основном сосновыми древостоями. Более 50 % площади приходится на средневозрастную группу деревьев, затем следует группа приспевающих (23 %), молодняков (15 %) и спелых и перестойных (10 %). Средний возраст лесов на 2015 г. составил 53 года.

Какие же климатические изменения произошли на территории ГЛХУ «Витебский лесхоз» за период с 1989 г. (начало глобального потепления) и какие тенденции в функционировании местных лесных экосистем они определили?

- За период с 1989-го по 2017 г. среднегодовая температура воздуха превысила климатическую норму (+5,2 °С) на 1,2 °С и составила +6,4 °С. При этом основной рост температур пришелся на зимние месяцы. Так, средняя январская температура за период потепления составила –4,7 °С, а до периода потепления она была равна –8,0 °С.

- Увеличилась продолжительность вегетационного периода: средняя продолжительность периода со среднесуточной температурой выше +5 °С за анализируемый период выросла на 6 дней и составила 199 дней.

- Соответственно выросла и сумма температур за период со среднесуточной температурой выше и равной +5 °С. Она составила 2 650 °С.

- Продолжительность беззаморозкового периода в регионе увеличилась на 21 день и теперь составляет 165 дней. При этом произошло смещение первых и последних заморозков примерно на 10 дней: до начала потепления заморозки в среднем начинались 29.09 и заканчивались 07.05, а за период с 1996-го по 2015 г. эти сроки сместились на 09.10 и 28.04 соответственно.

- Среднее количество осадков за год на территории Витебского лесхоза выросло до 721 мм, превысив климатическую норму почти на 70 мм, при этом

произошли очень важные для лесных экосистем изменения во внутригодовом распределении осадков: значения среднемесячных сумм осадков уменьшились в апреле, мае и августе, а увеличились в июне и сентябре. Кроме того, увеличилась неравномерность их выпадения.

- Число дней со снежным покровом сократилось до 110, при этом средняя мощность снежного покрова уменьшилась на 6 см и усилилась нестабильность его залегания: самой снежной была зима 1995–1996 гг., когда средняя высота снежного покрова составляла 17,7 см, а зимой 2013–2014 гг. – всего 2,7 см.

Следует отметить, что на северо-востоке Беларуси глобальное изменение климата пока не привело к резкому ухудшению условий, необходимых для нормального роста и развития основных лесобразующих пород. Местные леса приспособлены к локальным особенностям климата. Однако в случае значительного изменения климата устоявшаяся адаптация к местному климату может сыграть отрицательную роль для устойчивости.

Наиболее негативной чертой изменения климата в регионе является усиление экстремальности многих климатических явлений: возросло число дней с аномально высокими температурами зимой и летом; резким перепадам температуры обычно сопутствуют сильные осадки и ураганные ветры; общая сумма осадков изменилась незначительно, но произошло их внутригодовое перераспределение и изменился характер выпадения: они стали более интенсивными и кратковременными.

Последствия изменений климата для лесных экосистем северо-востока Беларуси в настоящее время носят неоднозначный характер. Например, вследствие повышения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере происходит рост продуктивности растений, но в то же время наблюдается снижение продуктивности за счет роста содержания озона; происходит обеднение генофонда бореальной флоры и фауны лесов, но вместе с этим увеличивается биоразнообразие за счет экспансии в лесные экосистемы видов лесостепного и степного флористических комплексов.

Среди основных негативных последствий изменений климата для лесных экосистем северо-востока Беларуси отметим следующие:

- резкие колебания температурного режима, особенно в начальный период вегетации, негативно отражаются на устойчивости древесных растений к внешним воздействиям;
- смещение начала вегетации на более ранние сроки увеличивает вероятность повреждения деревьев заморозками;
- ухудшение условий перезимовки лесной растительности вследствие сокращения мощности и продолжительности снежного покрова;
- рост температур в теплый период года увеличивает продолжительность пожароопасного сезона и риск пожаров в лесах;
- недостаток влаги летом или весной вызывает физиологическое ослабление растений и способствует большей активности вредителей леса как первичных (непарного шелкопряда, пилильщиков, волнянок, листоверток и др.), так и вторичных (прежде всего короеда-типографа, который стал причиной гибели

тысяч гектаров ельников на юге страны). На территории Витебского лесхоза в период с 2005-го по 2017 г. были зарегистрированы заболевания, вызванные вспышками массового размножения хвое- и листогрызущих вредителей: шютте обыкновенное в 2010 г., ложного трутовика и зимней пяденицы в 2012 г., майского хруща в 2013 г., обыкновенного елового пилильщика в 2015 г.;

- наблюдается экспансия (перемещение, распространение) в лесные экосистемы видов насекомых-вредителей, ранее не встречавшихся на территории Беларуси;

- значительный ущерб древесным насаждениям наносится ураганами, вероятность которых в настоящее время выше, чем была в прошлом.

Разные породы деревьев по-разному реагируют на климатические изменения. Например, ель очень чувствительна к изменению параметров температуры и влажности, и она страдает больше других пород, сосна – более устойчива, но также подвержена риску, а вот береза и некоторые лиственные породы, напротив, будут расти лучше. В то же время наблюдается массовое усыхание ясеневых лесов (площадь ясенников на территории Витебского лесхоза сократилась за последние 12 лет на 736,9 га);

В целях адаптации лесного хозяйства к изменению климатических условий на территории ГЛХУ «Витебский лесхоз» целесообразно принять следующие меры:

- увеличить площадь сосновых и еловых лесов, поскольку ситуация в данном регионе для этих древесных пород наиболее благоприятна: в ближайшие годы прогнозируется рост их продуктивности;

- сократить долю мелколиственных насаждений, т. к. эти породы наиболее уязвимы к климатическим изменениям по причине увеличения экстремальности неблагоприятных явлений;

- увеличить площадь смешанных насаждений за счет роста доли широколиственных пород в древостое;

- оптимизировать возрастную структуру лесов через проведение мероприятий по лесовосстановлению и лесовозобновлению;

- совершенствовать систему защиты леса от вредителей и болезней через усиление мониторинга за распространением насекомых-вредителей, которые ранее не встречались на территории лесхоза;

- внести изменения в нормативно-технические документы, регламентирующие лесоустройство и проведение лесохозяйственных мероприятий;

- изменить учебные программы и организацию подготовки и переподготовки работников лесного хозяйства.

При своевременном внедрении адаптационных мер можно не только снизить ущерб и риски от негативных проявлений климатической изменчивости, но даже извлечь определенную экономическую выгоду от положительных эффектов этой изменчивости.

УДК 551.311.3

**В. Ю. ТОПЧАЯ<sup>1</sup>, Е. И. КОТОВА<sup>2</sup>, В. А. ЧЕЧКО<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Москва, Институт океанологии имени П. П. Ширшова РАН

<sup>2</sup>Россия, Москва, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени Н. П. Лаверова РАН

E-mail: piwis@mail.ru; che-chko@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОГО АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА НА ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

На подстилающую поверхность нерастворимые аэрозольные частицы могут оседать под воздействием различных факторов, в том числе являясь ядрами конденсации, вымываться атмосферными осадками. Также атмосферные осадки и их составляющие являются индикатором переноса примесей на значительные расстояния [1]. Над исследуемой территорией формирование состава атмосферных осадков происходит под воздействием западного переноса воздушных масс, т. е. регион находится на пути трансграничного атмосферного переноса аэрозольных частиц из промышленно развитых стран Европы [2] на восток.

Актуальность изучения состава нерастворимой части аэрозольного вещества атмосферных осадков под влиянием трансграничного атмосферного переноса обусловлена необходимостью контроля процессов миграции и трансформации загрязняющих веществ, определяющих нагрузку на состояние экосистемы прибрежной зоны юго-восточной части Балтийского моря.

В работе представлены результаты исследований состава нерастворимых аэрозольных частиц атмосферных осадков (дождя), выполненных в период с 2008-го по 2015 г. Исследования проводились в российской части прибрежной зоны юго-восточной Балтики (рисунок 1). Было собрано и обработано более 90 проб дождевой воды. Приборы и методы сбора материала и их камеральной обработки описаны в [3].

Вещественный состав нерастворимых аэрозольных частиц дождевых осадков представлен частицами биогенного, литогенного и антропогенного происхождения. Выявлена сезонная закономерность в соотношении этих частиц в пробах. В весенне-летний период процентное соотношение биогенной, минеральной и антропогенной составляющих было 65 : 15 : 20 соответственно.

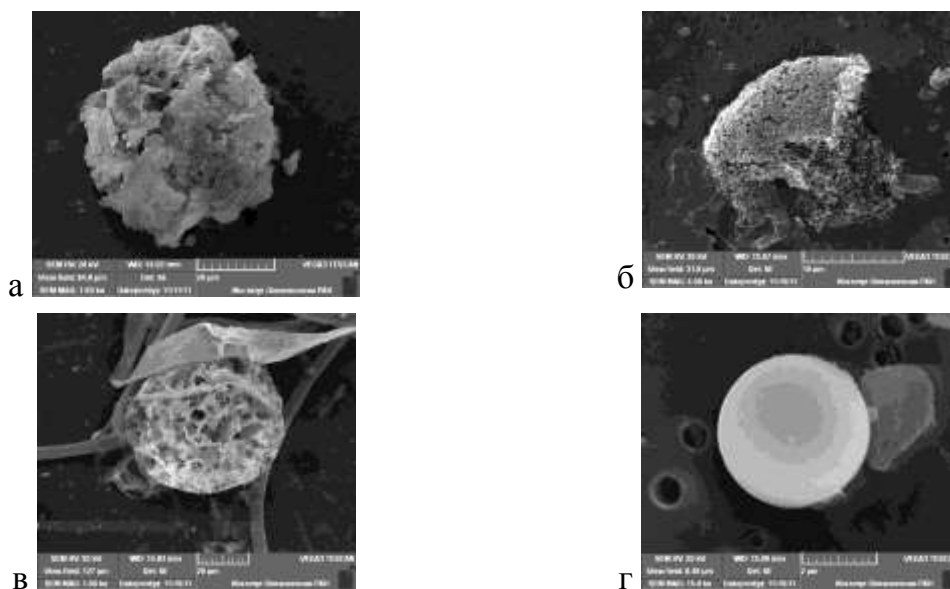
Доминирующие в данных пробах биогенные частицы представлены в основном спорами и пылью растений, органическим детритом, растительными волокнами, а также пеннатными диатомовыми водорослями. В осенние месяцы и до середины декабря включительно процентное соотношение биогенных, минеральных и антропогенных частиц в пробах составляло 5 : 35 : 60 соответственно. Преобладающие антропогенные частицы представлены сажей, гладкими сферами сгорания и пористыми частицами пепла (рисунок 2).





**Рисунок 1 – Район исследований нерастворимых аэрозольных частиц в атмосферных осадках:**

1 – станции отбора проб, 2 – Вислинская (Балтийская) коса, 3 – Куршская коса



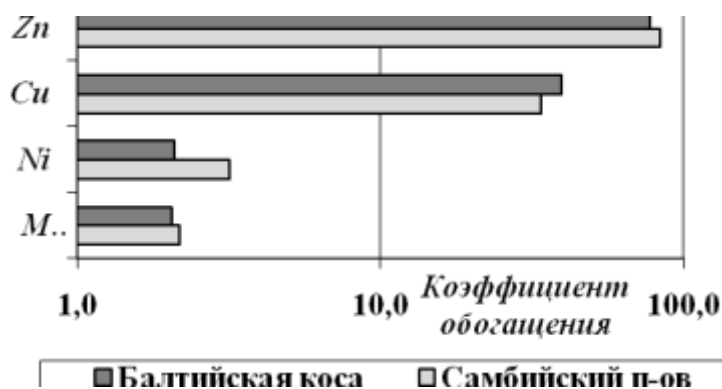
**Рисунок 2 – Характерные антропогенные частицы осеннего периода, содержащиеся в дождевых осадках юго-восточной части Балтийского моря:**

а, б – сгустки сажевых частиц, в – пористый летучий пепел и растительное волокно; г – гладкая сфера сгорания

В результате исследований было выявлено, что формирование вещественного состава нерастворимого аэрозоля атмосферных дождевых осадков происходит под воздействием как локального, так и дальнего (трансграничного) воздушного переноса.

Для оценки роли различных источников тяжелых металлов в формировании элементного состава нерастворимых частиц в дождевой воде были рассчитаны коэффициенты обогащения ( $KO$ ) относительно среднего состава земной коры по формуле  $KO = (Эл. / Fe) \text{ проба} / (Эл. / Fe) \text{ земная кора}$ , где  $Эл.$  и  $Fe$  – содержание интересующего нас элемента и железа, которое мы рассматриваем как индикатор литогенного материала в пробе и в верхней части континентальной земной коры [4].

$KO$  нерастворимых частиц  $Mn$  и на Самбийском п-ове, и на Балтийской косе близок к 2,  $KO Ni$  на Самбийском п-ове близок к 3, а на Балтийской косе – к 2 (рисунок 3), что свидетельствует о том, что марганец и никель имеют главным образом литогенное происхождение [5]. В то же время  $KO$  осадочного вещества дождей медью и цинком значительно превышает 10 ( $KO Cu$  на Самбийском п-ове в среднем равен 34, а на Балтийской косе – 40,  $KO Zn$  на Самбийском п-ове равен в среднем 84, а на Балтийской косе – 78), что свидетельствует об обогащении осадочного материала медью и цинком из антропогенных источников (загрязнение атмосферы выбросами промышленных предприятий и транспорта, переносимыми на большое расстояние).



**Рисунок 3 – Коэффициенты обогащения тяжелыми металлами нерастворимого вещества дождевых осадков прибрежной зоны юго-восточной части Балтийского моря**

Анализ 5-суточных обратных траекторий движения воздушных масс и сопутствующих примесей, выполненный с помощью программы HYSPLIT, разработанной Лабораторией воздушных ресурсов Американской национальной администрации по исследованию океана и атмосферы (NOAA) (<http://www.arl.noaa.gov>) [6], позволил установить, что к моменту выпадения осадков в точке отбора на Самбийском п-ове воздушные массы в основном заходили с суши, проходя через города и промышленные центры европейских государств и мимо производственных и пустынных территорий Калининградской области, в том числе над г. Калининградом. К моменту выпадения осадков в точке отбора на Балтийской косе воздушные массы в основном заходили либо с акватории Гданьского бассейна или Вислинского залива или с суши, проходя через лесистые территории или заповедники (а именно с польской части Вислинской косы). Во время отбора пробы дождевых осадков (на Балтийской косе) с самым высоким содержанием меди (2 500 мкг/г) и высоким содержанием цинка (2 400 мкг/г) в нерастворимой составляющей вещества, воздушные массы, поступившие в эту точку, ранее прошли над индустриальными центрами Франции и Германии.

*Экспедиционные исследования выполнялись в рамках госзадания ИО РАН (тема № 0149-2019-0013), анализ и интерпретация данных выполнялись при поддержке гранта РФФИр\_мол\_а № 19-45-393007.*

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першина, Н. А. К вопросу о закислении атмосферных осадков в Российской Арктике / Н. А. Першина, А. И. Полищук, П. Ф. Свистов // Тр. ГТО. – СПб., 2008. – Вып. 558. – С. 211–232.
2. Топчая, В. Ю. Антропогенная нагрузка свинцом и кадмием на окружающую среду Калининградской области РФ – по данным программы ЕМЕР / В. Ю. Топчая, А. А. Виноградова // Фундам. исслед. – 2014. – № 12. – С. 1463–1467.
3. Чечко, В. А. Методы исследований эолового материала в береговой зоне юго-восточной Балтики / В. А. Чечко, В. Ю. Курченко // Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов : тр. междунар. конф. – Новосибирск, 2009. – С. 175–180.
4. Rudnick, R. L. Composition of the continental crust / R. L. Rudnick, S. Gao // Treatise on Geochemistry. The crust. – Amsterdam : Elsevier, 2003. – Vol. 3. – P. 1–64.
5. Shevchenko, V. The influence of aerosols on the oceanic sedimentation and environmental conditions in the Arctic / V. Shevchenko // Berichte zur Polar- und Meeresforschung. – 2003. – № 464. – S. 149.
6. Draxler R. R. HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) [Electronic resource] / R. R. Draxler, G. D. Rolph. – Mode of access: <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>.

УДК 551.583

**Т. А. ШЕЛЕСТ**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина  
E-mail: [tashelest@mail.ru](mailto:tashelest@mail.ru)

### **СОВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА ГОРОДА БРЕСТА**

Проблема изменения климата – одна из глобальных проблем человечества. Потепление климата проявляется во всех регионах земного шара в разных масштабах. Эта проблема также характерна и для Беларуси, где с 1988 г. по настоящее время наблюдается практически непрерывная череда теплых лет с температурой, превышающей климатическую норму.

Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации, климатические нормы рассчитывают за 30-летний период. На XVII Всемирном метеорологическом конгрессе, состоявшемся в г. Женеве в июне 2015 г., рекомендовано рассчитывать новые климатические нормы за период 1981–2010 гг. Период 1961–1990 гг. был сохранен как стандартный опорный период для долгосрочной оценки изменения климата. Поэтому с целью обеспечения отраслей экономики новыми, актуализированными климатическими нормами и в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации гидрометеорологическая служба Республики Беларусь перешла с 1 июля 2017 г. на новые климатические нормы по температуре и осадкам, рассчитанные за период 1981–2010 гг. Эти нормы отражают климатические условия периода потепления.

Цель настоящего исследования – выявить современные особенности климата г. Бреста.

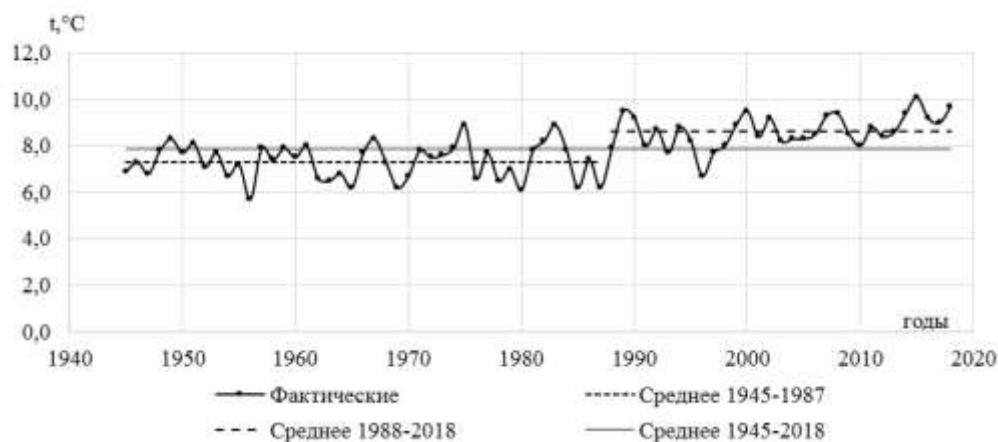
Исходными данными для исследования послужили материалы наблюдений Управления гидрометеорологической деятельности Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за климатическими показателями. Метеорологические наблюдения в г. Бресте ведутся с 1834 г.

Климат Бреста определяется его географическим положением в умеренных широтах северного полушария и формируется в результате взаимодействия солнечной радиации, циркуляции атмосферы, влагооборота и подстилающей поверхности. Из перечисленных факторов наибольшую роль в формировании климата отыгрывает циркуляция атмосферы. На формирование климата г. Бреста, как любого крупного города, оказывают влияние и другие факторы, определяемые особенностями городской застройки, ее густотой и этажностью, планировкой, размещением промышленных предприятий, а также природных территорий (лесных, водных) и другими факторами.

Климат города умеренный, переходный от морского к континентальному, что обусловлено преобладанием воздушных масс умеренных широт, имеющих морское и континентальное происхождение.

Продолжительность солнечного сияния в г. Бресте составляет 1 782 часа за год. Годовой максимум продолжительности солнечного сияния наблюдается в июне и июле, а минимум – в декабре, что прежде всего связано с продолжительностью светлого времени суток и облачностью.

