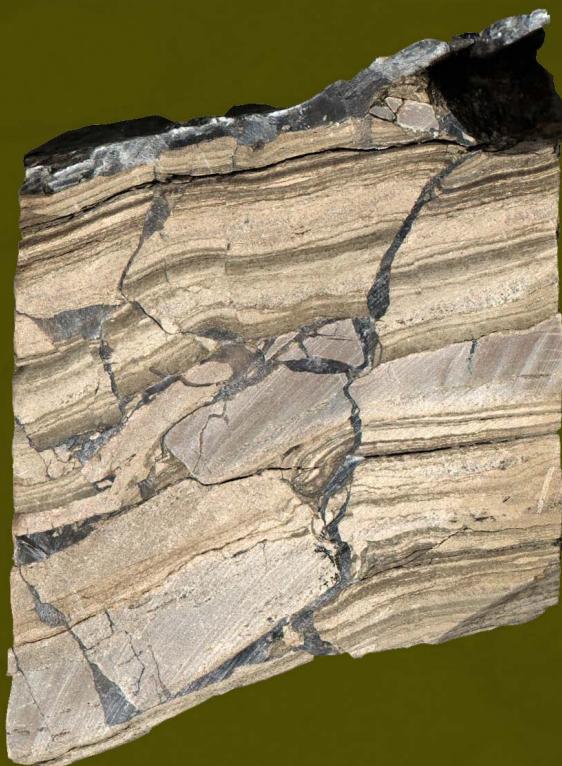


ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ БЕЛАРУСИ И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АКАДЕМИКА НАН БЕЛАРУСИ
АЛЕКСАНДРА СЕМЁНОВИЧА МАХНАЧА



МИНСК
2018

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт природопользования
МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Научно-производственный центр по геологии

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ БЕЛАРУСИ И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы международной научной конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения
академика НАН Беларуси Александра Семёновича Махнача

(Минск, 21–22 ноября 2018 г.)



Минск
«СтройМедиаПроект»
2018

УДК 55(476)(082)
ББК 26.3(4Беи)я43
П78

Рекомендовано к изданию Ученым советом
Института природопользования НАН Беларуси

Редакционная коллегия:

А.А. Махнач (ответственный редактор), В.Н. Астапенко, С.В. Демидова,
В.И. Зуй, С.А. Кручек, В.Э. Кутырло, О.В. Мурашко, М.П. Оношко,
А.Ф. Санько, А.А. Толкачикова, В.С. Хомич

Рецензенты:

академик НАН Беларуси Р.Г. Гарецкий,
член-корреспондент НАН Беларуси М.А. Богдасаров

П78 **Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий:** материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси Александра Семёновича Махнача (Минск, 21–22 ноября 2018 г.) / Институт природопользования НАН Беларуси, ред. кол.: А.А. Махнач и др. – Минск : Строй-МедиаПроект, 2018. – 336 с.

ISBN 978-985-7172-01-6

Сборник включает 81 научный доклад. Их тематика охватывает следующие направления: геология кристаллического фундамента и платформенного чехла Беларуси и смежных территорий, рациональное недропользование, геотехнологические и геоэкологические проблемы, новые методы в геологии, проблемы подготовки молодых геологов и научных кадров высшей квалификации.

Книга предназначена для широкого круга исследователей недр, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов геологических специальностей.

УДК 55(476)(082)
ББК 26.3(4Беи)я43

ISBN 978-985-7172-01-6

© Институт природопользования
НАН Беларуси, 2018
© Оформление.
Государственное предприятие
«СтройМедиаПроект», 2018

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ И ОРГАНИЗАТОР НАУКИ

Александр Семёнович Махнач, выдающийся белорусский ученый-геолог, академик НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки, лауреат Государственной премии БССР, родился 8 декабря 1918 г. в д. Хотляны Узденского района Минской области. Его родители Семён Акимович и Прасковья Аксёновна были простые крестьяне. Отец, участник империалистической войны 1914–1918 гг., умер в 1919 году. Мать осталась одна с шестью детьми, из которых Алесь был младшим.

После окончания семилетней школы и обучения в Минском педагогическом техникуме и на рабфаке (ст. Негорелое) Александр Семёнович в 1936 году поступил на географический факультет Высшего педагогического института в Минске. Занимаясь в институте, он одновременно преподавал в школе рабочей молодежи. Стране были нужны учителя, поэтому студента 4-го курса Махнacha Наркомпрос БССР направляет в школу д. Рудня на Червенщине. Нелегко было совмещать работу в школе с завершением высшего образования, но Махнach A.C. в июне 1940 г. с отличием оканчивает институт. А осенью того же года он сменил портфель сельского учителя на шинель солдата Красной Армии. С первых дней Великой Отечественной войны и до самого ее конца Александр Семёнович находится на фронте, защищая и освобождая сначала родную землю, затем Польшу и Чехословакию, участвует во взятии Берлина и освобождении Праги.

Только в 1946 году Александр Семёнович смог вернуться к мирному труду. После демобилизации он работал в Министерстве просвещения БССР и ЦК ЛКСМБ. Но по складу ума его влекла наука, и в 1947 году, несмотря на возражения первого секретаря ЦК ЛКСМБ Мазурова К.Т. и секретаря ЦК ЛКСМБ Машерова П.М., поступил в аспирантуру Института геологических наук АН БССР, учебу в которой проходил на кафедре петрографии осадочных пород Московского нефтяного института им. И.М. Губкина под руководством одного из крупнейших литологов члена-корреспондента АН СССР Пустовалова Л.В. Учеба в геологической аспирантуре была для Александра Семёновича, географа по образованию, нелегким делом, так как за отведенные три года ему пришлось не только собрать и обобщить большой фактический материал по Беларуси, но также сдать в объеме программы Московского нефтяного института экзамены по десятку геологических дисциплин. По сути дела, аспирант Махнach параллельно с подготовкой кандидатской диссертации получил второе высшее образование. В 1950 году Александр Семёнович на ученом совете Московского нефтяного института защитил диссертацию на тему «Литология палеозойских отложений южной части территории Белоруссии».

С 1950 года и до последних дней жизни (2006) Махнach A.C. работал в Институте геологических наук АН БССР, в 1963 году переданном в Управление геологии при СМ БССР (БелНИГРИ), затем – в Институте геохимии и геофизики НАН Беларуси. В 1955–1989 гг. он был заведующим созданной им литологической лаборатории.

Начало научной деятельности Александра Семёновича после аспирантуры совпало с бурным ростом темпов геологических работ в Беларуси. Бурение ряда скважин со вскрытием глубоких горизонтов осадочного чехла и пород кристаллического фундамента, осуществлявшееся в первое послевоенное десятилетие в рамках единой программы комплексного планомерного изучения недр республики, дало геологам неоценимые материалы. Их нужно было поставить на службу народному хозяйству, положить в основу поисково-разведочных работ на различные виды полезных ископаемых. Одним из тех, кто смог по-новому взглянуть на сумму геологических фактов, избежать магической власти научных авторитетов, был Махнach A.C. Залегающую на кристаллическом фундаменте мощную красноцветную толщу песчано-алевритовых и песчано-глинистых пород геологи вслед за Оппоковым Е.А., Тутковским П.А., Жирмунским А.М., Архангельским А.Д., Карпинским А.П. в предвоенные и первые послевоенные годы относили к девонской системе, что влекло за собой ошибочное представление о присутствии на территории Беларуси одного или двух девонских валов, которым соответствует неглубокое залегание кристаллического фундамента на соединении Балтийского и Украинского щитов. Обработка же материалов скважин, пробуренных в Минске, Смиловичах, Орше, Городке,

Верхнедвинске, Глуске, Пинске, близ Старобина (д. Тычины), в районе Бреста – Коброна, позволила Александру Семеновичу впервые убедительно доказать, что на большей части территории Беларуси, а также в других районах Восточно-Европейской платформы (Прибалтика, Украина, центральные районы СССР) широко распространены значительно более древние додевонские (в терминологии Махнача А.С. тех лет, эокембрийские, теперь – верхнепротерозойские) отложения. Эти исследования проводились в тесном содружестве с работниками производственных организаций республики, а также с учеными Ленинграда (Соколов Б.С., Люкевич Е.М., Брунс Е.П.) и Украины (Шульга П.Л., Крашенинникова О.В.).

Накапливались новые фактические данные по домезозойским отложениям, на основании которых Махнач А.С. вместе с Стефаненко А.Я. в 1951–1955 гг. выделили и охарактеризовали образования нижнего и среднего кембия, ордовика, силура, среднего и верхнего девона, нижнего карбона и перми, что нашло отражение в книге «Краткий очерк геологии Белоруссии» (1957). Главной же заслугой Махнача А.С. в те годы было детальное изучение состава и строения осадочных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщ, залегающих между кристаллическим фундаментом и балтийской серией нижнего кембия. Результатом стала обобщающая монография Махнача А.С. «Древнепалеозойские отложения Белоруссии» (1958). Эта работа, дополненная литолого-фациальным и палеогеографическим анализом древних толщ, явилась докторской диссертацией Александра Семёновича, которую он защитил в 1959 году в Геологическом институте АН СССР.