Температура воздуха – одна из главных характеристик климата. При характеристике климата обычно рассматривают среднегодовую температуру воздуха, температуры самого теплого и самого холодного месяца года. На рисунке представлен график многолетних колебаний среднегодовой температуры воздуха в г. Бресте за период 1945–2018 гг.



**Рисунок – Многолетние колебания среднегодовой температуры воздуха в г. Бресте**

Температуры воздуха в Бресте отличаются значительной временной изменчивостью. Максимальные среднегодовые температуры в Бресте наблюдались в 2015 г. (+10,1 °С), минимальные – в 1956 г. (5,7 °С). В современный период потепления климата среднегодовая температура воздуха в г. Бресте увеличилась на 1,3 °С по сравнению с предшествующим периодом (1945–1987) и составляет 8,6 °С. В период 1988–2018 гг. самым холодным был 1996 г., когда среднегодовая температура воздуха составила 6,7 °С.

Средняя температура самого холодного месяца (января) за период 1988–2018 гг. составляет –2,1 °С (таблица 1). При этом в отдельные годы среднемесячные температуры существенно отличаются от средних многолетних. Так, в 2010 г. средняя месячная температура января была ниже климатической нормы на 5,5 °С (составила –8,1 °С), в 2007 г. превысила климатическую норму на 5,2 °С (составила 2,6 °С). Нередко февраль является самым холодным месяцем в году, как это наблюдалось в 1991, 1993, 1994, 1999, 2003, 2005, 2007, 2011, 2012, 2018 гг., значительно реже – декабрь (в 1998, 2001, 2002 гг.). В 1998 г. очень холодным был ноябрь, средняя температура его составила –3,2 °С. В 1989 и 2015 гг. среднемесячная температура во все зимние месяцы была положительной, в 1988, 1991, 1996, 2001, 2009, 2010 и 2012 гг. – отрицательной.

Средняя температура самого теплого месяца (июля) в г. Бресте за период 1988–2018 гг. составляет 19,8 °С, изменяясь от 16,8 °С (в 1990 г.) до +22,6 °С (в 2006 г.). В отдельные годы самыми теплыми месяцами были август (1992, 1997, 2000, 2004, 2008, 2015, 2017, 2018) или июнь (1998). В 1996 и 2000 гг. июль был самым холодным летним месяцем.

Таблица 1 – Средние месячные и годовые, экстремальные температуры воздуха (°С) в г. Бресте за 1988–2018 гг.

Температура воздуха	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя	–2,1	–1,0	2,7	8,9	14,5	17,5	19,8	18,9	13,7	8,3	3,1	–0,9	8,6
Максимальная	2,6	5,9	6,7	13,5	17,8	20,0	22,6	22,6	15,8	10,9	6,5	3,6	10,1
Минимальная	–8,1	–7,9	–2,6	3,5	9,7	13,2	16,8	16,4	10,5	5,7	–3,2	–7,7	6,7
<i>Климатическая норма</i>	–2,6	–1,9	2,2	8,7	14,5	17,1	19,3	18,5	13,4	8,3	2,7	–1,3	8,2
Абсолютный минимум	–35,5	–28,1	–22,6	–6,2	–4,2	2,1	5,8	1,3	–2,8	–9,9	–19,2	–25,1	–35,5
Абсолютный максимум	11,6	17,2	22,6	30,7	32,1	33,4	36,6	36,7	34,4	26,4	19,0	14,5	36,7

Анализ среднемесячных температур воздуха за период 1988–2018 гг. показывает их отклонение от современных климатических норм в сторону повышения, что свидетельствует о продолжающемся устойчивом росте температур воздуха практически во все месяцы года. Исключение составил май, среднемесячная температура воздуха которого совпала с климатической нормой.

Преобладание влажного атлантического воздуха обуславливает высокую относительную влажность воздуха (76 %) и значительную облачность (6,4 балла общая, 4,8 – нижняя), которые, в свою очередь, способствуют выпадению достаточно большого количества осадков. В среднем в г. Бресте выпадает около 600 мм осадков за год. Средние суммы выпадающих атмосферных осадков за отдельные месяцы года, года в целом для различных периодов времени, экстремальных месячных сумм осадков приведены в таблице 2.

Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в летние месяцы, наименьшее – в зимние. При этом количество месячных сумм осадков может существенно различаться в разные годы. В таблице 2 представлены наибольшие и наименьшие месячные и годовые суммы атмосферных осадков по метеостанции Брест. Средние значения годовых сумм осадков в г. Бресте за рассматриваемые периоды практически не изменились. Произошло их некоторое перераспределение по месяцам года. Так, в мае наблюдается наибольший рост атмосферных осадков, несколько меньший – в марте и сентябре. Снижение средних значений месячных сумм осадков произошло в июне и в августе.

Таблица 2 – Средние и экстремальные месячные суммы осадков в г. Бресте за различные периоды, мм

Период наблюдения	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1945–1987 гг.	34	33	27	36	52	74	77	75	49	41	42	41	605
1988–2018 гг.	34	35	35	40	65	67	83	68	57	40	41	38	603
Месячный минимум / год	2	1	3	3	8	5	5	6	5	2	8	6	379
	1997	1976	1950	2009	2000	1994	1994	2015	2002	1953	2011	1972	1971
Месячный максимум / год	98	81	68	88	125	209	209	292	163	248	112	84	854
	1979	1996	2008	1999	2014	1973	1973	2006	2010	1974	2010	1982	1974

Наблюдаемые в последние десятилетия увеличения температур воздуха сопровождаются изменением характеристик снежного покрова. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова в Бресте за период 1988–2018 гг. – 29 декабря. Самое раннее его образование наблюдалось в 1998 г. (16 ноября), самое позднее – в 1988 г. (18 февраля). Средняя дата разрушения устойчивого снежного покрова – 25 февраля, самое раннее разрушение наблюдалось в 1998 г. (18 декабря), самое позднее – в 2013 г. (11 апреля). Произошло смещение на 8 дней в сторону более раннего периода средних дат разрушения устойчивого снежного покрова, дата же образования устойчивого снежного покрова сдвинулась лишь на 1 день, что связано с тем, что значительно чаще стали отмечаться годы без устойчивого снежного покрова (45 % лет). Среднее число дней со снежным покровом в Бресте в современный период потепления климата составляет 69, что на 10 дней меньше, чем в предшествующий период. Наименьшее число дней наблюдалось зимой 2016–2017 гг. (34 дня), наибольшее – зимой 1995–1996 гг. (130 дней). Среднее значение максимальной за зиму высоты снеж-

ного покрова составляет 21 см. Наибольшая высота снега отмечалась зимой 1995–1996 гг. (50 см), наименьшая – зимой 1994–1995 гг. (4 см). Средние значения максимальных за зиму запасов воды в снеге за период 1988–2018 гг. в Бресте составляют 31 мм. В отдельные годы запас воды в снеге превышает средние многолетние значения в 2–3 раза (зимой 1995–1996 гг. – 92 мм).

В г. Бресте во все сезоны года преобладают западные ветры, для которых характерны наибольшие средние скорости. В зимний период четко прослеживается преобладание западных и юго-западных ветров, а в летние месяцы – западных и северо-западных. В современный период потепления климата доля южных ветров увеличилась, а повторяемость ветров других направлений существенно не изменилась. Средняя годовая скорость ветра в Бресте составляет 2,6 м/с. Сильные ветры (15 м/с и более) наблюдаются редко и чаще в холодное время года.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить современные особенности климата г. Бреста и тенденции в их изменении.

**Секция 4****МЕДИЦИНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ДЕМОГРАФИЯ И РЕКРЕАЦИЯ**

УДК 551.4:330.15(476)

**А. Н. ВИТЧЕНКО**

Беларусь, Минск, Белорусский государственный университет

E-mail: dr.vitchenko@rambler.ru

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ КОМФОРТНОСТИ  
КЛИМАТА ГОРОДА БРЕСТА**

Геоэкологическая оценка комфортности климата городов (Витченко, Телеш, 2011) базируется на расчете частных и интегральных эколого-климатических показателей состояния окружающей среды, характеризующих степень ее благоприятности для человека, выполненных на основе математического моделирования природно-антропогенных процессов и использования современных ГИС-технологий.

Анализ климатических условий в Бресте за период 1980–2015 гг. показывает, что температура воздуха в городе отличается значительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к повышению среднегодовых значений. Наиболее низкая среднегодовая температура воздуха отмечалась в 1980 и 1987 гг. (6,2 °С), максимальная – в 2015 г. (10,1 °С). Максимальная среднемесячная температура воздуха в основном наблюдалась в июле, минимальная – в январе – феврале. Среднегодовое атмосферное давление воздуха в Бресте характеризуется незначительной межгодовой изменчивостью и небольшой тенденцией к повышению. Более высокие значения атмосферного давления, как правило, отмечаются зимой, более низкие – летом. За период 1980–2015 гг. наиболее низкое среднемесячное атмосферное давление в январе наблюдалось в 1986 г. (989,7 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (1011,1 гПа). В июле данный показатель отличается меньшей изменчивостью: самое низкое атмосферное давление зафиксировано в 2000 г. (991,5 гПа), наиболее высокое – в 2006 г. (1002,0 гПа). Относительная влажность воздуха в Бресте характеризуется незначительной временной изменчивостью и устойчивой тенденцией к уменьшению средних годовых значений. Она имеет достаточно выраженный годовой ход с минимумом в весенние месяцы (апрель – май) и максимумом – в осенне-зимний период (ноябрь – январь). Средняя годовая относительная влажность воздуха в 1980–2015 гг. варьировалась от 69,7 % в 2015 г. до 80,1 % в 1980 г. Анализ относительной влажности воздуха в разрезе сезонов года показал, что наибольшая ее межгодовая изменчивость отмечается в июле, наименьшая – в декабре. Скорость ветра имеет умеренную временную изменчивость, устойчивую тенденцию к снижению, относительно плавный годовой ход. Среднегодовая скорость ветра изменялась от 2,2 м/с в 1996, 2000 и 2001 гг. до 3,0 м/с в 1983, 1990 и 1993 гг.



Атмосферные осадки характеризуются значительной временной изменчивостью и тенденцией к увеличению их годового количества. В среднем минимум осадков наблюдается в зимние месяцы, максимум – в летние, достигая пика в июле. В экстремальных ситуациях годовой ход атмосферных осадков имеет более сложный характер. Количество атмосферных осадков варьировалось от 409,0 мм в 2003 г. до 996,5 мм в 2010 г. Облачность в городе характеризуется незначительной временной изменчивостью. В годовом ходе облачности минимум приходится на теплый период года (май – август), максимальные значения отмечаются в ноябре – январе. Но в отдельные экстремальные годы он имеет более сложный вид. Наблюдаются месяцы, когда не бывает ни одного ясного дня. Среднегодовая облачность за рассматриваемый период изменялась от 3,4 балла в 2013 г. до 6,9 балла в 2004 г.

Анализ эколого-климатических показателей (ЭКП) в Бресте показал, что в теплый период года наиболее значимой характеристикой комфортности климата является количество дней с нормальной эквивалентно-эффективной температурой воздуха ( $K_{нээт}$ ), отражающей воздействие на человека совокупности метеорологических факторов: скорости ветра, температуры и относительной влажности воздуха. Наибольшее значение  $K_{нээт}$  наблюдалось в 2011 г. и составило 55 дней, а наименьшее в 1984 г. – 18 дней (таблица). Количество душных дней ( $K_{дд}$ ) со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20$  °C и относительной влажностью воздуха  $\geq 75$  % в течение года небольшое – в среднем 4,3 дня. Максимальное значение  $K_{дд}$  наблюдалось в 1999, 2001 и 2013 гг. (10 дней). В 1984, 1985 и 2015 гг. подобные климатические условия совсем не наблюдались. В холодный период года важной характеристикой комфортности климата является количество дней с индексом холодового стресса по Хиллу ( $K_{дп}$ )  $\geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с. Максимальное количество дней с дискомфортными значениями наблюдалось в 1993 г. (50 дней), а минимальное в 2015 г. – 13 дней. Количество холодных дней ( $K_{хд}$ ) с температурой воздуха  $\leq -10$  °C в течение года больше, чем количество душных дней. Максимальное число  $K_{хд}$  зафиксировано в 1985 г. (35 дней), а минимальное – в 1984 и 1990 гг., когда холодных дней не наблюдалось. Количество случаев с контрастными изменениями погоды ( $K_{ип}$ ) в среднем за рассматриваемый период составило 149 дней. При этом более выраженные погодные контрасты наблюдались в 2001 г. (169 дней), а наиболее стабильные погодные условия отмечались в 2014 г. (117 дней). Продолжительность комфортного периода эксплуатации жилых сооружений ( $K_{эжс}$ ) определяется с учетом влияния на них различных сочетаний среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха. Количество дней с комфортными значениями  $K_{эжс}$  за 1980–2015 гг. в среднем составило 125 дней. Наименее благоприятные условия наблюдались в 1980 г. (88 дней), наиболее комфортные – в 2000 г. (147 дней).

Климатический потенциал самоочищения атмосферы ( $K_{кпс}$ ) в условиях города определяется как функция комплексного влияния числа дней со штилем, туманами, осадками более 1 мм, сильным ветром свыше 5 м/с. Наиболее неблагоприятные значения  $K_{кпс}$  зафиксированы в 1982 г. – 0,6. Существенное влияние на изменение комфортности климата имеет количество дней с резким межсуточ-

ным изменением атмосферного давления ( $K_{ад}$ )  $\geq 9$  гПа/сут; со среднесуточной: относительной влажностью воздуха ( $K_{ов}$ )  $\geq 80$  %, скоростью ветра ( $K_{св}$ )  $\geq 5$  м/с; осадками ( $K_{ос}$ )  $\geq 1$  мм; облачностью ( $K_{об}$ )  $\geq 6$  баллов. На протяжении исследуемого периода самые неблагоприятные условия с резким  $K_{ад}$  наблюдались в 1983 г. (58 дней), наиболее комфортные – в 2014 г. (17 дней); наибольшее количество дней с дискомфортными значениями  $K_{ов}$  отмечалось в 1980 г. (217 дней), наименьшее – в 2012 и 2013 гг. (136 дней); максимальное количество дней с  $K_{св}$  было в 1983 г. (30 дней), а минимальное – в 2009 г. (2 дня); наибольшие количество дней с осадками более 1 мм соответствовало 1980 и 1988 гг. (124 дня), а наименьшее – 1982 г. (87 дней); самые неблагоприятные условия с дискомфортными значениями  $K_{об}$  отмечались в 2004 г. (254 дня), а наиболее комфортные в 2010 г. (77 дней). Для характеристики комфортности климатических условий города были также использованы среднемесячные температуры самого холодного и теплого месяцев года, отражающие общие особенности климата. Наиболее высокая среднесуточная температура воздуха в Бресте наблюдалась в июле 2006 г. (22,6 °С) и январе 2007 г. (2,6 °С), а минимальная – в июле 1984 г. (16,2 °С) и январе 1987 г. (-14,0 °С). Анализ изменения интегрального показателя комфортности климата в Бресте в 1980–2015 гг. выявил повышение уровня комфортности климатических условий для жизнедеятельности его населения. На протяжении исследуемого периода в Бресте отмечалась устойчивая тенденция к повышению количества дней с нормально эквивалентно-эффективной температурой воздуха от 17 до 21 °С и среднемесячной температурой воздуха в июле и январе; незначительное увеличение количества душных дней, продолжительности комфортного периода эксплуатации жилых сооружений, повышение интегрального показателя комфортности климата. Тенденция к снижению характерна для продолжительности периода с индексом холодового стресса по Хиллу  $\geq 4,5$  Вт/м<sup>2</sup>·с и количества случаев с контрастными изменениями погоды; уменьшается количество дней с межсуточным изменением атмосферного давления  $\geq 9$  гПа/сут, относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  %, холодных дней с температурой воздуха  $\leq -10$  °С, с дискомфортными значениями облачности  $\geq 6$  баллов, со скоростью ветра  $\geq 5$  м/с, с осадками  $\geq 1$  мм; снижается климатический потенциал самоочищения атмосферы. В Бресте в 1980–2015 гг. преобладали умеренно комфортные (83 %) и малокомфортные (14 %) климатические условия.

Таблица – Средние годовые ЭКП климата в Бресте за 1980–2015 гг.

Год	Эколого-климатические показатели							
	$K_{нээт}$ , дни	$K_{дд}$ , дни	$K_{дп}$ , дни	$K_{хд}$ , дни	$K_{ип}$ , дни	$K_{ад}$ , дни	$K_{ов}$ , дни	$K_{ипкк}$ , отн. ед
1980	24	4	34	12	161	48	217	2,34
1981	44	3	34	9	163	39	174	3,4
1982	30	3	19	3	140	29	149	3,7
1983	52	3	40	2	168	58	142	3,22
1984	18	0	40	0	143	26	153	3,22
1985	32	0	44	35	160	29	196	2,98

*Продолжение таблицы*

1986	39	3	39	21	158	33	150	2,94
1987	28	4	49	29	157	38	143	2,9
1988	40	9	43	1	161	49	158	2,86
1989	31	2	20	2	150	31	151	3,78
1990	30	4	18	0	141	37	157	3,14
1991	30	5	25	9	158	30	159	3,46
1992	32	2	26	1	148	46	149	3,22
1993	40	1	50	4	147	30	144	3,32
1994	31	2	25	5	159	45	156	3,26
1995	41	4	20	8	151	53	162	3,5
1996	35	1	28	27	143	30	176	3,26
1997	38	4	16	11	125	48	166	3,26
1998	30	5	21	10	148	45	178	3,12
1999	50	10	17	2	141	44	148	3,56
2000	47	4	14	3	141	32	135	3,86
2001	42	10	20	7	169	37	183	3,24
2002	43	7	23	13	131	36	145	3,36
2003	51	4	18	14	127	42	150	3,6
2004	37	5	14	6	160	46	157	3,4
2005	41	1	22	4	137	31	146	3,94
2006	43	4	22	12	143	25	161	3,66
2007	28	7	22	4	159	37	173	3,1
2008	40	5	14	1	150	27	175	3,88
2009	49	9	17	8	158	30	182	3,82
2010	19	5	29	16	163	30	163	3,06
2011	55	7	18	7	144	30	138	3,94
2012	40	4	28	23	158	32	136	3,3
2013	48	10	25	3	139	30	136	3,84
2014	39	4	20	8	117	17	140	3,76
2015	38	0	13	1	150	32	123	4,04
За 1980–2015 гг.								
Среднее	37,6	4,3	25,7	8,9	149,1	36,2	157,5	3,40
Максимальное	55	10	50	35	169	58	217	4,04
Минимальное	18	0	13	0	117	17	136	2,34
$\sigma$	8,99	2,82	10,36	8,68	12,35	8,99	19,0	0,5
$C_v$	23,91	65,58	40,31	97,53	8,28	24,83	12,06	14,71

УДК 502.55

**Л. Н. ГЕРТМАН**

Беларусь, Минск, Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов

E-mail: [lubov.hertman@yandex.ru](mailto:lubov.hertman@yandex.ru)

## **К ВОПРОСУ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА РЕКРЕАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ТУРИЗМ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ**

Межправительственная группа экспертов по изменению климата прогнозирует серьезные последствия изменения климата в рамках всех секторов экономики и в разных масштабах.

Адаптация к изменению климата – комплексная и многогранная тема, которая включает ряд задач. Успешные «адаптационные стратегии» требуют действий на различных уровнях: местном, национальном, региональном и/или международном. Адаптация включает устойчивый и постоянный процесс приспособления в ответ на новые и меняющиеся природные условия.

Изменение климата затронет каждый аспект общества, окружающей среды и экономики. Это означает осуществление корректировок в поведении, средствах проживания, инфраструктуре, законах и политике, а также институциональной структуре в ответ на произошедшие или ожидаемые климатические изменения. Такие корректировки могут включать повышение гибкости институциональной и управленческой систем по отношению к рассмотрению неопределенных будущих изменений, или же они могут действовать на базе имеющихся место последствий и угроз, и/или прогнозируемых изменений. Плановая адаптация требует тщательного продумывания вопроса о том, как системы будут функционировать в отдаленном, среднем и ближайшем будущем.