Махнач А.С. внес выдающийся вклад в изучение мощных литологически разнообразных осадочных толщ верхнего протерозоя и нижнего палеозоя, нефте- и соленосных отложений девона, вендских и девонских вулканических образований, кристаллического фундамента и древних кор выветривания территории Беларуси. Александр Семёнович вместе со своими учениками и сотрудниками многие годы участвовал в геологических экспедициях, занимался лабораторными литологическими, петрологическими, геохимическими исследованиями горных пород осадочного чехла и кристаллического фундамента Беларуси, анализировал и обобщал результаты их изучения, составлял и редактировал литолого- и фациально-палеогеографические, геологические и другие карты, принимал участие в прогнозировании размещения в недрах Беларуси полезных ископаемых, в том числе калийной и каменной солей, нефти, железных руд, давсонита.

О широте научных интересов и о значении работ Александра Семёновича свидетельствует уже простое перечисление наиболее крупных монографий, написанных с его участием и под его руководством. Это – «Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое» (1961), «Литология и геохимия девонских отложений Припятского прогиба в связи с их нефтеносностью» (1966), «Вулканогенная формация верхнего протерозоя (венда) Белоруссии» (1970), «Геология СССР. Том 3. Белорусская ССР» (1971, 1977), «Литология и геохимия кор выветривания, развитых на кристаллическом фундаменте Белоруссии» (1973), «Рифей и венд Белоруссии» (1976), «Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины» (1977), «Органогенные постройки девона Белоруссии» (1984), «Кембрий Белоруссии» (1985), «Давсонит Беларуси» (1995), «Геология Беларуси» (2001), «Основы геологии Беларуси» (2004). Стоит упомянуть и научно-популярные книги: «Геалагічнае мінулае Беларусі (падарожжа ў нетры Беларусі)» (1959) и «Припятский прогиб – сокровищница недр Белоруссии» (1966).

Особо следует остановиться на книге «Геология Беларуси» (2001) («Основы геологии Беларуси» (2004) являются ее сокращенным вариантом). Эта монография имеет объем 100 печатных листов и содержит обобщенные результаты геологических исследований территории нашей страны за многие годы. Александру Семёновичу принадлежит главная роль в организации обобщения этого, колоссального по объему и разнообразнейшего по содержанию, материала, в объединении для работы чрезвычайно большого количества авторов, порой с разными точками зрения на один и тот же вопрос. А ведь Махначу А.С. во время подготовки книги было уже больше 80 лет.

Александр Семенович – автор более 400 научных публикаций, в том числе 30 монографий и книг.

На протяжении 20 лет Махнач А.С. работал по совместительству доцентом, профессором Белорусского госуниверситета и Минского педагогического института. Большой вклад внесен им в подготовку научных геологических кадров высшей квалификации. Более 30 его учеников стали кандидатами наук, а три из них – докторами. Александром Семёновичем создана белорусская литологическая школа, представители которой и сегодня продолжают плодотворно трудиться в «Институте геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии».

Махнач А.С. был не только ученым, педагогом и организатором науки в области геологии. В 1969–1973 гг. он – главный ученый секретарь Президиума АН БССР, в 1973–1986 гг. – вице-президент, первый вице-президент АН БССР. Он был депутатом и членом Президиума Верховного Совета БССР нескольких созывов, а в 1985–1990 гг. возглавлял Постоянную комиссию по науке и технике Верховного Совета БССР. Об этой стороне своей деятельности он пишет в своих книгах «Мой путь в науку» (1997) и «Жизнь и наука: воспоминания и размышления» (2008).

За трудовые и боевые заслуги Махнач А.С. награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», Франциска Скорины, Отечественной войны II степени, медалями «За отвагу», «За взятие Берлина», «За освобождение Праги», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Светлая память об Александре Семёновиче Махначе, выдающемся ученом, педагоге, организаторе науки, очень хорошем человеке, живет в сердцах его учеников, коллег, всех, кому довелось с ним общаться.

Ученики и коллеги

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ

ПРИПЯТСКИЙ И ДНЕПРОВСКИЙ ПАЛЕОРИФТЫ: ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Р.Е. Айзберг, Я.Г. Грибик

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
e-mail: chistaya@nature.basnet.by*

Расшифровка сейсмоскоростной структуры земной коры и верхней мантии на основе глубинного сейсмического зондирования по программе «Георифт-2013» вдоль Припятского и Днепровского прогибов по профилю Несвиж – Брагин – Чернигов – Полтава позволяет разработать представления о строении и герцинской синрифтовой геодинамике указанных сопредельных структур Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена.