Очевидно, что, говоря об адаптации как осознанном и целенаправленном реагировании на изменение климата, следует обратить внимание в первую очередь на адаптационные мероприятия, осуществляемые в целях снижения неблагоприятных последствий изменения климата для антропогенных систем.

В настоящее время в мире широко проводятся исследования по адаптации к изменениям климата для туризма. Разработаны общие методические руководства по направлениям исследований, оценке последствий и адаптационным мерам, планы адаптации разработаны для различных единиц: в целом для секторов экономики стран, в составе государственных планов, для отдельных регионов, населенных пунктов.

Исследования в области рекреации в основном связаны с туристической деятельностью. Большинство ранних исследований по изменению климата и туризму были сосредоточены на туризме как секторе, чувствительном к климату. В этих исследованиях рассматриваются потенциальные и фактические изменения в туристских потоках из-за климатических условий, таких как более теплое лето и уменьшенный снежный покров. В то же время туризм является серьезным

источником влияния на окружающую среду, изменяющим в том числе и климатические характеристики.

Туризм – это сектор, который особенно уязвим к изменению климата из-за его зависимости от окружающей среды и климатических условий. Другой сектор – досуг – с меньшей вероятностью будет ощущать прямое влияние, хотя есть действия с аналогичной зависимостью от условий ресурсов, которые могут измениться.

Однако изменение климата не только скажется непосредственно на туризме, но и косвенно повлияет на изменение температуры, экстремальных погодных явлений и других климатических факторов, поскольку оно будет трансформировать природную среду, которая в первую очередь привлекает туристов, например, путем ускорения береговой эрозии, разрушения чувствительных экосистем, а также путем сокращения снежного покрова. Это также скажется на основных услугах, которые важны для туризма, как, например, водоснабжение, особенно в периоды пикового спроса.

В Беларуси выделяются следующие виды туризма:

- экологический – посещение природных объектов;
- агроэкотуризм;
- лечебно-оздоровительный;
- религиозный – посещение культовых сооружений;
- военно-исторический;
- событийный;
- деловой.

Практически для каждого вида туризма в Беларуси важным элементом является наличие водных объектов.

В настоящее время нормативных документов, напрямую регулирующих организацию рекреационной и оздоровительной деятельности в Республике Беларусь с учетом изменения климата, нет. Существует ряд ТНПА, которые косвенно связаны с организацией данного вида деятельности. В то же время прогнозные расчеты изменения, например, стока рек в связи с ожидаемыми изменениями гидрометеорологических характеристик позволяют говорить о возможных разнонаправленных изменениях для водных объектов, что в конечном счете повлияет на доступность и привлекательность водных ресурсов для рекреации (РУП «ЦНИИКИВР», 2016). Прибрежная эрозия, потеря пляжной зоны, более высокие затраты на защиту от наводнений, эвтрофикация водоемов, снижение водности, повреждение инфраструктуры туризма – это только часть очевидных последствий прямого воздействия изменения климата.

С другой стороны, влияние самой рекреационной активности влияет на водные объекты, что может вызывать усиление негативных последствий изменения климата. Таким образом, рекреационная деятельность на водных объектах должна вестись с учетом различных факторов. Наиболее сильное воздействие на береговые и аквальные комплексы водных объектов оказывают такие виды отдыха, как стационарный самодеятельный туризм, отдых с использованием автотранспорта и маломерного моторного флота. Прямое и косвенное отрица-

тельное воздействие видов рекреации на аквальные и береговые комплексы имеет сложные причинно-следственные связи (прямые и обратные). Иногда косвенное воздействие по своим последствиям может превышать прямое воздействие. Такие расчеты, например, при создании рекреационных зон на водоемах можно производить с использованием ТКП 17.06-17-2018 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Комплексная оценка экологического риска и расчет норм допустимых рекреационных нагрузок на водоемы в зонах отдыха Беларуси», утвержденного постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29.12.2018 № 12-Т.

В таблице приведено возможное воздействие контактных и бесконтактных видов рекреации на водных объектах с выделением зон и периодов воздействия.

Таблица – Воздействие на водные объекты (водоемы) различных видов рекреации

Вид рекреационного использования	Вид рекреации	Преимущественный сезон воздействия	Часть водного объекта				Воздействие
			акватория	прибрежная зона	пляжная зона	гидробиоценозы	
Контактный	Купание	Л					Ф
							Х
							Б
	Подводное плавание, подводная охота	Л					Ф
							Х
							Б
	Водные лыжи	Л					Ф
							Х
							Б
Бесконтактный	Катание на яхтах и катерах	ВЛО					Ф
							Х
							Б
	Катание на лодках с подвесными моторами	ВЛО					Ф
							Х
							Б
	Гребля на лодках и байдарках	ВЛО					Ф
							Х
							Б
	Парусный спорт	ВЛО					Ф
							Х
							Б
	Катание на снегоходе	З					Ф
							Х
							Б
Кайтинг, катание на лыжах, коньках, сноуборде	З					Ф	
						Х	
						Б	

## Продолжение таблицы

	Катание на собаках по льду	З				Ф
						Х
						Б
	Зимний треккинг	З				Ф
						Х
						Б
	Буерный спорт	З				Ф
						Х
						Б
Промысловый	Любительское рыболовство со льда	З				Ф
						Х
						Б
	Любительское рыболовство с берега	ВЛО				Ф
						Х
						Б
	Любительское рыболовство с лодки	ВЛО				Ф
						Х
						Б
	Охота на водоплавающую дичь	ВЛО				Ф
						Х
						Б
Примечание – Воздействие: Х – Химическое; Ф – Механическое (физическое); Б – Биологическое. Преимущественный сезон воздействия: В – Весна; Л – Лето; О – Осень; З – Зима.						

Соблюдение допустимых рекреационных нагрузок позволяет снизить негативное воздействие на качество окружающей среды, и наоборот, их превышение приводит к выводу системы из равновесного состояния, и в конечном счете процессы разрушения береговых и аквальных комплексов могут стать необратимыми. В случае проявления признаков нарушения системы следует снизить нагрузку по виду рекреационного использования, вызвавшему нарушение, или при возможности заменить данный вид природопользования более безопасным. Наряду с этим необходимо разрабатывать и внедрять комплекс мероприятий, снижающих ущерб качеству среды по данному виду рекреационных занятий.

УДК 551.586(476)

**О. И. ГРЯДУНОВА, О. В. ХАРЧУК**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: gryadunova@mail.ru

### **ОЦЕНКА БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ**

Современный человек в значительной степени освободился от непосредственного влияния погоды, создав для себя с помощью разнообразного оборудо-

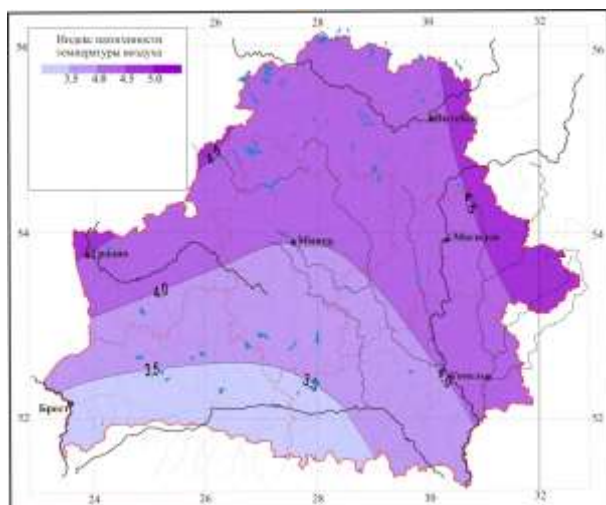
вания искусственный климат в помещениях. Однако погодно-климатические условия продолжают оставаться важнейшим среди факторов окружающей среды, во многом определяющим условия проживания человека на протяжении всей его жизни. Исследуя изменения климатических условий, можно решить проблему здоровья населения, сократить неблагоприятные воздействия на организм человека, что позволит увеличить продолжительность жизни.

Цель исследования – оценка биоклиматической комфортности территории Республики Беларусь.

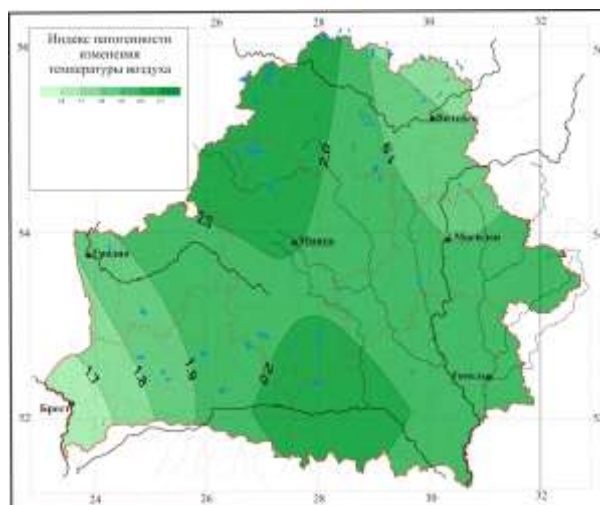
В настоящее время используется три основные методики оценки территории с точки зрения влияния климатических условий на здоровье человека, применимые к целям рекреации и курортного оздоровления: количественная, индексная, балльная [1]. В исследовании использована оценка климата посредством определения частных индексов за 2011–2017 гг. В основу индексной биоклиматической оценки положен расчет показателей патогенности погоды, основанный на изменчивости и отклонении основных метеорологических элементов от их оптимальных значений, являющихся обычными для людей и не вызывающими у них отрицательных реакций [51]: ИПТВ – индекс патогенности температуры воздуха; ИПМИТВ – индекс патогенности межсуточного изменения температуры воздуха; ИПВВ – индекс патогенности влажности воздуха; ИПМИАД – индекс патогенности межсуточного изменения атмосферного давления; ИПВ – индекс патогенности скорости ветра; ИПО – индекс патогенности облачности.

**Температуре воздуха** присуща большая изменчивость, поэтому большой интерес представляет величина межсуточного изменения температуры воздуха (ИПМИТВ), которая, с одной стороны, связана с годовым ходом температуры воздуха, с другой – с циркуляционными процессами и со сменой воздушных масс. Средняя величина ИПТВ по республике составляет 4,5, а ход изолиний имеет субширотный характер, и индекс увеличивается с юго-запада (3,3) на северо-восток (4,5) (рисунок 1). В зимние месяцы, когда приход солнечной радиации сравнительно невелик, основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. Частая смена влажных и теплых воздушных масс с Атлантики, холодных арктических и континентальных воздушных масс из Азиатского максимума создает неустойчивый характер зимы. ИПТВ в зимний период достигает максимальных значений (более 10), что говорит о некомфортных условиях температуры. Весенний период отличается быстрым нарастанием температуры воздуха из-за увеличения продолжительности дня, высоты солнца над горизонтом. Значения ИПТВ значительно уменьшаются с марта (5,5) по май (0,5). В летние месяцы активность атмосферной циркуляции уменьшается, а роль солнечной радиации в формировании климата увеличивается. В летний период ИПТВ достигает своего минимума и составляет 0,3, только на юго-востоке Беларуси значение немного выше – 0,5. Осенью происходит перестройка барического поля атмосферы, из месяца в месяц понижается температура воздуха, уже в ночные и утренние часы возникают первые заморозки на поверхности почвы. Величина индекса патогенности температуры воздуха начинает расти от 1,5 до 8,5.





**Рисунок 1 – Распределение индекса патогенности температуры воздуха**



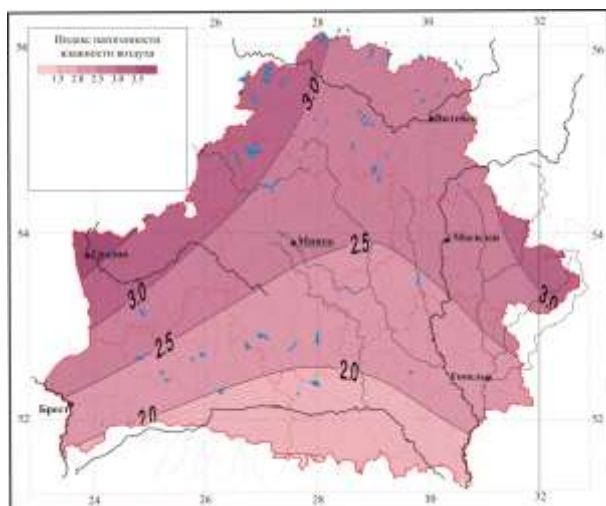
**Рисунок 2 – Распределение индекса патогенности межсезонного изменения температуры воздуха**

Годовой ход ИПМИТВ повторяет годовой ход индекса патогенности температуры воздуха, среднегодовые значения индекса изменяются от 1,7 до 2,0 (рисунок 2); максимум наблюдается в январе – около 4, минимум – июле и августе – 1.

**Влажность воздуха.** Относительная влажность воздуха представляет наибольший практический интерес, т. к. она характеризует степень насыщения воздуха водным паром. Преобладающий атлантический воздух, большое количество осадков, обширные пространства лесов и болот способствуют повышенной влажности воздуха, которая определяет величину индекса патогенности влажности воздуха. Среднее значение индекса патогенности влажности воздуха изменяется от 1,8 в Бресте до 4,0 в Гродно (рисунок 3). Максимальные значения ИПВВ отмечаются в ноябре и декабре, что можно объяснить господством в это время над территорией Беларуси циклонических условий, обеспечивающих приход влажных воздушных масс. В зимние месяцы формируется патогенное воздействие влажности воздуха. Весной с увеличением температуры воздуха относительная влажность уменьшается, достигая в мае минимума. Индекс патогенности влажности воздуха составляет 1–1,5, что соответствует ограниченно благоприятному воздействию на организм человека. В 2015 г. в августе сформировалась засуха, а индекс патогенности составил в Бресте 11,9.

**Атмосферное давление** практически полностью определяется атмосферными процессами, географическим положением и высотой над уровнем моря. Средние значения индекса патогенности изменения атмосферного давления составляют 1,8–2,1 (рисунок 4). Зимний период характеризуется большими перепадами атмосферного давления, поэтому ИПМИАД имеет максимальные значения (3–3,5). Весной происходит процесс перестройки барического поля на летний тип, и атмосферное давление постепенно уменьшается. Величины ИПМИАД в среднем 0,9–2,5, наблюдается снижение с марта по май. Летом

Азорский антициклон сдвигается к северу и располагается юго-западнее территории Беларуси. Таким образом, летом ослабляются барические градиенты и значения ИПМИАД достигают минимума в годовом ходе (0,6–0,8). Осень характеризуется нарастанием разницы в давлении, усилением циклонической деятельности. Происходит формирование барического поля, свойственного холодному периоду. С этими процессами связано увеличение значений ИПМИАД по направлению к зимним месяцам.



**Рисунок 3 – Распределение индекса патогенности влажности воздуха**



**Рисунок 4 – Распределение индекса патогенности межсуточного изменения атмосферного давления**

**Ветровой режим.** Ветер играет важную роль в создании климатического режима местности. Зависимость состояния человеческого организма от направления ветра определяется физико-химическими характеристиками перемещающегося воздуха. Однако большее значение для организма человека имеет скорость ветра. В среднем за год ИПСВ в республике составляет 1,2–1,5 (рисунок 5). В зимний период значения индекса патогенности скорости ветра достигают максимальных величин – 2,5–3, что связано с большими перепадами атмосферного давления, усилением циклонической деятельности. Весной атмосферное давление постепенно уменьшается, следовательно, уменьшается сила ветра и уменьшается величина ИПСВ. Летом ослабляются барические градиенты, поэтому воздушные течения слабее зимних и приобретают иной характер. Увеличивается повторяемость штилевых условий и тихого ветра. ИПСВ в летние месяцы достигают своих минимальных значений (0,7–1). Осенний период характеризуется нарастанием разницы в давлении между охлаждающейся поверхностью суши и океаном, усилением циклонической деятельности, что приводит к увеличению повторяемости и интенсивности циклонов над Беларусью и увеличению скорости ветра. В целом в Беларуси складываются благоприятные и условно благоприятные условия по ветровому режиму.



**Рисунок 5 – Распределение индекса патогенности скорости ветра**

Анализ частных индексов внутри года показал, что наиболее комфортные условия для рекреационных целей формируются в летнее время, а наиболее дискомфортные – в зимнее, в то время как переходные (весна и осень) сезоны характеризуются как благоприятными, так и дискомфортными условиями. В пространственном отношении наиболее благоприятные условия формируются на юге Республики Беларусь, а на севере и северо-западе – дискомфортные условия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Довгуша, В. В. К вопросу о методах комплексной оценки здоровья / В. В. Довгуша, М. Н. Тихонов, Б. М. Борисов // Экология человека. – 2000. – № 2. – С. 20–21.
2. Хайруллин, К. Ш. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. К. Ш. Хайруллина, Н. В. Кобышевой. – СПб. : Гидрометеиздат, 2005. – 319 с.

УДК 551.586(476)

**О. О. ДОРОЖКО**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: dorozhko070996@mail.ru

#### **БИОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ В МЕДИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ**

Погода и климат как прямо, так и косвенно воздействуют на организм человека. Прямое влияние достаточно разнообразно и связано с непосредственным действием и влиянием климатических факторов на организм человека, и в первую очередь на условия теплообмена его с окружающей средой. Как правило, на организм человека влияет не один климатический фактор, а их совокупность, причем основное действие оказывают их внезапные изменения. Прямое воздействие провоцирует и влияет на различные заболевания. Косвенное воздействие

на здоровье человека связано с недостатком или загрязнением питьевой воды, пищи и т. д. [1]. Таким образом, здоровье населения находится в значительной зависимости от погодных и климатических условий: резкие перепады давления и температуры воздуха, большие скорости ветра, высокая относительная влажность, дефицит или избыток ультрафиолетовой радиации влияют на различные заболевания, особенно на простудные.

На основе литературных источников [2] обобщены климатические показатели, способные оказывать негативное воздействие на людей, и проведен анализ изменения этих показателей за 2001–2015 гг.

**Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха  $\geq 8$  °С.** Число дней с межсуточной изменчивостью температуры воздуха более 8 °С колеблется по Брестской области от 7 до 58 дней. Максимальные значения отмечаются в Ганцевичах и Пружанах (более 65 дней). Относительно благоприятными являются Барановичи и Пинск, а минимальные значения отмечаются в Бресте и Высоком (не более 40 дней). Наибольшее количество дней с перепадами температуры в 8 °С наблюдалось в 2015 г. и составляло 58 дней, а наименьшее в 2013 г. (7 дней) и 2007 г. (9 дней). Внутригодовой анализ показал, что наибольшее количество дней с перепадами температуры в 8 °С наблюдается в холодный сезон.

**Число дней со средней суточной температурой воздуха  $\geq 20$  °С.** Продолжительность периода с температурой более 20 °С по Брестской области в 2001–2015 гг. изменялась от 17 (2004 г.) до 50 (2010 г.) дней. Среднегодовые значения изменяются от 30 (Барановичи)–31 (Высокое) до 40 (Пинск)–41 (Брест) дней. Средняя продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха  $\geq 20$  °С за исследуемый период составляет 35 дней. Максимальная продолжительность наблюдалась на метеостанции Полесская (92 дня в 2002 г.), а минимальная – в Ганцевичах и Высоком (14 дней в 2004 г.).

**Число дней с относительной влажностью воздуха  $\geq 80$  %.** Зимой преобладают «влажные» дни с влажностью 80 %. Повторяемость составила 40,8 % (Брест) – 51,2 % (метеостанция Полесская). Среднегодовые значения очень влажной погоды за 2001–2015 гг. изменяются от 143 (2014 г.) – 144 (2015 г.) до 198 (2009 г.) дней. Максимальное количество дней с влажностью более 80 % наблюдалось на метеостанции Полесская (218 дней в 2010 г.), а минимальное – в Ганцевичах (108 дней в 2015 г.). В целом для здоровья людей благоприятна относительная влажность в 40–60 %, которая наблюдается только от 8 % (Полесская) до 16 % (Брест) дней в году.

**Повторяемость скорости ветра  $\geq 7$  м/с.** При большой скорости ветра человек прежде всего испытывает динамическую нагрузку. В зимний период ветер существенно увеличивает холодовой дискомфорт, вызывая дополнительное напряжение терморегуляторной системы организма человека [3]. На территории Брестской области доминируют среднединамические ветра со средней скоростью от 1 до 4 м/с. Повторяемость таких ветров изменяется от 83 % (Пружаны) до 86 % (Брест). При скорости ветра более 7 м/с не рекомендуется проведение рекреационных занятий, а ветра с такой скоростью чаще всего регистрируются на метеостанции Полесская (11) и Пружаны (7). Среднегодовые значения этого

типа ветра изменяются от 3 дней (2006 и 2010 гг.) до 13 дней (2002 г.), а в Ивацевичах за 2001–2015 гг. ветра со скоростью более 7 м/с не наблюдались.

**Повторяемость сочетаний температуры  $\geq 20$  °С и относительной влажности  $\geq 80$  %.** Многие медицинские исследования свидетельствуют об увеличении частоты некоторых заболеваний в зависимости от определенного уровня температурно-влажностного режима. С абсолютной влажностью связано такое дискомфортное явление, как *духота*, которое формируется при относительной влажности более 80 % и среднесуточной температуре выше +20 °С. Оно наблюдается в теплый период года [4]. Повторяемость душных дней за теплый период по Брестской области составляет 8–11 % за период исследования, что свидетельствует о щадящем режиме воздействия. Наибольшее значение повторяемости духоты характерно для метеостанции Полесская (11 %), а наименьшее – для Брест (8 %). Душных дней больше всего регистрируется на метеостанциях Барановичи и Полесская (33 дня), а меньше – Брест и Высокое (6 дней). Чаще всего душные дни фиксируются в июле, а меньше всего в апреле и мае. В 2001 г. на метеостанции Пружаны душные дни наблюдались и в октябре.

**Повторяемость сочетаний температуры воздуха  $\leq 0$  °С и относительной влажности  $\geq 80$  %.** В холодный период года сочетание отрицательной температуры и относительной влажности  $\geq 80$  % усиливает ощущение холодного дискомфорта, что приводит к частому переохлаждению и, как следствие, к простудным и ревматическим заболеваниям [1]. На большей части территории Брестской области повторяемость данного комплекса находится в пределах 10–24 %, наибольшее количество дней приходится на Барановичи (72 дня), а наименьшее – в Бресте (58 дней) (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее количество дней с температурой  $\leq 0$  °С и относительной влажностью  $\geq 80$  % за 2001–2015 гг.

Метеостанция	Температура $\leq 0$ °С, влажность $\geq 80$ %						
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Барановичи	20	17	8	2	2	8	17
Брест	17	14	6	2	2	6	14
Высокое	18	16	8	2	2	6	15
Ганцевичи	18	16	8	2	2	7	16
Ивацевичи	19	15	7	3	2	7	15
Пинск	19	14	8	3	2	7	16
Полесская	19	16	10	3	2	7	17
Пружаны	20	16	8	3	2	6	16

**Число дней с переходом температуры через 0 °С.** Данный показатель включает в себя как оттепели, так и заморозки. Адвективные оттепели являются неблагоприятными для здоровья, т. к. очень часто сопровождаются высокой относительной влажностью, большой скоростью ветра и осадками, вызывая простудные заболевания и провоцируя обострение ревматизма, астмы и туберкулеза и т. д. [3]. Продолжительность безморозного периода на территории

Брестской области в период 2001–2015 гг. изменялась от 266 (2010 г.) до 328 (2015 г.) дней. Первые заморозки наступают в третьей декаде октября и заканчиваются в первой декаде апреля. Максимальная продолжительность безморозного периода наблюдалась в Бресте и составила 336 дней (2015 г.), а минимальная фиксировалась в Ганцевичах – 257 дней (2010 г.). Продолжительность периода, когда температура переходит через 0 °С в сторону понижения, на территории Брестской области в 2001–2015 гг. изменялась от 37 (2015 г.) до 98 (2010 г.) дней. Максимальное количество дней фиксировалось в 2001 г. в Барановичах (102 дня), а минимальное – в 2015 г. в Бресте (29 дней).

**Число дней с жидкими и смешанными осадками.** Территория Брестской области относится к зоне достаточного увлажнения. Из таблицы 2 видно, что 12 % в году (в среднем за исследуемый период 42 дня) приходится на твердые осадки, 10 % (26 дней) – на смешанные и 78 % – на жидкие (134 дня). Следует отметить, что с мая по сентябрь наблюдаются только жидкие осадки.

Таблица 2 – Среднегодовое число дней с твердыми, смешанными и жидкими осадками за 2001–2015 гг. на территории Брестской области

Вид осадков	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Твердые	11	11	6	1	0	0	0	0	0	0	4	9	42
Смешанные	5	5	5	2	0	0	0	0	0	1	3	5	26
Жидкие	6	4	7	11	15	16	16	12	14	14	11	8	134

Важной характеристикой также является продолжительность осадков за год, которая составляет в среднем около 1 200 часов (13–14 % всего времени года). Дождливим принято считать день, когда выпадает более 3 мм осадков (в дневное время), однако это относительная величина. Например, ливневые дожди, которые наблюдаются в летний период, не являются существенным ограничением, т. к. они кратковременны и не мешают отдыху, наоборот, освежают воздух после полуденного зноя [4]. В среднем за год по Брестской области дождливая погода составляет 60 дней. Среднегодовые значения повторяемости дождливых погод изменяются от 50 (2006 г.) – 52 (2003 г.) до 72 (2010 г.) – 73 (2009 г.) дней.

**Повторяемость межсуточной изменчивости давления более 5 мб в сутки.** На территории Брестской области перепады атмосферного давления более чем на 5 мб в течение года составляют не более 40 %, что свидетельствует о тренирующем режиме атмосферной циркуляции. В изменениях атмосферного давления в 2001–2015 гг. можно отметить, что наибольшее количество дней с перепадами давления в 5 мб наблюдается в зимний сезон, а также в переходные (особенно в ноябре и марте), в летнее время такие перепады встречаются редко. Самой высокой повторяемостью характеризуется метеостанция Пружаны, а наименьшей – метеостанция Ганцевичи.

Анализ показал, что наиболее неблагоприятными биоклиматическими условиями характеризуются Ганцевичи и Пружаны, где формируется значитель-

ное число дней с междусуточными колебаниями температуры воздуха  $\geq 8$  °С и повторяемостью междусуточного изменения атмосферного давления более 5 мб в сутки. Низкая температура воздуха и резкое снижение атмосферного давления негативно сказываются на состоянии здоровья населения, страдающего различными типами заболеваний. К относительно неблагоприятным из-за частой смены погоды можно отнести Ивацевичи, Барановичи и метеостанцию Полесская. Высокая влажность совместно с температурой воздуха более  $\geq 20$  °С ухудшает состояние больных, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, заболеваниями органов дыхания и туберкулезом, а высокой повторяемостью данного типа погодных условий характеризуются Ивацевичский, Барановичский, Пружанский и Лунинецкий (метеостанция Полесская) районы. Высокая повторяемость сильного ветра (40–45 % случаев в год) провоцирует обострение сердечно-сосудистых, ревматических и простудных заболеваний, заболеваний органов дыхания и туберкулеза у больных, проживающих в Лунинецком районе (метеостанция Полесская).

Таким образом, наиболее благоприятные биоклиматические условия складываются в Бресте, Высоком и Пинске, где изменчивость специализированных метеорологических элементов для основных видов заболеваний невелика.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сеницын, И. С. Биоклиматическая характеристика территории в медико-географических целях / И. С. Сеницын, И. М. Георгица, Т. Г. Иванова // Ярослав. пед. вестн. – 2013. – Т. 3, № 4. – С. 279–283.
2. Хайруллин, К. Ш. Биоклимат и экономические потери / К. Ш. Хайруллин, М. З. Образцова // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований : тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием : в 2 т. / под ред. проф. Ю. П. Переведенцева и проф. В. А. Рубцова. – Казань : Отечество, 2009. – Т. 2 : Климат, макроциркуляционные процессы и экология атмосферы. Социально-экономические и природные условия конкурентоспособности и позиционирования региона. – С. 223–226.
3. Хайруллин, К. Ш. Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей / К. Ш. Хайруллин. – СПб. : Гидрометеиздат, 2005. – 231 с.
4. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. Н. В. Кобышевой, К. Ш. Хайруллина. – СПб. : Гидрометеиздат, 2005. – 319 с.

УДК 379.851(476)

**А. К. КОРОТКЕВИЧ**

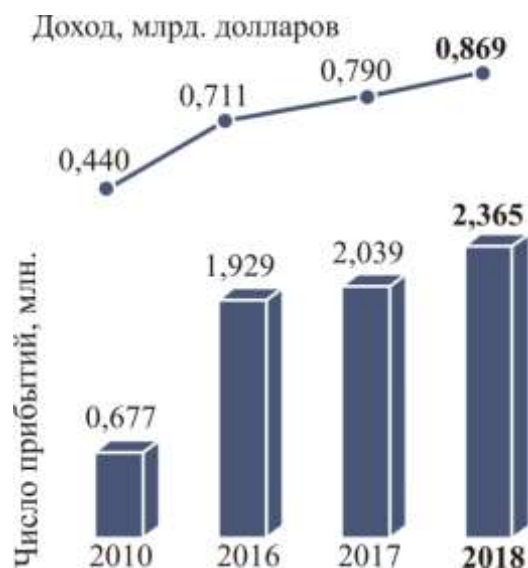
Беларусь, Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

E-mail: a.k1994@tut.by

#### **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОРТИВНОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

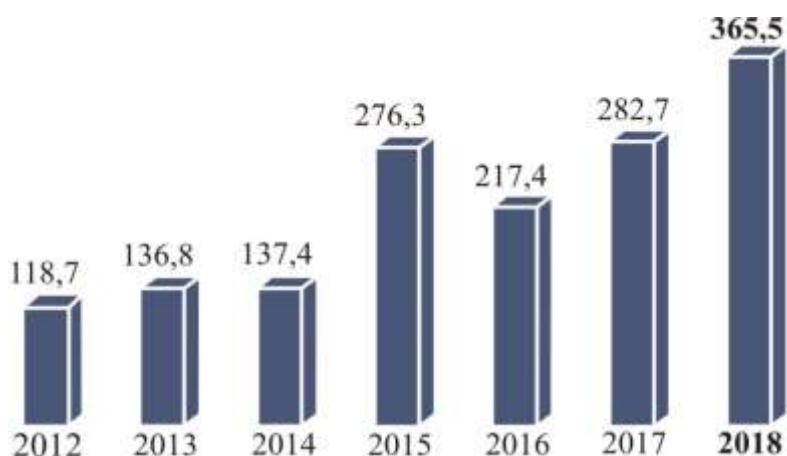
Спортивный туризм является одним из приоритетных видов внутреннего и въездного туризма в Беларуси, который имеет значительный ресурсный потен-

циал. В 2018 г. число международных прибытий в Республику Беларусь составило 2,365 млн, а общий доход от туристической деятельности составил порядка 869 млн долларов. Оба этих показателя являются лучшими за всю суверенную историю Беларуси. Динамика численности прибытий и доходов от туризма представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Динамика численности прибытий и доходов от туризма Беларуси [1]**

Из данных видно, что туристическая отрасль страны постоянно развивается, увеличивая валовые показатели численности прибытий и роста доходной составляющей с каждым годом. Происходит поэтапное увеличение и численности организованных иностранных туристов, посещающих Беларусь. Данный показатель в 2018 г. вырос до максимального уровня за весь период независимости Республики Беларусь и составил 365,5 тыс. человек (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Численность организованных иностранных туристов, посетивших Республику Беларусь в 2012–2018 гг., тыс. человек [2]**



С 2012 г. количество организованных иностранных туристов увеличилось более чем в 3 раза к показателю 2018 г. Этому способствовала в том числе и либерализация визового режима.

По данным Министерства спорта и туризма Республики Беларусь, в Беларуси действуют 48 туристских клубов, 1 700 секций спортивного туризма, в которых занимаются 98 тыс. человек. Центры туризма и краеведения посещают 36 тыс. детей [3].

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь уделяет внимание формированию нормативно-правовой базы развития спортивного туризма. Утверждены правила организации и проведения спортивных туристских походов, которые регламентируют порядок проведения туристских походов на территории Беларуси и за ее пределами. Все мероприятия направлены на обеспечение безопасности участников походов. В 2006 г. утверждена республиканская маршрутно-квалификационная комиссия при общественном объединении «Республиканский туристско-спортивный союз», где регистрируются и получают маршрутную книжку группы туристов, направляющиеся в поход. Организационную поддержку развития спортивного туризма осуществляют общественные организации – Федерация спортивного туризма и Республиканский туристско-спортивный союз.

Природные условия Беларуси позволяют организовать маршруты спортивного туризма лишь I и II категорий сложности, что ограничивает возможности предложения маршрутов для искушенных путешественников, но делает походы по стране доступными для всех туристов, включая малоподготовленных новичков и детско-юношеские группы.

Основными центрами притяжения любителей активных видов спортивного туризма в Беларуси (рисунок 3) являются национальные парки (НП), водные объекты страны и горнолыжные центры. Кроме этого, через территорию Республики Беларусь проходит трансевропейский веломаршрут (EuroVelo) EV2 «Маршрут столиц» (Голуэй – Москва). По территории Беларуси маршрут проходит через НП «Беловежская пуща», Новогрудок, Минск, Борисов и т. д. [16].

С учетом природных условий Беларуси особой привлекательностью для туристов обладают водные походы по многочисленным рекам и озерам страны. Отдельно стоит выделить *Августовский канал* – один из крупнейших каналов Европы, соединяющий реки Висла и Неман. Длина канала 101 км, в том числе 22 км на территории Беларуси и 79 км на территории Польши. Здесь особой популярностью пользуются прогулки на байдарках. У туристов есть уникальная возможность начать свое путешествие на польской стороне канала, а закончить его уже в Беларуси.

Водный туризм – один из самых популярных видов активного отдыха в Национальном парке «Нарочанский». Маршруты водных прогулок и путешествий можно подобрать для разного уровня подготовленности на любой вкус – от спокойного созерцания живописных побережий озер до экстремального прохождения порожистых участков реки Страчи.

Экологическая пешеходная тропа «*Голубые озера*». Протяженность маршрута 4 и 7 км. Он проходит по сильно пересеченной местности: гребню озовой

гряды, хвойному лесу, по берегам живописных озер, через реку Страчу и протоки, вдоль заболоченной местности.



**Рисунок 3 – Основные центры активных видов спортивного туризма Беларуси [3–5]**

Цифрами обозначены горнолыжные центры: 1 – «Логойск», 2 – «Силичи», 3 – «Солнечная долина», 4 – «Якутские горы», 5 – «Мозырь», 6 – «Руба»

Водные походы являются частью туристского продукта Национального парка «Браславские озера». Помимо водных, в парке есть пеший туристический маршрут 4 км и восемь велосипедных маршрутов от 7 до 110 км.

Своеобразной «меккой» парусного туризма является *Заславское водохранилище* (Минское море). Оно было образовано в 1956 г. плотиной на реке Свислочь для того, чтобы бороться с паводками в Минске и регулировать сток реки. На берегу водохранилища располагается водноспортивная база и лодочная станция. Минское море является популярным местом для занятия водными видами спорта. Этому способствует в том числе и непосредственная близость к Минску – менее 3 км от минской кольцевой автодороги до побережья.

Несмотря на то что в Беларуси нет гор, на территории страны находится большое количество высоких холмов, где созданы *горнолыжные центры*, которые активно используются для катания на лыжах. Горнолыжные центры Республики Беларусь – «Логойск», Минская область; «Силичи», Минская область; «Солнечная долина», Минская область; «Якутские горы», Минская область; «Мозырь», Гомельская область; «Руба», Витебская область.

Серьезным толчком развития въездного международного туризма в целом и спортивно-событийного туризма в частности стало проведение 78-го по счету чемпионата мира по хоккею с шайбой в 2014 г., который принимал г. Минск

с 9 по 25 мая. Игры проходили на двух площадках – 15-тысячной «Минск Арене» и 9-тысячной «Чижовка Арене». 22 мая 2014 г. на турнире был установлен абсолютный рекорд посещаемости на тот момент. После четвертьфинальных матчей число зрителей, посетивших встречи чемпионата мира, достигло 582 032 человек. Прежний рекорд – 552 097 человек – был установлен в 2004 г. на чемпионате мира в Чехии. Всего же матчи минского чемпионата посетили 643 434 человека. Доход от проведения мирового первенства, по данным организационного комитета, составил 14,5 млн евро. Общий доход от оказания туристических услуг составил 70 млн долларов. За время чемпионата Минск посетили более 80 тыс. иностранных туристов, из них 50 тыс. человек прибыло через российско-белорусскую границу, а 31 тыс. – через пункты пропуска на границе с Латвией, Литвой, Польшей и Украиной, а также через пункт пропуска в Национальном аэропорту «Минск».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Tourism Organization UNWTO [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www2.unwto.org>. – Date of access: 01.03.19–22.03.19.
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 05.03.19.
3. Министерство спорта и туризма Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mst.by>. – Дата доступа: 06.03.19–08.03.19.
4. EuroVelo – the European cycle route network = ЕвроВело – европейская сеть велотрасс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurovelo.org>. – Дата доступа: 07.03.19–19.03.19.

УДК 502.4(476.7):004

**А. Н. МАЕВСКАЯ, С. М. ТОКАРЧУК**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: [maevskaya.anna@inbox.ru](mailto:maevskaya.anna@inbox.ru); [svetlana.m.tokarchuk@mail.ru](mailto:svetlana.m.tokarchuk@mail.ru)

#### **ГИС-ПОРТАЛ «ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ»**

В настоящее время во всем мире отмечается рост объема собираемых геопространственных данных, что обусловлено все более активным созданием пользователями интернет-контента. В связи с этим важной задачей становится систематизация геопространственной информации определенной тематики, что позволит интегрировать различные типы созданных настольных и веб-ресурсов и упростить доступ к ним для всех заинтересованных сторон [2].

Сегодня одним из наиболее эффективных методов систематизации тематической геопространственной информации является разработка и создание веб-порталов, ГИС-порталов и геопорталов, которые в свою очередь позволяют хранить геопространственные ресурсы, а также предоставлять к ним доступ для разных категорий пользователей.

В настоящей работе представлен опыт разработки регионального ГИС-портала природоохранной тематики, выполненного с целью систематизации

и распространения результатов геопространственной информации, накопленной в ходе выполнения научного исследования «Разработка многоцелевой интерактивной картографической базы данных памятников природы Брестской области: структура, содержание, алгоритмы практического использования» (№ г/р 20180288).

Для реализации ГИС-портала «Памятники природы Брестской области» [1] был использован конструктор сайтов Wix.com, который позволяет создавать различные по тематике сайты как на основе уже заполненных шаблонов, представленных в коллекции, так и с использованием пустых шаблонов.

Исходя из ранее проработанной структуры разрабатываемого сайта (были разработаны необходимые страницы и разделы, продуман порядок их расположения), был выбран готовый шаблон «Консультант», который впоследствии редактировался и дополнялся необходимым функционалом (фотоподложки, кнопки перехода).

В целом разработанный ГИС-портал характеризуется сложной структурой и включает 8 основных разделов, которые отличаются между собой по структуре и тематическому наполнению (таблица).