Ключевые слова: Припятский палеорифт, Днепровский палеорифт, механизм рифтогенеза, коро-мантийная граница, раздел Мохо, горизонт субМохо, рифтовая подушка, герцинская плюм-тектоника.

RIPYAT AND DNIERPER PALEORIFTS: FEATURES OF THE DEEP STRUCTURE OF THE EARTH CRUST

R.E. Aizberg, J.G. Gribik

The Institute for Nature Management of NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Decoding of the seismic-velocity structure of the earth's crust and upper mantle on the basis of deep seismic sounding according to the Georift-2013 program along the Pripyat and Dnieper troughs along the Nesvizh-Bragin-Chernigov-Poltava profile allows developing the ideas about the structure and Hercynian synrifting geodynamics of the contiguous adjacent structures of the Pripyat-Dnieper-Donets aulacogene.

Keywords: Pripyat paleorift, Dnieper paleorift, riftogenesis mechanism, crust-mantle boundary, Moho surface, subMocho horizon, rift pillow, Hercynian plum-tectonics.

Припятский и Днепровский палеорифты являются первопорядковыми структурами Припятско-Днепровско-Донецкого герцинского авлакогена (далее – ПДД авлакоген). Обособляемые в его пределах основные палеорифтовые сегменты – неинверсированные Припятский и Днепровский прогибы, инверсированное Донецкое складчатое сооружение контролируют в пределах Беларуси и Украины размещение крупных нефтегазоносных, угленосных и соленосных горно-промышленных регионов. К востоку от Донецкого сегмента на территории России располагается пространственно и генетически сопряженный с ним погребенный кряж Карпинского, также представляющий собой инверсированную пострифтовую структуру ПДД авлакогена. Продольные сегменты ПДД авлакогена характеризуются существенными различиями в строении платформенного чехла и консолидированной коры, резким изменением простирания, закономерным уменьшением глубины залегания дорифейского фундамента от 20 до 6 км в направлении с востока (кряж Карпинского) на запад (Припятский прогиб), переменной шириной, особенностями проявления герцинского рифтогенеза. В горизонтальном ряду основных продольных сегментов ПДД авлакогена Припятский палеорифт занимает замыкающую тектоническую позицию, он частично изолирован от сопредельного Днепровского палеорифта эшелонированными глубинными структурами зоны поперечной Брагинско-Лоевской седловины.

Сейсмоскоростная модель земной коры вдоль Припятского и Днепровского палеорифтов, разработанная международной группой геофизиков и геологов по трассе субширотного

глубинного сейсмического зондирования (далее – ГСЗ) Несвиж – Брагин – Чернигов – Полтава в соответствии с программой «Георифт-2013» [14], позволяет развить представления об особенностях глубинного строения и герцинской геодинамики указанных сопредельных структур ПДД авлакогена и подстилающих их слоев консолидированной коры и коро-мантийной границы.

Глубинная структура коро-мантийной границы отражена на упрощенной модели (рис. 1) по субширотному геотраверсу «Георифт-2013» (далее – ГР-13) [14] и на поперечных сейсмоскоростных разрезах Припятского и Днепровского прогибов [13, 15, 5]. На профиле ГР-13 Несвиж–Полтава основной контрастный раздел в пределах коро-мантийной границы Припятско-Брагинского ареала представлен поверхностью Мохо, разделяющую нижнюю кору с $V_p = 7,10$ км/с и подстилающий верхнемантийный слой с определяемой под Брагинско-Лоевской седловиной $V_p = 8,25$ км/с. Уровень залегания поверхности Мохо изменяется в направлении от северо-западной границы Припятского прогиба до Брагинско-Лоевской седловины от ~ 46 км до ~ 43 км. На отрезке пикетов (ПК) 305–320 км, соответствующему седловине, поверхность Мохо характеризуется высокоамплитудным (~ 4,5 км) подъемом до отметок ~ 40 км, который образует западное крыло впервые выявленной Черниговской антиформы типа антиклинарного выступа (ПК 305–370 км). На кривой распределения ΔG_a по линии профиля ГР-13 она коррелируется с максимальными значениями аномалий силы тяжести в пределах Черниговского гравитационного максимума и минимальными значениями геомагнитного поля [14]. В Днепровском сегменте к востоку от Черниговской антиформы высокоградиентная поверхность Мохо испытывает плавный подъем (ПК 370–520 км) от глубины ~ 45 км до ~ 38 км (ПК 500 км) и затем происходит постепенное понижение уровня залегания до глубины ~ 41 км (ПК 610 км).