Таблица – Структура ГИС-портала «Памятники природы Брестской области»

Название раздела, подраздела		Содержание основного окна
1	Главная	Фотография-заставка сайта; схема услуг, оказываемых разработчиками
2	Базы данных	Фотографии разработанных баз данных, сопровождаемые их описанием и кнопками перехода на скачивание либо просмотр
3	Веб-карты	Определение понятия «веб-карта»; схема «Основные шаги создания веб-карт»; ссылка на справку ArcGIS
3.1	Категории и виды	Краткая текстовая характеристика веб-карт, представленных в каждом из подразделов. Встроенные веб-карты с названиями, где название является ссылкой на данную карту в аккаунте ArcGIS Online
3.2	Административные районы	
3.3	Пространственные закономерности	
4	Веб-приложения	Определение понятия «Веб-приложения»; схема о преимуществах веб-приложений карт-историй ArcGIS Online; кнопка перехода на страницу карт-историй ArcGIS Online
4.1	Область	Фотография интерфейса приложений с указанием территориального уровня и тематического направления, для которого оно выполнено, и ссылкой на просмотр приложения
4.2	Административный район	
4.3	Город	
4.4	Отдельные памятники природы	

*Продолжение таблицы*

5	Информационные ресурсы	Краткое описание ресурсов, которые можно найти в разделе
5.1	Законодательные акты	Ссылки на действующие в Республике Беларусь законы в области правовой основы объявления памятников природы
5.2	Интернет-сайты	Ссылки на интернет-сайты, на которых можно почерпнуть информацию о памятниках природы Брестской области и Республики Беларусь
5.3	Научные публикации	Ссылки на просмотр авторских статей из сборников материалов научных конференций, посвященных изучению и картографированию памятников природы Брестской области
6	Перспективы	Текстовое описание перспектив дальнейшего изучения сети памятников природы Брестской области с применением ГИС-технологий
7	О проекте	Краткое описание реализованного проекта; контактная информация об авторах проекта с их фотографиями
8	Контакты	Карта «Мы находимся здесь»; форма для обратной связи с авторами проекта

Все представленные в таблице разделы можно разделить на два типа – вспомогательные и основные.

К вспомогательным можно отнести разделы «Главная», «О проекте», «Контакты». Данные разделы являются простыми по своей структуре и не включают дополнительных подразделов. В основном они предназначены для знакомства пользователя с реализованным проектом в целом, типами услуг, предоставляемых авторами-разработчиками, и содержат контактные данные авторов для обратной связи.

К основным разделам относятся «Базы данных», «Веб-карты», «Веб-приложения», «Информационные ресурсы», «Перспективы». Разделы «Базы данных» и «Перспективы» являются простыми по своей структуре и не включают дополнительных вкладок. В основе данных разделов лежит фоновая заливка из стандартного набора фонов, представленных на сайте. Стоит также отметить, что раздел «Перспективы» является полностью текстовым и не содержит дополнительного фотографического, графического и иного материала, за исключением гиперссылок на разработанные информационные продукты, которые привязаны к отдельным частям текста. В разделе «Базы данных», напротив, представлены фотографии экстенда разработанных баз данных с их кратким текстовым описанием и кнопками перехода для их скачивания и просмотра. Завершается раздел кратким описанием ключевых особенностей, присущих для всех представленных в разделе баз данных. Остальные разделы («Веб-карты», «Веб-приложения», «Информационные ресурсы») характеризуются более сложной структурой. Каждый из данных разделов включает в себя несколько вкладок. Так, в разделе

«Веб-карты» дается общее представление для пользователя о том, что такое веб-карты, какие элементы они содержат, и перечень основных шагов по их созданию. В структуре данного раздела также выделяется три дополнительных вкладки: «Категории и виды», «Административные районы», «Пространственно-временные закономерности». В каждом из разделов встроен набор веб-карт определенной тематики. Например, во вкладке «Административные районы» представлены веб-карты, отражающие площадные и количественные характеристики памятников природы в разрезе административных районов. При этом название карт во всех вкладках является гиперссылкой на данную карту в окне программы ArcGIS Online. Раздел «Веб-приложения» знакомит пользователей с разновидностями веб-приложений, а также с приложениями карт историй ArcGIS Online и их преимуществами. Данный раздел включает четыре вкладки, выделенные по территориальному признаку: «Область», «Район», «Город», «Отдельные памятники природы». Каждая из вкладок данного раздела включает фотографию экстенда разработанных приложений с их названиями. Каждая фотография сопровождается кратким описанием, включающим территориальный уровень и тематическое направление (образовательное, туристическое и др.), по которому приложение выполнено. Также приводится ссылка, позволяющая открывать данное приложение в сети Интернет, либо встраивать ее в различные ресурсы. В основе каждой вкладки лежит подложка в виде фотографии памятника природы. Стоит также отметить, что в некоторых вкладках присутствует дополнительная разбивка приложений. Так, например, во вкладке «Районы» все приложения разбиты на четыре блока: Барановичский район, Березовский район, Жабинковский район, Малоритский район, которые являлись пилотными территориями при выполнении исследования на уровне административных районов. Раздел «Информационные ресурсы» включает три вкладки: «Законодательные акты», «Интернет-сайты», «Научные публикации». Каждая из вкладок содержит перечень информационных ресурсов о памятниках природы и ссылку на их скачивание либо просмотр.

Создание данного ГИС-портала имеет большую практическую и научную значимость. Собственно ГИС-портал «Памятники природы Брестской области» используется в курсе «География Брестской области» для визуализации материала при чтении лекции «Почвы, растительность и животный мир Брестской области» и получения необходимых исходных данных при выполнении практического занятия по теме «Геология и полезные ископаемые Брестской области».

Методика создания портала представлена в виде электронных методических рекомендаций по выполнению двух управляемых самостоятельных работ студентов по курсу «ГИС-технологии» – «Создание электронного геопортала» и «Формирование содержания геопортала».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Памятники природы Брестской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://maevskayaanna.wixsite.com/naturalmonument>. – Дата доступа: 20.05.2019.
2. Пиньде, Ф. Веб-ГИС: принципы и применение / Ф. Пиньде, С. Цзюлинь. – М. : Дата+, 2013. – 356 с.

УДК 574.24

**В. А. МАЛЬЧЕВСКИЙ<sup>1</sup>, С. А. ПЕТРОВ<sup>1</sup>, Н. Л. МАМАЕВА<sup>1,2</sup>,  
А. А. ГАВРИЧКИН<sup>1</sup>, М. В. ЛЕЩЁВ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Россия, Тюмень, Тюменский научный центр Сибирского отделения РАН

<sup>2</sup>Россия, Тюмень, Тюменский индустриальный университет

E-mail: malchevski@mail.ru

### **К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ИНВАЗИРОВАННОСТЬ ГЕЛЬМИНТОЗАМИ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ В ЯМАЛО-НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ**

**Введение.** Условия обитания для северного оленя характеризуются сильнейшими факторами экологического воздействия, например, влиянием абиотических факторов окружающей среды, таких как экстремально низкие температуры (до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), обильные снегопады с метелями и оттепелями, высокая амплитуда колебаний среднемесячных температур до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , устойчивый снежный покров на пастбище в течение 8–9 месяцев с образованием застругов и наста, достигающий плотности более  $0,35\text{ г/см}^3$ . К неблагоприятным биотическим факторам можно отнести такие, как нападение кровососущих насекомых и имаго оводов, инвазионные заболевания, которые значительно снижают продуктивность, ослабляют иммунитет оленей, зачастую приводят к истощению, а нередко и к гибели животных. Наиболее массовый характер имеют оводовые инвазии и гельминтозы северных оленей, а также бруцеллез, болезни органов дыхания, пищеварения. Несмотря на достижения в области изучения оводов и вызываемых ими болезней, работ по гельминтозам северных оленей крайне ограниченное количество. При этом практически отсутствуют данные о влиянии антропогенного фактора на жизнедеятельность северного оленя в контексте с их инвазированностью гельминтозами, что имеет существенное народнохозяйственное значение. Актуальность проблемы усиливается бурным освоением нефтегазового комплекса, который наносит определенный урон хрупким экосистемам Севера. Так, негативное воздействие на тундру оказывает строительство нефтегазовых промыслов, магистральных трубопроводов, вследствие чего происходит промышленное отторжение земель, снижается оленеемкость пастбищ. Все это усугубляется значительными количествами сбросов и выбросов загрязняющих веществ, загрязнением окружающей среды, особенно атмосферного воздуха, вследствие аварий на нефтегазопромысловых месторождениях и трубопроводах. В связи с вышеизложенным оценка влияния антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на инвазированность гельминтозами северных оленей в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) не подлежит сомнению.

**Цель работы** – оценить влияние антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на инвазированность гельминтозами северных оленей Самбургской тундры Пуровского района ЯНАО.

**Материалы и методы.** Исследование инвазивности гельминтозами северных оленей проводилось в течение 2004–2007 гг. Из гельминтозов рассматривались нематодозы, трематодозы, цестодозы. Всего обследовано 2 269 оленей, среди них выделены следующие половозрастные группы: важенки – 588 голов, хоры – 448 голов, телята – 725 голов и нетели – 508 голов. Данные о состоянии окружающей среды в Пуровском районе ЯНАО получены из статистических сборников Территориального органа федеральной службы государственной статистики по Тюменской области за 2004–2007 гг.

Качественные и количественные признаки подвергали статистической обработке с использованием интегрированного пакета программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21. При нормальном распределении использовали следующие статистические параметры: среднее значение (среднее арифметическое значение, медиана, мода), дисперсия и ее производное (среднее квадратическое отклонение). Проводили сравнение достоверности различий или сходства между статистическими характеристиками, полученными при исследовании сравниваемых выборок (по критерию Стьюдента). Для вычисления достоверности различий между средними значениями рассчитывали стандартную ошибку средней арифметической величины. При отсутствии нормального распределения использовали непараметрические методы сравнения двух выборок с расчетом парного критерия Уилсохона, коэффициента корреляций рангов Спирмена.

**Результаты и их обсуждение.** Средние данные по инвазивности гельминтозами северных оленей Самбургской тундры Пуровского района ЯНАО представлены в таблице.

Таблица – Инвазивность гельминтозами северных оленей Самбургской тундры за 2004–2007 гг.

Половозрастные группы	Общее количество обследованных оленей, голов	Инвазивность гельминтозами (экстенсивность инвазии, %)		
		нематодозы	трематодозы	цестодозы
Важанки	588	23,5 ± 0,54	30,0 ± 0,51	11,28 ± 1,5
Хоры	448	29,48 ± 1,29	43,75 ± 2,58	17,00 ± 1,01
Нетели	508	52,55 ± 1,71	35,15 ± 2,80	47,80 ± 1,29
Телята	725	48,95 ± 1,04	16,95 ± 0,69	51,45 ± 0,87
Итого	2269	39,33 ± 1,28	29,53 ± 0,44	33,33 ± 0,57

В целом без учета половозрастных групп за 2004–2007 гг. максимальная экстенсивность инвазии (ЭИ) отмечена по нематодозам ЭИ = 39,33 ± 1,28 %, несколько ниже по цестодозам ЭИ = 33,33 ± 0,57 %, по трематодозам ЭИ составила 29,53 ± 0,44 %. Таким образом, сравнивая распространение [3, с. 78–86] у северных оленей гельминтозов на территории ЯНАО за 1994–1999 гг. (диктиокаулез до 8,7 %, мониезиоз до 7,5 %, элафостронгилез до 6,2 %, нематодиреллез до 3,9 %, цистицеркоз до 0,73 %, эхинококкоз до 0,66 %) с полученными нами результатами, необходимо отметить рост заболеваемости северных оленей гель-



минтозами. При этом проведенный нами корреляционный анализ показал, что рост инвазированности нематодозами у северных оленей напрямую связан с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу ( $r = 0,983$ ;  $p = 0,017$ ), в том числе твердых веществ ( $r = 0,975$ ;  $p = 0,025$ ), газообразных и жидких ( $r = 0,968$ ;  $p = 0,032$ ), оксида углерода ( $r = 0,980$ ;  $p = 0,020$ ), а также с количеством организаций, имеющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с установленными нормативами временно согласованных выбросов ( $r = 0,980$ ;  $p = 0,020$ ). Рост инвазированности трематодозами у северных оленей напрямую сопряжен с выбросом твердых веществ ( $r = 0,953$ ;  $p = 0,047$ ), а также с количеством организаций, имеющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с установленными нормативами временно согласованных выбросов ( $r = 0,950$ ;  $p = 0,050$ ). При этом рост инвазированности цестодозами напрямую коррелирует с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу ( $r = 0,976$ ;  $p = 0,024$ ), в том числе газообразных и жидких ( $r = 0,958$ ;  $p = 0,042$ ), оксида углерода ( $r = 0,959$ ;  $p = 0,041$ ). Как видно из приведенной таблицы, более подвержен инвазированности гельминтозами молодняк (телята и нетели). Так, максимальные показатели ЭИ нематодозами отмечены у нетелей (ЭИ =  $52,55 \pm 1,71$  %), несколько ниже ЭИ у телят ( $48,95 \pm 1,04$  %). Высокая ЭИ трематодозами зарегистрирована у хоров ( $43,75 \pm 2,58$  %), несколько ниже у нетелей ( $35,15 \pm 2,80$  %). Максимальные показатели ЭИ цестодозами отмечены у молодняка, в частности у телят ( $51,45 \pm 0,87$  %) и несколько ниже у нетелей ( $47,8 \pm 1,29$  %). Высокая ЭИ в основном по нематодозам и цестодозам у молодняка, по-видимому, объясняется младшим возрастом и, следовательно, слабым у них противопаразитарным иммунитетом. Проведенный нами корреляционный анализ между состоянием воздушного бассейна и инвазированностью гельминтозами молодняка северных оленей показывает, что рост инвазированности нематодозами у нетелей напрямую связан с выбросом твердых веществ ( $r = 0,979$ ;  $p = 0,021$ ), а также с количеством организованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ( $r = 0,969$ ;  $p = 0,031$ ). Корреляционные взаимосвязи, имеющие прямой характер, установлены между выбросом твердых веществ в атмосферный воздух и цестодозами у нетелей ( $r = 0,968$ ;  $p = 0,032$ ). Выявлено, что уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу после проведения мероприятий благоприятно влияет на инвазированность цестодозами у нетелей ( $r = -0,999$ ;  $p = 0,005$ ). На инвазированность нематодозами у телят влияют такие показатели качества атмосферного воздуха, как выбросы загрязняющих веществ в атмосферу ( $r = 0,989$ ;  $p = 0,011$ ), в том числе твердых веществ ( $r = 0,949$ ;  $p = 0,051$ ), газообразных и жидких ( $r = 0,971$ ;  $p = 0,029$ ), оксида углерода ( $r = 0,979$ ;  $p = 0,021$ ).

**Выводы.** Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха оказывает негативное воздействие на экстенсивность инвазии гельминтозами северных оленей Самбургской тундры Пуровского района ЯНАО. Это связано в первую очередь с иммунодепрессивным воздействием токсических веществ (твердых, газообразных и жидких), а также с наличием характерных трофических связей, когда северные олени вместе с зеленым кормом проглатывают и инвазированных личинок на пастбищах.

*Работа выполнена по госзаданию согласно Плану НИР ТюмНЦ СО РАН на 2018–2020 гг., протокол № 2 от 08.12.2017 (Приоритетное направление IX.133. Программа IX.133.1. Проект: IX.133.1.4. Кробиологические процессы на суше и в прибрежной части Карского моря в условиях повышения среднегодовых температур) и согласно Плану НИР ВНИИВЭА-филиал ТюмНЦ СО РАН на 2018–2020 гг. в рамках тем ФНИ № 0371-2018-0040 «Мониторинг эпизоотической ситуации и прогнозы развития возможных вспышек паразитарных болезней животных» и Программы фундаментальных исследований РАН (АААА-А18-118020690240-3).*

УДК 502.11

**А. Д. ПАНЬКО**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: adpanko24@gmail.com

### **ТРАНСГРАНИЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В СФЕРЕ СОХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО НАСЛЕДИЯ: ОПЫТ БРЕСТСКИХ ПАРТНЕРОВ В РАМКАХ ПРОГРАММ PL-BY-UA**

С 2004 г. начато активное сотрудничество Европейской комиссии с приграничными регионами Беларуси, Украины и Польши в рамках программ трансграничного сотрудничества (Programme CBC PL-BY-UA). Реализовано три программных цикла: 2004–2006, 2007–2013, 2014–2020 [1].

Программа 2004–2006 выделила отдельный приоритет, посвященный сохранению природного наследия, – «1.2. Выработка общей трансграничной системы охраны окружающей среды». В рамках данного приоритета было реализовано 30 проектов, в основе которых трансграничная деятельность в сфере экологического туризма, просвещения, защиты окружающей среды, совершенствования санитарной инфраструктуры, популяризации природного наследия и пр. Однако вопросы природопользования и охраны окружающей среды являлись ключевыми аспектами и в ряде других проектов, относящихся к иным приоритетам программы.

Таковым, например, стал проект «Три Полесья – общая стратегия охраны и экологического использования природного наследия территорий польско-белорусско-украинского пограничья». Проект был реализован четырьмя партнерами: Полесским аграрно-экологическим институтом НАН Беларуси (Брест), фондом «Европейский центр трансграничных инициатив» (Люблин), Полесским национальным парком (Люблинское воеводство) и Физико-механическим институтом НАН Украины (Львов). Это был один из немногих проектов Программы добрососедства, реализованных с равным участием партнеров из трех стран (бюджет, действия, результаты). Ключевым результатом проекта стала разработка и внедрение общей стратегии деятельности различных организаций на трансграничной территории. Немалая часть идей, вложенных в стратегию, впослед-

ствии стала самостоятельными проектами или инициативами, реализованными при поддержке других программ и фондов. Проект позволил наладить дальнейшее сотрудничество для большого числа организаций, деятельность которых была связана с трансграничным биосферным резерватом «Западное Полесье». Десять организаций по итогам проекта создали сеть сотрудничества, деятельность которой вылилась в реализацию совместных инициатив. Были организованы три тренинга по изучению основ проектного менеджмента, охвачено 55 участников. Треть из них в последующие годы приняли участие в реализации собственных проектов и инициатив. Таким образом, проект стал площадкой, позволившей белорусским организациям и ее лидерам стать полноправными участниками трансграничного сотрудничества, получить или закрепить опыт стратегического планирования и проектного менеджмента.

Проект Брестского областного управления МЧС «Совершенствование системы общественного участия в предупреждении и ликвидации экологических катастроф в еврорегионе “Буг”» позволил существенно активизировать информационно-пропагандистскую работу спасателей с населением, направленную на снижение числа весенних палов травяной растительности. В работу с общественностью были вовлечены учащиеся учреждений образования, волонтеры, местные активисты, органы власти.

Программа 2007–2013 включала приоритет «2.1. Защита окружающей среды на приграничных территориях». Лидером в Брестском регионе стало КУМПП ЖКХ «Каменецкое ЖКХ», которое на реализацию трех проектов привлекло грантовое финансирование на сумму более 3 млн евро. В рамках проекта «Расширение трансграничной системы очистки сточных вод в бассейне реки Западный Буг» в Каменце были построены новые очистные сооружения полной биологической очистки сточных вод с комплексом необходимых устройств и зданий мощностью 2,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Одновременно польский партнер (администрация г. Гайновка) сделал модернизацию существующих очистных сооружений в городе. В результате проект позволил снизить содержание различных химических и органических элементов в водах реки Лесная, на которой стоят Гайновка и Каменец. В рамках проекта налажено долгосрочное сотрудничество исследовательских, природоохранных и коммунальных организаций приграничных регионов Беларуси и Польши в сфере сохранения и управления водными ресурсами. В учебных заведениях региона проведена информационно-образовательная кампания «Экономь воду!», направленная на формирование у подрастающего поколения бережного отношения к водным ресурсам.