На всем протяжении Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины и сопредельного центроклинального замыкания Днепровского прогиба вдоль профиля ГР-13 (интервал

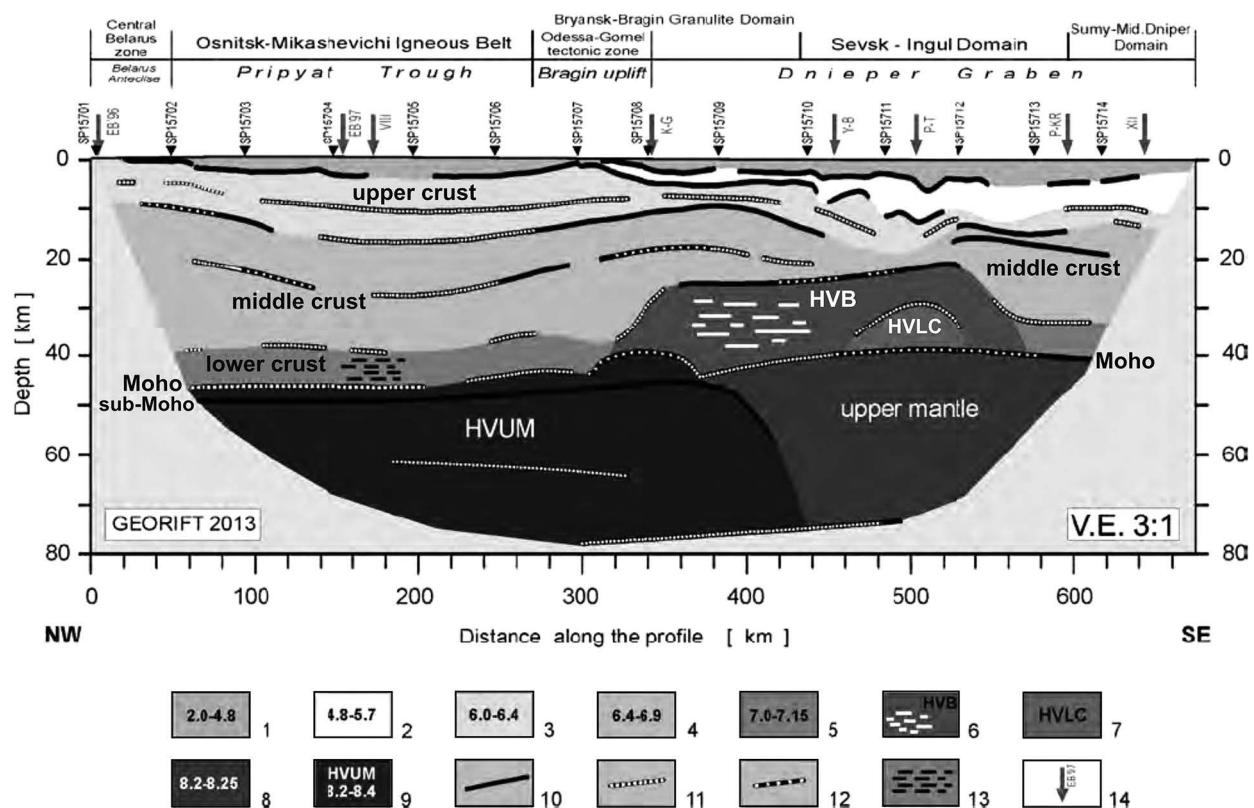


Рисунок 1. Упрощенная модель структуры литосферы вдоль профиля ГСЗ «Георифт-2013» [14]

1 – осадочный чехол ($V_p = 2,0\text{--}4,8$ км/с); 2 – плотные породы ($V_p = 4,8\text{--}5,7$ км/с); 3 – кристаллическая верхняя кора ($6,0\text{--}6,4$ км/с); 4 – средняя кора ($6,4\text{--}6,9$ км/с); 5 – нижняя кора ($7,0\text{--}7,1$ км/с); 6 – высокоскоростное тело; 7 – высокоскоростное тело в верхней коре; 8 – верхняя мантия ($8,2\text{--}8,25$ км/с); 9 – высокоскоростная верхняя мантия ($8,2\text{--}8,4$ км/с); 10–12 – фрагменты основных преломленных и отраженных, отраженных границ (соответственно) на основе интерпретации Р-волн; 13 – зоны высокой отражаемости в нижней коре по данным ОГТ на профиле VIII [13]; 14 – пункты пересечения с другими профилями. Пункты взрыва и определения местоположения

ПК 60–370 км) в верхней части мантии вблизи поверхности Мохо и субпараллельно ей выделена еще одна высокоскоростная, но относительно низкоградиентная преломляющая граница субМохо с $V_p = 8,35$ – $8,36$ км/с (под Припятским прогибом) и $V_p = 8,35$ км/с (под западной центриклиналью Днепровского прогиба). Раздел субМохо, трассируемый преломленными волнами, залегает под западной и центральной частями Припятского прогиба на глубине ~49 км, а затем полого вздымаются в сторону Брагинско-Лоевской седловины до ~45 км и на участке замыкания восточного крыла Черниговской антиформы поверхности Мохо резко погружается в верхнюю мантию. Наклонную часть границы субМохо непосредственно к востоку от Черниговской антиформы поверхности Мохо можно рассматривать как субвертикальную магистральную зону тектонического контакта крупных верхнемантийных Припятско-Брагинского и Днепровского ареалов ($V_p = 8,36$ – $8,35$ км/с и $8,25$ – $8,20$ км/с, соответственно). Проложение снизу вверх к границе Мохо проекции наклонной поверхности субМохо в соответствии с углом наклона отражает ее совмещение с восточным замыканием этой антиформы в интервале ПК 350–370 км. Очевидный вертикальный структурный парагенез Черниговской антиформы раздела Мохо и западного уступообразного склона нижнекорового высокоскоростного тела (которая определяется ниже как Западно-Днепровская рифтовая подушка – rift pillow) с несколько смещенным к востоку отмеченным выше резким погружением в мантию горизонта субМохо является наиболее четко выраженной неоднородностью в строении нижнего слоя земной коры и подкорового ареала верхней мантии, разделяющей Припятский и Днепровский сегменты земной коры и контролирующей положение субмеридиональных эшелонированных структур фундамента и чехла в зоне Брагинско-Лоевской седловины.

Предполагаемая инверсия скорости продольных волн в верхней мантии на глубинах 60–65–70 км и 75–78 км связана с прослеживанием на сейсмоскоростной модели достаточно протяженных (140 и 190 км) пологих горизонтов с кажущейся скоростью, соответственно, 8,05 (?) км/с и 8,30 (?) км/с [14]. Если эти горизонты связаны с геологической реальностью, то они отражают неоднородность (расслоенность) литосферной верхней мантии под Припятским и Днепровским прогибами.

Судя по установленным в результате исследований по проекту ГР-13 скоростям продольных сейсмических волн V_p [14] и типовым моделям структуры земной коры [10], скоростные границы и уровни выше раздела Мохо на профиле Несвиж–Брагин разграничивают в основании Припятского прогиба условные основные слои консолидированной коры: верхний («гранитный») – $V_p = 6,0$ – $6,4$ км/с, средний («диоритовый») – $V_p = 6,4$ – $6,9$ км/с, нижний («базальтовый») – $V_p = 7,0$ – $7,1$ км/с (см. рис. 1). Главные внутрикоровые сейсмоскоростные границы – преломляющие, отражающие или сближенные в пространстве пикеты указанных границ – на профиле Несвиж–Брагин маркируют, в общем, нерезкую отрицательную продольную структуру верхнего и среднего слоев под Припятским прогибом. Он слабо выражен в сейсмоскоростной модели консолидированной коры. Здесь не наблюдается типичного для большинства палеорифтов (в том числе Днепровского) подъема поверхности Мохо и уменьшения мощности коры в приосевой зоне. Результаты ГСЗ Евробридж-97 [15] и переинтерпретации данных по субпараллельному близкорасположенному профилю ОГТ [13] не подтвердили представления об активном механизме синрифтового развития Припятского прогиба, обусловленного воздействием гипотетического мантийного диапира. Он не отражен в структуре коро-мантийной границы и нижнего слоя коры [13].