Самым большим проектом Программы 2007–2013 по количеству партнеров стал проект «Сохраним Беловежскую пушу вместе», в реализации которого приняли участие 14 организаций под руководством дирекции еврорегиона «Беловежская пуша». Брестскую область в проекте представляло Брестское областное управление МЧС. Было закуплено более 20 единиц различной специальной техники, ориентированной на проведение пожарно-спасательных работ как в сельских населенных пунктах, размещенных вокруг пуши, так и в природных экосистемах, в том числе в труднодоступных местах. Партнерами совместно

с местными органами власти проведены учения, тренинги, в которых отработывались механизмы взаимодействия при чрезвычайных ситуациях служб оперативного реагирования, спасателей, общественности и властей. Большой упор был сделан на организацию работы с местным населением, в частности на снижение числа пожаров в природной среде, возникающих по вине человека. Результаты проекта позволили увеличить оперативность реагирования спасателей на чрезвычайные ситуации в регионе Беловежской пуши, что, в свою очередь, уменьшает ущерб, причиненный окружающей среде, населению и экономике.

Неоднозначную оценку общественности получил проект «Восстановление магистрального водного пути Е-40 на участке Днепр – Висла: от стратегии к планированию». Лидером проекта являлся РУЭСР «Днепро-Бугский водный путь». Для изучения всесторонних вопросов была создана трансграничная комиссия, в состав которой вошли представители природоохранных и транспортно-логистических организаций, министерств, НИИ трех стран. В результате проекта разработаны три детальных сценария восстановления водного пути из Черного в Балтийское море, что позволит перевозить до 4 млн т грузов в год. Тревогу экологов вызывает объем гидротехнических работ, которые нужно провести для восстановления пути. По их мнению, это может привести к значительному ухудшению экологической ситуации в Полесье [2].

В программный период 2014–2020 включен приоритет «1.2 «Продвижение и сохранение природного наследия». В основе заложены принципы увеличения привлекательности регионов через сохранение их природного наследия. Единственным ведущим бенефициаром с белорусской стороны стало КУМПП ЖКХ «Жабинковское ЖКХ», которое на реализацию проекта «Чистая река – главный приоритет» получило грант в размере 2,5 млн евро. Партнерами проекта стали ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси» и ООО «ЭкоБуг» (гмина Тересполь, Польша).

Проект направлен на сохранение природного наследия в бассейне реки Буг с целью повышения привлекательности региона и качества жизни местного населения. В рамках реализации проекта начато строительство новых очистных сооружений для города-спутника Жабинки, рассчитанных на рост населения и объемов производства в городе. В гмине Тересполь будет проложено 4,3 км канализационной сети, что позволит упорядочить водоотведение в бассейне рек Кшна и Чапелька.

На базе Полесского аграрно-экологического института создан Гидроэкологический центр, который позволит объединить усилия ученых, специалистов-гидрологов, представителей органов власти Беларуси и Польши для совместного решения проблем, связанных с охраной водных ресурсов. В проекте предусмотрены совместные исследования, обсуждение результатов, выработка рекомендаций. С целью формирования у населения экологического сознания, бережного отношения к водным ресурсам, понимания, что экономия воды способствует снижению семейных расходов, предусмотрено проведение широкой информационной кампании. Запланированы мероприятия в школах, работа с населением, активность в социальных сетях, проведение конкурса детских рисунков и эссе.

Для школьников из Жабинки и Бреста, активистов кампании, предусмотрена образовательная поездка в Польшу.

Благодаря проекту в пригородной зоне Жабинки запланировано создание площадки отдыха с малыми архитектурными формами, маркировка экологической тропы, что, в свою очередь, будет способствовать росту туристической привлекательности района.

Таким образом, привлеченные белорусскими организациями грантовые средства позволили модернизировать санитарную инфраструктуру, усилить материальную базу, организовать проведение разнообразных информационных, поляризационных и образовательных кампаний, направленных на сохранение и рациональное использование природного наследия региона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа трансграничного сотрудничества «Польша – Беларусь – Украина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pbu2020.eu/by/pages/135>. – Дата доступа: 22.05.2019.

2. «Водный путь Е-40 – это смерть для Полесья!» Какой ценой обойдется Беларуси выход к морю? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenbelarus.info/articles/10-10-2016/vodnyy-put-e-40-eto-smert-dlya-polesya-kakoy-cenoy-oboydetsya-belarusi-vyhod-k>. – Дата доступа: 25.05.2019.

УДК 502.6:581.331.2

**С. С. ПОЗНЯК, О. М. КОНОПЕЛЬКО**

Беларусь, Минск, МГЭИ имени А. Д. Сахарова БГУ

E-mail: [pazniak@iseu.by](mailto:pazniak@iseu.by)

#### **БИОИНДИКАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН РАСТЕНИЙ**

Пыльца высших растений является хорошим биологическим индикатором экологических загрязнений. Процесс ее развития и формирования очень чувствителен к воздействию отрицательных, негативных внешних факторов, таких как радиация, вулканическая деятельность, повышенная солнечная активность, выбросы тяжелых металлов и т. д. Под влиянием всех вышеперечисленных и многих других факторов происходят изменения морфологической структуры пыльцевых зерен: изменяются размеры и форма, количество и тип апертур, их расположение относительно друг друга, скульптура поверхности, количество слоев и толщина оболочки пыльцевого зерна [1]. Чем интенсивнее влияние внешних негативных факторов, тем серьезнее и очевиднее изменения, происходящие в морфологическом строении пыльцы.

Негативные факторы индустриализованной среды обитания живой природы нарушают процессы жизнедеятельности растений и приводят к продуцированию большого количества тератоморфных пыльцевых зерен. Чем выше загрязненность окружающей среды, тем больше тератоморфной пыльцы попадает в атмосферные аэрозоли [2].

Использование традиционных методов оценки воздействия на окружающую среду зачастую не позволяет получать адекватную информацию о происходящих изменениях качества природной среды. В связи с этим требуется оптимизация существующих и поиск новых инновационных методов мониторинга.

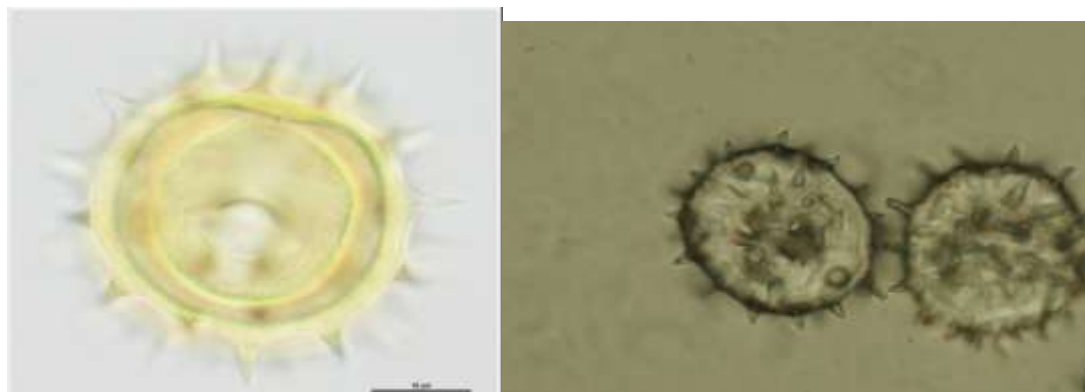
Цель нашего исследования заключается в изучении таксономического состава пыльцевых спектров древесных и травянистых растений, их морфологического строения для оценки состояния окружающей среды.

Задачи исследования – выполнить анализ пыльцевых зерен и выявить тератоморфные пыльцевые зерна с помощью светового и сканирующего электронного микроскопов по следующим параметрам: форма пыльцевого зерна, размер пыльцевого зерна, количество апертур, характер расположения и тип апертур, толщина и количество слоев спородермы, характер и тип скульптуры спородермы, нарушение симметрии пыльцевого зерна.

Были изучены календари пыления растений и выбраны наиболее благоприятные дни для сбора пыльцы. Сбор пыльцевых зерен осуществлялся по следующей методике: в период массового цветения цветки растений срезались и сушились в течение трех дней. После пыльца с каждого цветка стряхивалась на предметное стекло или в эппендорф в зависимости от цели получения пыльцевых зерен [3]. Далее готовились временные препараты из пыльцы, после чего они изучались при помощи светового оптического микроскопа Nikon Eclipse E200 с использованием иммерсионных объективов.

В ходе исследования нами изучена морфология пыльцевых зерен 15 видов растений: ива белая, мать-и-мачеха, ветреница дубравная, каштан конский обыкновенный, нарцисс желтый, примула весенняя, береза повислая, черешня, вишня обыкновенная, резуха короткоплодная, яблоня лесная, самшит, айва японская, рябина обыкновенная, крокус весенний.

В результате исследований установлено, что у большинства изученных пыльцевых зерен истончена спородерма (рисунок 1), которая является очень устойчивой структурой к внешнему воздействию, что является, по-видимому, результатом длительного негативного воздействия факторов окружающей среды на растения.



**Рисунок 1 – Нормальное (слева) и экспериментально полученное (справа) строение пыльцевого зерна мать-и-мачехи**

Изображения пыльцевых зерен мать-и-мачехи, полученные нами в ходе исследования, среднего размера, их скульптура шиповата, содержит высокие конические шипы. Количество и расположение аппертур соответствуют норме. Однако оболочка пыльцевого зерна истончена.

Такая же тенденция наблюдается и у примулы весенней (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Нормальное (слева) и экспериментально полученное (справа) строение пыльцевого зерна примулы весенней**

Пыльцевые зерна примулы весенней мелкие, с сетчатой скульптурой. Аппертуры расположены экваториально. Насчитывается больше 6 аппертур бороздчатого типа. Четко наблюдается сильное истончение оболочки пыльцевого зерна.

Проанализировав полученные данные, мы пришли к выводу, что большинство пыльцевых зерен исследованных растений имеют морфологические отклонения от своего нормального строения. Наиболее распространенным отклонением является утончение оболочки пыльцевого зерна – спородермы. Наблюдается истончение как внутреннего неустойчивого слоя спородермы – интины, функционально ответственной за формирование пыльцевой трубки, так и устойчивого наружного слоя – экзины, защищающей содержимое пыльцевого зерна от воздействий внешних факторов.

Таким образом, в ходе выполнения исследований подтверждена возможность использования таксономического состава пыльцевых спектров древесных и травянистых растений, их морфологического строения для оценки состояния окружающей среды, ретроспективного анализа и прогнозирования состояния экосистем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lavrentev, N. V. Paleocologic Situation of Late Paleolithic in Zapadny Manych River Valley / N. V. Lavrentev // *European Researcher*. – 2012. – № 28. – С. 1385–1398.
2. Лазарева, О. В. Методические аспекты анализа функциональных особенностей пыльцы в целях палиноиндикации / О. В. Лазарева, Н. Б. Лаврова // *Геология и полезные ископаемые Карелии*. – 2012. – № 15. – С. 28–35.
3. Нестерова, Л. А. Палеогеохимические и палинологические реконструкции юго-восточного склона Вепсовской возвышенности / Л. А. Нестерова, Д. А. Морозов, О. В. Малоземова // *Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена*. – 2014. – № 165.

УДК 911.3:314

**В. А. РУБЦОВ, Э. И. БАЙБАКОВ, Н. М. БИКТИМИРОВ,  
Г. Н. БУЛАТОВА, М. В. РОЖКО**

Россия, Казань, Казанский (Приволжский) федеральный университет  
E-mail: vrubtzov.57@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ И СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Сложность изучения эколого-демографических связей обусловлена тем, что речь идет о взаимодействии природных и социальных процессов, объединяемых территорией, с одной стороны, и биологической основой человека – с другой [1]. В восприятии человеком окружающей среды и его реакции на влияние природных факторов проявляются и социальные, и биологические особенности территориальных общностей людей. Она может быть оценена либо непосредственно опросом населения, либо через совокупность объективных показателей, характеризующих здоровье населения [2]. Количественные изменения в динамике населения не всегда адекватны изменениям в показателях, характеризующих его здоровье и жизненный потенциал.

То, что состояние здоровья народонаселения определяется влиянием сложного комплекса указанных факторов, хорошо известно и подтверждается статистическими данными. Здоровье населения определяется и уровнем материального благосостояния, его культурой и социальными отношениями, и развитием здравоохранения, и генетическими факторами, и условиями труда, быта, питания, образом жизни и т. д. [3].

За последние годы в Республике Татарстан наблюдается динамика снижения показателя смертности среди лиц трудоспособного возраста, особенно у мужчин. В 2017 г. показатель смертности трудоспособного населения в сравнении с 2016 г. уменьшился на 3,3 % и составил 423,3 на 100 тыс. населения соответствующего возраста. В структуре смертности среди лиц трудоспособного возраста преобладают болезни системы кровообращения, составившие 33,5 %. Значение показателя составило в 2017 г. 141,3 случая на 100 тыс. населения (в 2016 г. – 146,1). На втором месте (23,1 %) в структуре смертности трудоспособного населения – смертность от внешних причин. Значение показателя – 97,4 случая на 100 тыс. населения (в 2016 г. – 112,7). Третье место (16,6 %) в структуре смертности трудоспособного населения занимают злокачественные новообразования – 70,1 случая на 100 тыс. населения соответствующего возраста (в 2016 г. – 69,3 случая на 100 тыс. населения соответствующего возраста).

Показатель первичной заболеваемости населения Республики Татарстан в 2017 г. составил 794,9 на 1 000 населения, что незначительно отличается от показателя 2016 г. (793,9 на 1 000 населения). В 2017 г. по сравнению с 2016 г. отмечен рост первичной заболеваемости по следующим классам заболеваний:



болезни глаза и его придаточного аппарата (на 8,6 %), болезни системы кровообращения (на 31,2 %), болезни органов пищеварения (на 3,3 %). По всем остальным классам болезней зарегистрировано снижение показателя первичной заболеваемости.

Показатель распространенности заболеваний –1607,9 на 1 000 населения, что на 0,7 % меньше показателя 2016 г. (1 618,5 на 1 000 населения). В 2017 г. отмечено нарастание интенсивности распространенности новообразований (на 14,8 %), болезней крови, кроветворных органов и отдельных нарушений, вовлекающих иммунный механизм (на 2,9 %), болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (на 1,3 %), болезней органов дыхания (на 1,0 %), болезней мочеполовой системы (на 4,5 %), врожденных аномалий, деформаций и хромосомных нарушений (на 6,3 %). По всем остальным классам болезней зарегистрировано снижение показателя распространенности заболеваний.

По данным 2017 г., умерших в трудоспособном возрасте среди сельского населения больше (7,8 человека на 1 000 мужчин трудоспособного возраста), чем среди городского населения (6,1 человека на 1 000 мужчин трудоспособного возраста) [4].

В целом за последние годы в Республике Татарстан происходит снижение смертности мужчин трудоспособного возраста, хотя в ряде районов ситуация остается сложной. Основной причиной смерти мужчин трудоспособного возраста продолжает оставаться алкоголь. Кроме этого, растет значение экологического фактора, и в дальнейшем роль его на определенных территориях республики будет представлять серьезную угрозу для здоровья населения. Анализ смертельных исходов среди умерших трудоспособного возраста в муниципальных районах Татарстана показал, что в большинстве случаев именно злоупотребление алкоголем приводит к развитию алкогольной кардиомиопатии, цирроза печени, язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки, панкреонекроза, что в конечной, запущенной стадии заболевания приводит к смерти пациентов. На фоне алкоголизма происходит 80 % суицидальных попыток, закончившихся смертью. Также возрастает число случаев инфаркта миокарда в Татарстане у мужчин трудоспособного возраста.

Сельчане получают больше канцерогенов, чем горожане: пестициды и удобрения, используемые в сельском хозяйстве, поступают в почву, растения и воду в огромных количествах. Например, Камско-Устьинский и Тетюшский муниципальные районы – регионы с очень высокой заболеваемостью. Причина – загрязненная вода. Следует отметить, что среди лиц трудоспособного возраста Тетюшского муниципального района во многом высокий уровень общей смертности населения определяется избыточной смертностью населения от внешних причин, т. е. в группе наименее поддающейся контролю со стороны сотрудников сферы здравоохранения, что указывает на названные выше причины.

Считается, что самые безопасные в республике районы, расположенные на северо-западе (Сабинский, Кукморский, Арский, Атнинский и др.). Там вода и почва чище и заболеваемость ниже. По этому показателю в числе самых

«грязных» Елабужский и Тукаевский муниципальные районы. Оказалось, что у представителей Кукморского и Арского районов уровень содержания вредных веществ даже ниже среднего по Татарстану, а Елабужского и Тукаевского – в 3–5 раз выше. Результаты исследования почвы на содержание тяжелых металлов показали, что самыми загрязненными оказались районы юго-востока Республики Татарстан. Здесь выявлена четкая связь между сильной загрязненностью воды, почвы, растений хромом, никелем, кадмием и возникновением рака желудка, толстой кишки и т. д.

В целом жители крупных городов подвержены высокой заболеваемости. В Татарстане в среднем на человека приходится 100 кг загрязняющих веществ. В среднем это немного, но, например, в Заинске, где выбросы превышают норму в 5–10 раз, на человека приходится около 1 000 кг. Здесь чаще встречается рак легких, почек, мочевого пузыря. Большая часть валовых выбросов в атмосферу приходится на гг. Казань, Набережные Челны, Нижнекамск, Заинск, Альметьевск, где сосредоточен основной промышленный потенциал республики. Заболеваемость раком в Нижнекамске ниже, чем в Казани, но это молодой город, и пока срабатывает возрастной фактор. При этом тенденции к росту некоторых видов рака самые высокие в Республике Татарстан. Пройдет еще 5–10 лет, и заболеваемость в Нижнекамске станет выше, чем в Казани. В столице Республики Татарстан тоже неблагоприятно. Многолетние исследования показали, что в Казани наиболее высокая заболеваемость – в Кировском и Авиастроительном районах. Чуть лучше ситуация в Ново-Савиновском, Приволжском. Но в городе вредные вещества получают в основном с автомобильными выхлопами.

Многообразие факторов, влияющих на состояние здоровья населения, вызывает большие затруднения для интегральной его оценки. Эти затруднения в большой степени определяются тем, что отдельным возрастным, половым, профессиональным группам присущи особые социально-гигиенические характеристики, определяющие величину тех или иных показателей здоровья.

Проведенный анализ влияния экологических факторов на здоровье населения Республики Татарстан позволил выделить территории с высоким (2,8–3,5 балла), средним (2,2–2,8 балла) и слабым (1,6–2,2 балла) влиянием факторов. Наиболее сложная ситуация наблюдается в Зеленодольском, Рыбно-Слободском, Алексеевском, Спасском, Муслимовском, Лениногорском и Бугульминском муниципальных районах. Средний балл получили районы, формирующие промышленный сектор экономики Республики Татарстан: Тукаевский, Нижнекамский, Елабужский, Заинский, Менделеевский и др. Минимальный балл был зарегистрирован в индустриально-аграрных районах республики – Арском, Атнинском, Верне-Услонском, Буинском и др.

В итоге анализ уровня техногенной нагрузки и балльная оценка заболеваемости и смертности позволили выявить в Республике Татарстан 5 типов эколого-демографической ситуации: 1) «благополучная» эколого-демографическая ситуация; 2) «относительно благополучная» эколого-демографическая ситуация; 3) «ухудшающаяся» эколого-демографическая ситуация; 4) «неблагополучная» эколого-демографическая ситуация; 5) «кризисная» эколого-демографическая ситуация.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габдрахманов, Н. К. Геодемографический потенциал Республики Татарстан / Н. К. Габдрахманов, В. А. Рубцов, Г. Р. Ахунзянова. – Казань : Отечество, 2014. – 124 с.
2. Федоров, Г. М. Научные основы концепции геодемографической обстановки / Г. М. Федоров. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. – 180 с.
3. Бедный, М. С. Демографические факторы здоровья / М. С. Бедный. – М. : Финансы и статистика, 1984. – 312 с.
4. Демографический ежегодник Республики Татарстан. 2018 : стат. сб. / Татарстанстат. – Казань : Изд. центр Татарстанстата, 2018. – 162 с.