Сравнительный анализ структуры консолидированной земной коры Припятского и Днепровского палеорифтовых грабенов позволяет выявить различия, которые определяют особенности их развития. По сравнению с плавными малодифференцированными структурными формами тонкой нижней коры Припятского грабена мощностью 7–8 км, восточней Брагинско-Лоевской седловины резко обособляется мощная (18 км) нижнекоровая Западно-Днепровская высокоскоростная региональная структура, которая интерпретируется как «рифтовая подушка» (rift pillow) Днепровского грабена. Механизм ее формирования, по-видимому, связан с плумовыми верхнемантийными процессами активного магматизма. Рифтовая подушка ограничена на западе высокоамплитудной флексурой над Черниговской антиформой поверхности Мохо – границей разноуровенного залегания подошвы консолидированной коры

на Припятской и Днепровской ступенях. Западно-Днепровская «рифтовая подушка» вмещает субвертикальное высокоскоростное тело, выявленное еще в девяностые годы на поперечном профиле ГСЗ Пирятин–Талалаевка [5, 6]. На продольном профиле ГР-13 характеризуемый субвертикальный объект, по-видимому, соответствует участку зоны аномальной внутристойкой антиформы нижней коры на отрезке ПК 460–540 км. Высокоскоростная структура типа «рифтовой подушки» установлена ранее и в Донецком сегменте ППД авлакогена. На основе анализа преломленных и отраженных волн глубинных сейсмических зондирований по программе DOBRE на поперечном профиле Донецкого складчатого сооружения определено высокоскоростное тело с $V_p = 6,90\text{--}7,20$ км/с мощностью до 15–20 км [4].

Генезис «рифтовых подушек», выявленный поперечными профилями ГСЗ Пирятин–Талалаевка (Днепровский грабен) и DOBRE (Донецкое складчатое сооружение), все исследователи связывают с интенсивной переработкой земной коры вследствие внедрения мантийных расплавов. С.P.Ervin и L.D.McGinni [12] указывали применительно к реактивированному рифту Рилфут (Северо-Американская платформа) на формирование «рифтовой подушки» вследствие внедрения основных магм – как минимум в объеме 10 % в нижнюю кору в процессе рифтогенеза. Эти взгляды разделяют авторы модели глубинного строения Донбасса по меридиональному профилю DOBRE [4]. Формирование «субвертикального тела» в зоне субмеридионального профиля Пирятин – Талалаевка Днепровского грабена определяется украинскими геофизиками и геологами воздействием мантийных астенолитов (мантийных плюмов) [9, 6, 11, 3]. Можно обоснованно допустить, что формирование региональной Западно-Днепровской «рифтовой подушки» и приподнятое положение раздела Мохо в Днепровском грабене относительно Припятского, выявленное вдоль профиля ГСЗ «Георифт-2013» Несвиж–Полтава, подтверждает концепцию существенной переработки земной коры к востоку от зоны Брагинско-Лоевской седловины и наклонного звена поверхности субМохо вследствие проявления плюмовой тектоники в процессе герцинского рифтогенеза.

В Припятском прогибе строение коро-мантийной границы отличается от Днепровского более низким (на 5–6 км) уровнем залегания раздела Мохо и обособлением раздела субМохо. Последний восточнее Брагинско-Лоевской седловины, как отмечено выше, уходит в глубь верхней мантии. Высокоградиентная граница раздела Мохо, которая является единой для Припятско-Днепровской палеорифтовой системы, в пределах Припятского прогиба, в отличие от Днепровского, остается субгоризонтальной не только в продольном, но и в поперечном сечениях. В нижней коре Припятского прогиба по меридиональному профилю ГСЗ ЕвроБридж-97 не выявлены субвертикальные тела с повышенными сейсмоскоростными характеристиками [15], которые, как уже указано, при наличии выступа поверхности Мохо в поперечном сечении приосевой части Припятского грабена могли бы свидетельствовать о воздействии мантийных диапиров (плюмов) на процессы герцинского рифтогенеза, как это показано для Днепровского грабена.

На профиле «Георифт-2013» обращает на себя внимание суперпозиция высокомагнитудных Черниговской антиформы поверхности Мохо (ПК 305–370 км), западного флексурообразного склона Западно-Днепровской «рифтовой подушки» нижней коры (ПК 320–350 км) и резко нисходящего вглубь горизонта субМохо (ПК 370–420 км), разделяющего области относительно низкоскоростной верхней мантии под Днепровским сегментом и высокоскоростной – под Припятским и поперечным Брагинско-Лоевским сегментом. Эти особенности сейсмоскоростного разреза соответствуют зоне Черниговского максимума ΔG_a и экстремальным значениям ΔT_a . С рассматриваемой суперпозицией связаны пространственная близость или непосредственное совмещение Одесско-Гомельского глубинного тектонического шва и ареала проявления щелочно-основного магматизма в пределах северо-восточной части Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины, Гомельской структурной перемычки, Жлобинской седловины. Как показала Ляшкевич З.М. [9], две главные фазы вулканизма в северо-западной части Днепровского прогиба приходятся на позднефранское и фаменское время, а первые признаки проявления относятся к рубежу средний-поздний девона.