УДК 911.37+470.51

**В. П. СИДОРОВ**

Россия, Ижевск, Удмуртский государственный университет  
E-mail: sidorov@udm.ru

**КОМФОРТНОСТЬ И КОНТРАСТНОСТЬ ТРАНСГРАНИЧНЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПРОСТРАНСТВ**

Во времена всеобщего советского дефицита уже сам факт получения квартиры для жителя СССР считался большой удачей. Размеры и качество квартиры отходили на второй план. Про обустройство придомовой территории и вообще вспоминали в последнюю очередь. В раннекапиталистический период практически во всех республиках постсоветского пространства строили мало, и жилой фонд потихоньку ветшал. Квартиру получить стало практически невозможно, а купить не на что. В начале 2000-х гг. строить стали больше. Рост предложения жилья способствовал усилению требований к качеству и комфортности квартир. Начали изменяться требования к придомовому пространству, которое все чаще стали называть городской средой. Но в то время содержание понятия «качество городской среды» имело в большей степени чисто экологический характер, подразумеваемая состоянием почв, вод, атмосферного воздуха. С начала 2010-х гг. в крупных городах Российской Федерации (и в первую очередь в областных и республиканских центрах) наблюдается настоящий бум строительства жилых и общественных зданий, который радикально меняет внешний облик урбанизированных пространств, существенно изменяет географию расселения населения. Разработанные в начале 2000-х гг. генеральные планы развития городов быстро устаревают и не соответствуют новым реалиям. Многие их разделы не выполняются из-за недостатка средств. Предложение жилья стало превышать спрос. К тому же в России за последние 25 лет при сохраняющейся численности населения автопарк вырос более чем в 4 раза. В наши дни возможность и простота парковки является существенным условием при выборе жилья. Соответственно, потенциального покупателя стала интересовать не только площадь и благоустроенность его квартиры, но и комфортность окружающей городской среды. Термин «комфортность среды», не потеряв экологического компонента, наполнился инфраструктурным, локационным, эстетическим и другими компонентами.

Официальные властные структуры на федеральном и муниципальном уровнях вовремя среагировали на изменение ситуации и издали соответствующие плановые документы, предлагающие методику оценки комфортности/качества городской среды [1; 2]. Разработали свои варианты методики и многие негосударственные конструкторские бюро, другие организации, связанные с планированием территории.

Предлагаемые варианты методики не устроили автора настоящей статьи и его коллег, потому что оценивали индекс качества среды точечных объектов (например, отдельных населенных пунктов). Нами же была разработана методика оценки качества среды не только отдельных точечных объектов, но и отдельных участков в рамках урбанизированного пространства, объединяемого образом жизни населения и разделенного административными границами, архитектурным обликом и инфраструктурным наполнением. Вышеупомянутая методика успешно применялась и применяется при оценке комфортности городской среды г. Ижевска [3; 4].

При проведении практических работ автор статьи обратил внимание на существование особых участков урбанизированного пространства, расположенных на границе контрастных сред (наподобие существующих в физике или в фотографическом деле). Трансграничность таких участков влияет на комфортность городской среды, но при этом никак не учитывается при ее оценке. Были отмечены три вида границ контрастных сред:

1. Новостройка – «старостройка», т. е. дома, построенные много лет назад.
2. Официальная граница города – непосредственно прилегающая к городу сельская местность.

3. Центр городской агломерации – трансграничные регионы, входящие в эту агломерацию. Ижевск является центром типичной моноцентрической городской агломерации. Типичной по форме, но не типичной по охвату. Обычно моноцентрические агломерации распространяются на 1–2 региона. В 2-часовом радиусе транспортной доступности от Ижевска, помимо собственно удмуртской части (5 городов и 11 сельских районов Удмуртской Республики – 1,1 млн человек), расположены также 5 городов и 4 сельских района Пермского края, Республик Башкортостан и Татарстан (всего около 370 тыс. человек населения).

*1-й вид.* Город Ижевск – столица Удмуртской Республики Российской Федерации. По числу жителей – около 650 тыс. человек – Ижевск занимает 20-е место среди примерно 1,1 тыс. российских городов. Для своего значительного населения он занимает очень небольшое пространство в 310–320 км<sup>2</sup>. За последние 8–10 лет в городе построены или строятся более 100 жилых зданий, как правило, повышенной высотности (от 17 этажей и выше) и несколько крупных объектов торгового, спортивного и культурно-бытового назначения. Старые здания практически не сносятся. Для размещения комплекса новостроек с объектами транспортной, инженерной и социальной инфраструктуры не хватает свободных больших пустырей. Кроме того, специфической особенностью структуры архитектурного сообщества города является преобладание архитекторов-«объемщиков» над архитекторами-«планировщиками». Поэтому нередко новые

«высотки» буквально впиливают в кварталы частного сектора. Образуется своеобразная архитектурно-эkleктическая и очень контрастная форма урбанизированных пространств. Имевшие ранее в совокупности вполне буколический вид частные жилые дома сразу теряются на фоне высокого сверкающего многоэтажного здания. Существенно различается и бытовой уклад жителей. В свою очередь, жители новостройки сталкиваются с проблемой парковки, выезда на проезжую часть, поскольку кварталы жилого сектора связаны всего лишь двухполосными (нередко с грунтовым покрытием) отрезками улично-дорожной сети, которые трудно расширить из-за ограниченности пространства. Возникают проблемы с устройством детей в дошкольные и школьные образовательные учреждения, т. к. старых учреждений мало, они переполнены, а новые построить негде. Схожая ситуация и с предприятиями торговли, общественного питания и бытового обслуживания, учреждениями культуры и здравоохранения. Сложно увеличить и интенсивность работы маршрутов городского общественного транспорта.

*2-й вид.* Муниципальное образование «Город Ижевск» (формально – городское пространство) имеет четкие, резкие границы с окружающими город со всех сторон землями муниципального образования «Завьяловский район» (формально – сельская местность). На востоке города это просто улица Союзная. Двигаясь по ней на север, при выходе из городского автобуса вы оказываетесь в сельской местности, а двигаясь на юг – в городской. Нехватка городских пространств толкает застройщиков возводить многоэтажки уже в Завьяловском районе – в сельской местности. В результате та же улица Союзная быстро застраивается с обеих сторон (причем одними и теми же застройщиками) – как с «городской», так и с «сельской». Формируется урбанизированный ландшафт, состоящий из нескольких современных жилых комплексов со схожей архитектурой, использующих общую городскую транспортную, инженерную и социальную инфраструктуру, но административно относящихся соответственно к городским и сельским муниципиям. На юго-востоке вблизи границы Ижевска расположено село Октябрьское, застроенное высотными зданиями, обладающее современной и развитой инфраструктурой, из которого до центра Ижевска можно доехать на городском автобусе за 30 мин.

Таким образом, почти в центре Ижевска имеются обширные руральные ландшафты, в то время как по периферии город окружают вполне урбанизированные, но при этом формально сельские пространства.

В настоящее время автор с коллегами работает над созданием методики оценки комфортности первых двух видов границ контрастных сред урбанизированных пространств. В планах работа над третьим видом.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по подготовке государственных программ субъектов Российской Федерации и муниципальных программ формирования современной городской среды в рамках реализации приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды» на 2018–2022 годы [Электронный ресурс] : утв. приказом М-ва строительства и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 06.04.2017 г. № 691/пр. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71517918/>.

2. Муниципальная программа «Формирование современной городской среды на территории муниципального образования “Город Ижевск” на 2018–2022 гг.» [Электронный ресурс] : утв. постановлением Администрации г. Ижевска 27.12.2017 г. № 569. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/446682048>.

3. Сидоров, В. П. Проблема оценки комфортности городского пространства / В. П. Сидоров // Сибирский город в фокусе гуманитарных исследований: к 400-летию г. Новокузнецка : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Новокузнецк, 25–26 окт. 2018 г. – Новокузнецк : НФИ КемГУ : Арт-экспресс, 2018. – С. 339–342.

4. Сидоров, В. П. Социально-экономическое развитие городских пространств / В. П. Сидоров // Трешниковские чтения – 2019: Современная географическая картина мира и технологии географического образования : материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Ульяновск : УлГПУ им. И. Н. Ульянова, 2019. – С. 203–204.

УДК 338.48(476.5)

**О. Д. СТРОЧКО, А. С. МИНИН**

Беларусь, Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова

E-mail: 1972geo@tut.by

### **КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОБЪЕКТАМИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ТУРИСТСКАЯ ОСВОЕННОСТЬ РАЙОНОВ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ**

Туризм в последние годы стал играть ведущую роль в мировом хозяйстве, и его значение постоянно увеличивается в экономике Республики Беларусь. Возможности развития туризма в Витебской области – вопрос, имеющий для региона большое значение. В Витебской области с ее наименее благоприятными условиями для сельского хозяйства, а также ограниченными ресурсными возможностями для многих видов промышленной деятельности туризм и рекреация – наиболее удобные и подходящие виды деятельности. Характеристики природно-ресурсного потенциала области и приоритетные направления его использования связаны в первую очередь с туристической отраслью. Туристская индустрия оказывает существенное влияние на экономические, политические и культурные связи между территориями любых рангов, способствует достижению их экономической стабильности и дает возможность повышать уровень жизни в их границах. Как любой вид хозяйственной деятельности, туризм использует определенные виды ресурсов, которые размещаются в пространстве и характеризуются индивидуальной привлекательностью и значимостью. Последнее определяет туристическое любопытство и генерирует объемы турпотоков на те или иные территории, определяя степень туристической освоенности регионов. Считается, что богатство и разнообразие туристско-рекреационного потенциала (ТРП) в существенной мере определяют эффективность туристической индустрии, потому что оно либо привлекает туристов, либо провоцирует игнорирование туристами определенных территорий.

Целью исследования явилось выявление направления и степени взаимосвязи между количественной обеспеченностью объектами ТРП административных районов Витебской области и уровнем их туристской освоенности. Исследование осуществлялось описательно-аналитическим, сравнительно-сопоставительным, картографическим, статистическим, балльно-рейтинговым методами и методом корреляционного анализа. Обработывались данные управления спорта и туризма Витебской области, статистического сборника «Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь» (2017), интернет-источников. Исследования позволили выявить территориальную дифференциацию административных районов Витебской области по степени количественной обеспеченности объектами туристско-рекреационного потенциала, который включает три группы компонентов – природные, культурно-исторические и инфраструктурные. В данном исследовании определялись территориальные особенности количественного размещения объектов ТРП в Витебской области, а не качественная их характеристика (этот вопрос требует отдельного изучения). Совокупная количественная обеспеченность районов Витебской области объектами каждого компонента ТРП устанавливалась путем расчета, ранжирования, группировки и картографирования их индексов локализации – территориальной и душевой, а также их плотности – территориальной и душевой (таблица 1).

Таблица 1 – Итоговое ранжирование административных районов Витебской области по количественной обеспеченности объектами всех компонентов ТРП, 2016 г.

Районы	Ранги			$\sum R$	$R_{об-ти}$
	$R_1$	$R_2$	$R_3$		
Бешенковичский	3	3	3	9	2
Браславский	1	5	1	7	1
Верхнедвинский	6	4	11	21	5
Витебский	9	9	14	32	9
Глубокский	2	2	5	9	2
Городокский	14	7	14	35	12
Дубровенский	8	13	12	33	10
Докшицкий	11	5	6	22	6
Лепельский	4	6	10	20	4
Лиозненский	7	11	16	34	11
Миорский	2	15	4	21	5
Оршанский	13	16	2	31	8
Полоцкий	9	10	8	27	7
Поставский	3	14	5	22	6
Россонский	2	4	9	15	3
Сенненский	5	16	17	38	14
Толочинский	15	12	13	40	15
Ушачский	12	1	7	20	4
Чашникский	15	17	15	47	16
Шарковщинский	15	13	9	37	13
Шумилинский	10	8	13	31	8

Итоговое ранжирование дало основание предложить следующую группировку административных районов Витебской области по совокупной количественной обеспеченности объектами ТРП: а) районы с высокой степенью обеспеченности объектами ТРП: Браславский, Бешенковичский, Глубокский, Россонский, Лепельский, Ушачский; б) районы со средней степенью обеспеченности объектами ТРП: Миорский, Верхнедвинский, Дубровенский, Поставский, Полоцкий, Шумилинский, Оршанский, Витебский; в) районы с низкой степенью обеспеченности объектами ТРП: Шарковщинский, Чашникский, Толочинский, Сенненский, Докшицкий, Лиозненский, Городокский (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Группировка районов Витебской области по совокупной обеспеченности объектами туристско-рекреационного потенциала**

Также исследования показали наличие территориальной дифференциации туристской освоенности по административным районам Витебской области, которая определялась расчетом и ранжированием рассчитанных величин следующих показателей: территориальная плотность средств размещения (СР) (на 100 км<sup>2</sup>;  $R_{Тпл}$ ), душевая обеспеченность СР (на 1 000 чел;  $R_{Доб}$ ), средняя интенсивность туристского потока (чел/сут;  $R_{\lambda}$ ), среднесуточное число занятых коек (ночев/сут;  $R_k$ ), средняя длительность проживания туристов в СР (сут.;  $R_T$ ), коэффициент использования номерного фонда ( $R_{Кисп}$ ), коэффициент территориальной концентрации СР ( $R_{Тк}$ ), коэффициент душевой концентрации СР ( $R_{Дк}$ ) (таблица 2). Проведенное ранжирование послужило основанием для следующей группировки административных районов Витебской области по уровню туристской освоенности: 1) группа с высокой степенью туристской освоенности: Лепельский, Миорский, Полоцкий, Браславский, Докшицкий, Витебский, Глубокский, Поставский, Ушачский; 2) группа со средней степенью туристской освоенности: Оршанский, Городокский, Бешенковичский, Чашникский, Россонский; 3) группа с низкой степенью туристской освоенности: Толочинский, Верхнедвинский, Дубровенский, Сенненский, Шарковщинский, Лиозненский, Шумилинский (рисунок 2).

Значение имеет степень взаимосвязи между двумя показателями. Ее проявление или отсутствие позволяет понять, может ли факт наличия рекреационного объекта или какого-то их количества повышать туристический интерес к территории и генерировать сюда поток гостей и туристов.



Таблица 2 – Ранжирование показателей уровня туристской освоенности административных районов Витебской области, 2016 г.

Название района	Ранги								ΣR	R <sub>осв-ти</sub>
	R <sub>Tпл</sub>	R <sub>Доб</sub>	R <sub>λ</sub>	R <sub>k</sub>	R <sub>T</sub>	R <sub>Кисп</sub>	R <sub>ТК</sub>	R <sub>ДК</sub>		
Бешенковичский	8	10	13	13	19	10	12	7	92	12
Браславский	7	2	5	8	11	13	5	3	54	4
Верхнедвинский	15	11	15	16	20	7	16	14	114	16
Витебский	2	20	1	2	12	19	1	12	69	6
Глубокский	5	8	8	10	10	14	9	9	74	7
Городокский	12	5	11	12	8	9	15	8	82	11
Докшицкий	11	9	6	5	3	18	7	4	63	5
Дубровенский	17	14	20	20	14	1	8	20	114	16
Лепельский	4	3	3	1	2	20	4	1	38	1
Лиозненский	19	17	18	19	21	2	19	18	133	20
Миорский	6	1	7	4	1	15	6	2	42	2
Оршанский	3	19	4	6	13	16	3	13	77	10
Полоцкий	1	7	2	3	9	21	2	6	51	3
Поставский	10	13	9	7	6	8	10	11	74	7
Россонский	18	6	16	17	15	3	17	10	102	14
Сенненский	14	12	17	18	17	12	18	17	125	18
Толочинский	16	16	14	14	16	5	14	16	111	15
Ушачский	9	4	12	9	5	17	13	5	74	7
Чашникский	13	15	10	11	7	11	11	15	93	13
Шарковщинский	21	21	19	15	4	6	20	19	125	18
Шумилинский	20	18	21	21	18	4	21	21	144	21



Рисунок 2 – Группировка административных районов Витебской области по степени туристской освоенности

Выявление и оценка тесноты связи между количественной обеспеченностью объектами ТРП административных районов Витебской области и туристской освоенностью этих районов осуществляется вычислением коэффициента ранговой корреляции Спирмена по формуле  $r = 1 - \frac{6\sum D^2}{n(n^2 - 1)}$ , где  $r$  – коэффициент

ранговой корреляции,  $D$  – разность рангов обеспеченности объектами ТРП и туристической освоенности административных районов,  $n$  – число объектов наблюдения. Необходимая для расчетов информация представлена в таблице 3. Величина коэффициента ранговой корреляции между количественной обеспеченностью административных районов Витебской области объектами ТРП и степенью их туристской освоенности – 0,46. Она свидетельствует о том, что между этими показателями есть прямая связь. Следует понимать, что на степень туристской освоенности территорий любого ранга большее влияние оказывает не столько количество туристско-рекреационных объектов, сколько их качественные характеристики: уникальность, особенность, способность удивлять, их разрекламированность, наличие о них элементарной и доступной потенциальному туристу информации.

Таблица 3 – Ранги административных районов Витебской области по исследуемым показателям

Название района	$R_{об-ти}$	$R_{осв-ти}$	$D$	$D^2$
Бешенковичский	2	12	-10	100
Браславский	1	4	-3	9
Верхнедвинский	5	16	-9	81
Витебский	9	6	3	9
Глубокский	2	7	-5	25
Городокский	12	11	1	1
Докшицкий	10	5	5	25
Дубровенский	6	16	-10	100
Лепельский	4	1	3	9
Лиозненский	11	20	-9	81
Миорский	5	2	3	9
Оршанский	8	10	-2	4
Полоцкий	7	3	4	16
Поставский	6	7	-1	1
Россонский	3	14	-11	121
Сенненский	14	18	-4	16
Толочинский	15	15	0	0
Ушачский	4	7	-3	9
Чашникский	16	13	3	9
Шарковщинский	13	18	-5	25
Шумилинский	8	21	-13	179

Тем не менее проведенные авторами исследования подтверждают тот факт, что туристскую освоенность можно повышать, насыщая территорию большим количеством объектов ТРП. Важно понимать, что если количество природных и культурно-исторических достопримечательностей не зависит от желания хозяйствующих субъектов, то объекты инфраструктуры (отдыха, досуга и развлечений) создаются здесь и сейчас. Только процесс их создания должен носить плановый, системный и адекватный характер, с соблюдением принципа «не навреди».

УДК 502.175:004.031.42:911.375.5

**Д. А. ТРОФИМЧУК, А. О. БЕЛЮК**

Беларусь, Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

E-mail: Denistr7@mail.ru; apelsinesc@gmail.com

## **КОНЦЕПЦИЯ МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КРУПНОГО ГОРОДА БЕЛАРУСИ**

В настоящее время более половины населения мира проживает в городах, в Беларуси более 76 % населения составляют городские жители. В связи с этим особую актуальность приобретает проблема изучения городской среды для создания наиболее комфортных условий жизнедеятельности людей. В свою очередь комфортность городской среды во многом определяется состоянием природных и природно-антропогенных геосистем города. В крупных городах и регионах с высокой плотностью населения измененные человеком геосистемы преобладают над естественными, а в некоторых случаях полностью заменяют их. Трансформированная под воздействием техногенных факторов городская среда не обладает основными, наиболее важными свойствами природных геосистем – устойчивостью и средообразующей способностью.

Одним из путей повышения устойчивости городской среды является научно обоснованное пространственное размещение компонентов городского озеленения в соответствии с градостроительными зонами, почвенными, климатическими и другими факторами с целью достижения оптимального экологического, санитарно-гигиенического и эстетического эффектов. В зарубежной практике городского планирования для обозначения системы озеленения используют понятие «зеленая инфраструктура» (green infrastructure) [1; 2].

Данный термин является относительно молодым: его официальное закрепление в экологическом менеджменте и политике произошло в 2013 г., когда европейская стратегия зеленой инфраструктуры была утверждена Европейской комиссией. При этом в странах Европейского союза под зеленой инфраструктурой (ЗИ) понимают стратегически спланированную сеть высококачественных природных и полуприродных территорий, которая формируется и управляется с целью предоставления широкого спектра экосистемных услуг и защиты биоразнообразия в сельских и городских условиях [3].

Несмотря на молодость термина, в современных зарубежных исследованиях изучение различных аспектов ЗИ – очень популярное направление. Анализ англоязычной литературы дает возможность выделить основные направления, вокруг которых концентрируются данные исследования:

- 1) ландшафтные исследования и территориальное планирование, оценка зеленых зон;
- 2) экосистемные услуги ЗИ города;
- 3) качество жизни в условиях городской среды;

- 4) ЗИ города как инструмент адаптации к изменениям климата;
- 5) восприятие городскими жителями зеленых зон города, их ценности, а также вовлечение общественности в управление ими;
- б) геоинформационные системы для планирования ЗИ города.

В научных публикациях белорусских авторов вопросам состояния городской среды и ЗИ уделяется недостаточно внимания. В научных работах (статьях в научных журналах и сборниках материалов конференций) наибольшее внимание уделяется изучению городской среды Минска, некоторых крупных городов (преимущественно Гомеля и Могилева), а также ряда малых городов (Заславль, Новогрудок). Данные работы являются часто узкоспециализированными, среди них наиболее часто встречаются исследования, посвященные изучению состояния и трансформации урболандшафтов, состояния атмосферы и климата городов, а также гидрологические и гидрографические работы. Несмотря на то что данные работы рассматривают состояние элементов ЗИ городов, комплексных работ по данному направлению практически нет. В связи с этим актуальным направлением исследований видится разработка и апробация на конкретной территории методики создания геоинформационной модели ЗИ крупного города Беларуси (на примере г. Бреста).

Идея проекта состоит в интеграции на основе геоинформационных технологий разноплановой (экологической, социальной, экономической и др.) информации для совокупности природных и природно-антропогенных геосистем города, образующих сложную пространственно-организованную инфраструктуру, которая поддерживает экологическую стабильность территории, предотвращая потерю биоразнообразия и деградацию ландшафта, препятствует изменению климата, а также обеспечивает высокий уровень комфортности жизни городского населения.

Научная новизна заключается в том, что:

- впервые для территории г. Бреста будет выполнена разработка концепции ЗИ города и проведена комплексная оценка ее влияния на городскую среду;
- впервые на примере крупного города Беларуси будет разработана локальная городская ГИС зеленой инфраструктуры, которая позволит объединить разнородную информацию для принятия управленческих решений в различных областях деятельности. Данная ГИС будет реализована как в десктопной версии (для возможности использования и редактирования без доступа к сети), так и в виде веб-приложения, что позволит быстро распространять полученную информацию, а также использовать ее другим пользователям как основу для собственных исследований;
- при проведении исследования будет разработана и апробирована методика создания ментальных карт, которые в настоящее время широко используются в научных исследованиях других стран, но фактически не применяются в Беларуси.

Для выполнения данного исследования необходимо задействовать широкий спектр методов различных научных направлений: географические (полевой,

описательный, сравнительно-географический, историко-географический, картографический, картометрический, дешифрирования спутниковых снимков и др.), математические (математической статистики, факторный анализ, метод главных компонент и др.), геоинформационные (ГИС-технологий, ГИС-анализа и др.), социологические (анкетирование, интервьюирование, социологическое наблюдение, контент-анализ и др.).

Результатами данного проекта станут:

- Концепция ЗИ крупного города Беларуси как сложной системы тесно взаимосвязанных природных и природно-антропогенных компонентов в пределах городской среды.

- Геоинформационная модель ЗИ крупного города Беларуси. Базовая ГИС-основа городской среды г. Бреста в десктоп- и веб-версии.

- Набор базовых, оценочных и синтетических электронных карт, отображающих современное состояние элементов ЗИ г. Бреста и ее влияние на условия городской среды, их анализ.

- Серия ментальных карт, отображающих мнение жителей города о состоянии природных и природно-антропогенных геосистем, а также предложения населения о возможных путях оптимизации современного состояния ЗИ города.

- Серия алгоритмов практического использования интерактивной картографической базы данных г. Бреста в качестве основы для различных тематических ГИС-проектов.

Научная значимость проекта заключается в разработке и апробации на примере г. Бреста концепции и геоинформационной модели ЗИ, которые могут использоваться для проведения аналогичных исследований других городов Беларуси. Кроме того, при проведении данного исследования будет разработана и апробирована методика создания ментальных карт, которые в настоящее время широко используются в научных исследованиях других стран, но фактически не применяются в белорусских.

Практическая значимость проекта заключается в том, что планируемые результаты будут востребованы на локальном административном уровне для обоснования проектов природоохранных мероприятий, направленных на сохранение и предотвращение деградации природных и природно-антропогенных городских геосистем, а также обеспечение устойчивого развития городской среды г. Бреста.

Результаты реализации проекта могут быть использованы:

- в деятельности органов государственного управления при разработке территориальных комплексных схем городской среды, а также планировке городской территории с учетом ее экологических особенностей;

- для информирования государственных и общественных организаций о состоянии городской среды г. Бреста;

- для улучшения осведомленности жителей г. Бреста о состоянии природных и природно-антропогенных геосистем в городе, их особенностях и возможностях общественного мониторинга;

– для развития городского экотуризма при создании городских экологических троп;

– созданная ГИС может быть использована для предоставления разно-сторонних информационных услуг пользователям, а также для создания локальных (например, отдельных городских микрорайонов) и узкоспециализированных (ландшафтно-рекреационных территорий и др.) городских ГИС-проектов;

– в деятельности учреждений образования при изучении курсов природо-охранной направленности, ГИС-технологий, а также при выполнении научно-исследовательских работ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант БРФФИ № X19M-21).*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климанова, О. А. Оценка геоэкологических функций зеленой инфраструктуры в городах Канады / О. А. Климанова, Е. Ю. Колбовский, А. В. Курбаковская // География и природ. ресурсы. – 2016. – № 2. – С. 191–200.

2. Подойницына, Д. С. Критический анализ концепции «Зеленая инфраструктура» / Д. С. Подойницына // Architecture and Modern Information Technologies : электрон. науч.-образоват. журн. – 2016. – № 1 (34).

3. Building a Green Infrastructure for Europe [Electronic resource]. – Mode of access: [http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green\\_infrastructure\\_broc.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructure_broc.pdf). – Date of access: 25.05.2019.

## СОДЕРЖАНИЕ

Памяти ученого ..... 3

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<b>Карабанов А. К.</b> Международное сотрудничество в геологических исследованиях трансграничных регионов.....	5
<b>Войтов И. В., Мамчик С. О.</b> Недрa в системе устойчивого развития и рационального природопользования .....	9
<b>Kolbas A., Mench M., Kolbas N.</b> Bioremediation of Metall Contaminated Soils Using Phytoextraction Strategies and Biomass Production.....	13
<b>Михальчук Н. В., Дашкевич М. М., Михальчук С. Н., Ковалев И. В., Галуц О. А., Трофимчук Д. А.</b> Тяжелые металлы и микроэлементы в почвах юго-запада Беларуси .....	16
<b>Stančikaitė M., Zernitskaya V., Šeirienė V., Kisielienė D., Vlasov B., Kluczynska G., Gedminienė L., Gastevičienė N., Skuratovič Ž., Uogintas D.</b> Postglacial Palaeoenvironmental Investigations in Neighbouring Countries – Common Questions and Joint Solutions .....	24
<b>Волчек А. А.</b> Прогнозные оценки водного режима рек Беларуси .....	25
<b>Шевченко А. Л., Нестеровский В. А., Осадчий В. И.</b> Режим, водообмен и ресурсы подземных вод Полесья и лесостепи в контексте глобальных изменений климата .....	33
<b>Мажайский Ю. А., Голубенко М. И., Биленко В. А., Рудомин Е. Н.</b> Разработка и внедрение способов и устройств заболачивания выработанных торфяников .....	37
<b>Красовский К. К., Сидорович А. А.</b> Демографическое развитие города Бреста.....	41
<b>Руденко Л. Г.</b> Проблемы осознания обществом мировоззренческой парадигмы развития.....	44

## Секция 1

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

<b>Айзберг Р. Е., Грибик Я. Г.</b> Проблемы нетрадиционных источников углеводородов в недрах Подляско-Брестской впадины.....	48
<b>Баньковский М. В., Потапчук И. С., Гейхман А. М.</b> Отображение Южно-Припятского краевого разлома в глубинной структуре литосферы по результатам волновых продолжений потенциальных геофизических полей.....	51
<b>Богдасаров М. А., Грядунова О. И., Кухарик Е. А., Летко Б. И., Прусак К. Г.</b> Подземные воды Брестской области: современное состояние и динамика использования .....	55
<b>Бубнова Е. С., Сивков В. В., Власова Т. Е.</b> Вещественный состав взвеси вдоль северного побережья Калининградской области.....	58
<b>Гречановский А. Е., Гречановская Е. Е.</b> Метамиктность цирконов Ястребецкого рудопроявления и Азовского Zr-REE-месторождения	

(Украинский щит) по данным рентгеновского анализа.....	62
<b>Зуй В. И., Грибик Я. Г.</b> Тепловое поле западной части Брестской области .....	65
<b>Иванченко Е. В.</b> Микрофоссилии верхневендских отложений Волыни (Украина) .....	68
<b>Карлович И. А.</b> К вопросу о тектонических особенностях Центральной России .....	71
<b>Красовская И. А., Галкин А. Н., Торбенко А. Б.</b> Инвентаризация геологических памятников природы местного значения приграничных территорий севера Беларуси .....	74
<b>Криницька М. В., Ковалевич Л. А., Котенко В. В.</b> Геологические факторы обнаружения янтаря в пределах северной части Ровенской области.....	77
<b>Кручек С. А., Обуховская В. Ю., Саченко Т. Ф.</b> О стратиграфии нижне-среднефранских отложений Оршанской впадины (опорная скважина Мстиславльская 1) .....	80
<b>Куриленко В. С.</b> Проблемы добычи сланцевого газа в Украине .....	85
<b>Лисовский Л. А., Киселевич Т. С.</b> Освоение минерально-сырьевых ресурсов Мозырского месторождения каменной соли .....	89
<b>Маевская А. Н.</b> Алгоритм построения моделей структурных геологических поверхностей с применением геоинформационных технологий.....	92
<b>Mansouri Far Siamak</b> Hydrothermal Manifestations in North West Iran and Geothermal Resources .....	96
<b>Мацуй В. М., Ремезова Е. А., Науменко У. З.</b> История формирования ископаемых смол современных континентов .....	99
<b>Нестеровский В. А., Волконская Л. А.</b> Яшмы Украины .....	103
<b>Переволоцкая Я. А.</b> Avo-анализ – качественный метод прогноза карбонатных коллекторов межсолевого комплекса Припятского прогиба.....	106
<b>Ремезова Е. А., Мацуй В. М., Науменко У. З.</b> Изучение сети украинских «янтарных путей» как основы создания одноименного геотуристического бренда.....	108
<b>Рудько Г. И., Литвинюк С. Ф.</b> Геолого-экономическая оценка залежей янтаря Украины.....	112
<b>Толстошеев В. И., Шиманович В. М., Кручек С. А., Сахарук П. О.</b> О гидрогеохимической характеристике минеральных вод девонских отложений Гомельской структурной перемычки юго-востока Беларуси.....	117
<b>Яковлев А. С.</b> Моллюски из келловейских отложений юго-востока Беларуси.....	122

## Секция 2

### ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ

<b>Барковец М. А.</b> Новейшая и современная геодинамика бассейна верхнего течения реки Свислочь.....	126
<b>Богдасаров М. А., Гречаник Н. Ф., Кожанов Ю. Д., Кухарик Е. А.,</b>	



<b>Шпендик Н. Н.</b> Особенности техногенной трансформации рельефа территории Подляско-Брестской впадины.....	129
<b>Богдасаров М. А., Дадеков М. Р., Кухарик Е. А., Летко Б. И.</b> Опустынивание и неблагоприятные геологические процессы в Приаралье .....	132
<b>Бублясь В. Н.</b> Особенности развития микрогеодинамических зон в покровных отложениях равнинных территорий .....	135
<b>Гончар А. Д., Бобоев Р. И.</b> История формирования речной системы реки Тупаланг в юго-западном Гиссаре (Узбекистан).....	138
<b>Гречаник Н. Ф., Л. Збуцкий.</b> Гляциодислокации в ледниковых образованиях на территории Высоковской моренно-водно-ледниковой равнины.....	142
<b>Демидова С. В., Рылова Т. Б., Якубовская Т. В.</b> Новое в составе неогеновой и четвертичной систем геологического разреза территории Беларуси .....	146
<b>Еловичева Я. К.</b> Палинологически изученные разрезы гляциоплейстоцена в приграничном белорусско-польском регионе.....	149
<b>Закиров Р. З., Салаватова Л. И., Чубаренко Б. В.</b> Поступление осадочного материала в Вислинский залив из Балтийского моря за счет водообмена .....	153
<b>Залесский И. И., Бровко Г. И.</b> Корреляция плейстоценовых образований Брестского и Волынского Полесья .....	156
<b>Комлев А. А.</b> Пример географического анализа зоны морского побережья территории Украины при решении некоторых задач оборонного значения.....	159
<b>Комлев А. А., Бортник С. Ю., Жилкин С. В.</b> Погребенные долинные комплексы геоморфолитосферы как природные логистические сети (научное объяснение и практическое значение).....	162
<b>Кухарик Е. А.</b> Водно-эрозионные процессы на территории юго-западной Беларуси .....	165
<b>Новик А. А.</b> Характеристика геоморфологических памятников природы местного значения Миорского района.....	168
<b>Оношко М. П., Глаз А. С., Крошинский В. А., Шидловская А. В., Подружая М. А.</b> ГИС-проект геологической карты четвертичных отложений Брестской области.....	172
<b>Павловский А. И., Галкин А. Н., Шершневу О. В.</b> Позднеплейстоцен-голоценовый морфолитоогенез на территории Беларуси.....	175
<b>Рылова Т. Б., Шидловская А. В.</b> Новые палинологические исследования плейстоценовых отложений, вскрытых скважиной у д. Первомайск Солигорского района Минской области.....	178
<b>Сиренко Е. А.</b> Глобальные климатические события и основные рубежи изменения растительности Украины в позднем плиоцене – эоплейстоцене в контексте решения вопроса о понижении границы квартера .....	182
<b>Чечко В. А., Закиров Р. Б., Топчая В. Ю.</b> Влияние антропогенного фактора на динамику донных осадков Калининградского залива .....	185
<b>Ямских Г. Ю.</b> Климат и растительность голоцена Тоджинской котловины (Алтае-Саянский регион).....	189

## Секция 3

## ТРАНСГРАНИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

<b>Байдук Н. А., Пиловец Г. И.</b> Климатические и агроклиматические ресурсы Витебского района в условиях потепления климата.....	195
<b>Боскачѳв Р. В., Чубаренко Б. В.</b> Многолетние тренды изменения уровня в устьях рек, впадающих в Куршский и Вислинский заливы, как индикаторы изменения локального климата .....	198
<b>Волчек А. А., Гречаник А. В.</b> Колебания скорости ветра на территории Беларуси на рубеже XX и XXI столетий .....	201
<b>Гарбарук Д. К., Углянец А. В.</b> Загрязнение живого напочвенного покрова $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ в дубравах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС.....	205
<b>Данилович И. С., Мельник В. И.</b> Особенности режима увлажнения территории Беларуси в связи с изменяющимся климатом .....	208
<b>Какарека С. В., Саливончик С. В.</b> Разработка алгоритмов и информационного обеспечения получения оценок аэрозольных выбросов высокого пространственного разрешения .....	211
<b>Kileso A. V., Esiukova E. E., Pinchuk V. S., Chubarenko B. V.</b> Traces of the Transboundary Pollution of the Shore of the Southeastern Baltic by the Debris of Geosynthetic Materials .....	215
<b>Кокoш Ю. Г., Крылович А. В., Мальчихина А. В.</b> Совершенствование системы нормирования выбросов летучих органических соединений на предприятиях обувной промышленности Беларуси .....	217
<b>Кудревич М. А.</b> Оценка измерений величины водородного показателя в атмосферных осадках методом межлабораторных сличительных испытаний .....	220
<b>Мальчихина А. В., Кудревич М. А.</b> Содержание аммиака в атмосферном воздухе в зоне воздействия комплекса по выращиванию крупного рогатого скота .....	223
<b>Мустафаев Ж. С., Козыкеева А. Т., Камалиев А. М.</b> Изменение климата бассейна трансграничной реки Шу .....	226
<b>Радомская В. И., Бородина Н. А.</b> Анализ подвижности тяжелых металлов в почвах приграничного города Благовещенска (Дальний Восток, Россия) .....	229
<b>Самчук А. И., Кураева И. В., Вовк Е. В., Злобина Е. С.</b> Особенности распределения подвижных форм тяжелых металлов в почвах Украинского Полесья .....	233
<b>Тимошкова А. Д., Коландо И. И.</b> Влияние глобального изменения климата на лесные экосистемы северо-востока Беларуси (на примере ГЛХУ «Витебский лесхоз») .....	236
<b>Топчая В. Ю., Котова Е. И., Чечко В. А.</b> Влияние трансграничного атмосферного переноса на формирование состава атмосферных осадков прибрежной зоны юго-восточной части Балтийского моря.....	240
<b>Шелест Т. А.</b> Современные особенности климата города Бреста .....	243

## Секция 4

## МЕДИЦИНСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ДЕМОГРАФИЯ И РЕКРЕАЦИЯ

<b>Витченко А. Н.</b> Современные тенденции изменения комфортности климата города Бреста.....	248
<b>Гертман Л. Н.</b> К вопросу учета влияния изменения климата на рекреационную деятельность и туризм на водных объектах .....	252
<b>Грядунова О. И., Харчук О. В.</b> Оценка биоклиматической комфортности территории Беларуси .....	255
<b>Дорожок О. О.</b> Биоклиматическая характеристика Брестской области в медико-географических целях .....	259
<b>Короткевич А. К.</b> Тенденции развития спортивного туризма в Республике Беларусь .....	263
<b>Маевская А. Н., Токарчук С. М.</b> Гис-портал «Памятники природы Брестской области».....	267
<b>Мальчевский В. А., Петров С. А., Мамаева Н. Л., Гавричкин А. А., Лещёв М. В.</b> К вопросу о влиянии антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на инвазированность гельминтозами северных оленей в Ямало-Ненецком автономном округе .....	271
<b>Панько А. Д.</b> Трансграничное сотрудничество в сфере сохранения и использования природного наследия: опыт брестских партнеров в рамках программ PL-BY-UA .....	274
<b>Позняк С. С., Конопелько О. М.</b> Биоиндикация природной среды с использованием спорово-пыльцевых зерен растений.....	277
<b>Рубцов В. А., Байбаков Э. И., Биктимиров Н. М., Булатова Г. Н., Рожко М. В.</b> Влияние эколого-демографического фактора на заболеваемость и смертность населения Республики Татарстан .....	280
<b>Сидоров В. П.</b> Комфортность и контрастность трансграничных урбанизированных пространств .....	283
<b>Строчко О. Д., Минин А. С.</b> Количественная обеспеченность объектами туристско-рекреационного потенциала и туристская освоенность районов Витебской области.....	286
<b>Трофимчук Д. А., Белюк А. О.</b> Концепция многоцелевой интерактивной геоинформационной модели зеленой инфраструктуры крупного города Беларуси .....	291

*Научное издание*

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУК О ЗЕМЛЕ:  
ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕГИОНОВ**

Сборник материалов конференции

В двух частях

Часть 1

Подписано в печать 14.08.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Ризография. Усл. печ. л. 17,44. Уч.-изд. л. 20,44.

Тираж 140 экз. Заказ № 295.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий

№ 1/55 от 14.10.2013.

Ул. Мицкевича, 28, 224016, Брест.