В Припятском прогибе главные фазы проявления магматизма датируются позднефранским (евлановско-ливенским) и раннефаменским (елецким) временем [2]. К самым

древним магматическим образованием, связанным с началом образования рифта, отнесены отдельные диатремы (трубки взрыва), закартированные в зоне сочленения Северо-Припятского плеча Припятского прогиба со Жлобинской седловиной и на территории последней. Их возраст датируется началом позднефранского времени. Среди поля развития диатрем, расположенного в 60 км южнее зоны сочленения Северо-Припятского плеча и Жлобинской седловины, ближе к Северному краевому разлому, наиболее ранние внедрения определяются поздневоронежским-раннеевлановским временем (средняя фаза позднего франа) [8]. В пределах же самого Припятского грабена и Брагинско-Лоевской седловины вулканомагматическая деятельность началась еще позже – в евлановско-ливенское время (в конце позднего франа). Миграция начальных проявлений магматизма в пространстве и во времени вполне согласуется со стадийностью процессов рифтообразования и отмечена на примере развития многих континентальных рифтовых зон. На начальных стадиях рифтинга деструкции подвергались обширные площади, значительно превышающие ширину будущего Припятского грабена. По-видимому, припятский вулканизм не входил в обязательный перечень предрифтовых явлений или режимов, способствовавших образованию в коре первичных ослабленных зон и началу процессов рифтогенеза. Для Припятского прогиба характерна обратная временная и причинно-следственная связь – проявления вулканизма были вызваны процессом рифтогенеза [1]. В связи с отмеченной территориальной сопряженностью верхнедевонских щелочных магматических пород северо-восточной периферии Припятской зоны рифтогенеза и сопредельной Западно-Днепровской «рифтовой подушки», вероятно, находит решение проблема об их мантийном источнике. Подтверждается мнение Корзуна В.П. и Махнача А.С. [7], что они являются производными исходных магм, поднявшихся с глубин более 70–100 км. Возможно, что возраст вулканогенных формаций этой зоны маркирует время наиболее активных региональных тектоно-геодинамических процессов, с ними были связаны формирование или реактивация наклонного участка раздела субМохо, разграничитывающего области высокоскоростной и относительно низкоскоростной верхней мантии, и пространственно соответствующих ему в более высоких горизонтах коро-мантийной границы Черниговской антиформы поверхностей Мохо и западного замыкания нижнекоровой Западно-Днепровской «рифтовой подушки». По-видимому, позднефранко-фаменский вулканизм отражает фазу наиболее активного проявления плюм-тектоники в Днепровском грабене и соответствует главной стадии рифтогенеза.

Список литературы

1. Айзберг, Р.Е. Синрифтовая геодинамика Припятского прогиба / Р.Е. Айзберг, Т.А. Старчик . – Минск: Беларусская наука, 2013. – 146 с.
2. Веретенников, Н.В. Верхнедевонский магматический комплекс / Н.В. Веретенников, В.П. Корзун, А.С. Махнач // Геология Беларуси. – Минск., 2001. – С. 446–459.
3. Гавриш, В.К. Заложение, развитие и нефтегазоносность палеорифтов Украины / В.К. Гавриш // Рифтогенез и нефтегазоносность. – М.: Наука, 1993. – С. 29–36.
4. Град, М. Работы методом сейсмического зондирования по профилю DOBRE / М. Град, А. Гутерх, Р. Келлер [и др.] // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. – М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС. – 2006. – С. 321–327.
5. Егорова, Т.П. Результаты переинтерпретации и обобщения сейсмических материалов / Т.П. Егорова, Е.П. Баранова // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPLOBE. – М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС. – 2006. – С. 315–320.
6. Ильченко, Т.В. Некоторые аспекты эволюции Днепровско-Донецкого палеорифта (по данным ГСЗ) / Т.В. Ильченко // Геофизический журнал. – 1997. – Т. 19, № 3. – С. 69–81.
7. Корзун, В.П. Верхнедевонская щелочная формация Припятской впадины / В.П. Корзун, А.С. Махнач. – Минск.: Наука и техника, 1977. – 154 с.
8. Кручек, С.А. Детальная стратиграфия девонских отложений Жлобинской седловины и сопредельных районов в связи с поисками полезных ископаемых / С.А. Кручек, Т.Г. Обуховская // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: поиски и перспективы. – Минск: БелНИГРИ, 1997. – С. 19–21.
9. Ляшкевич, З.М. Магматизм Днепровско-Донецкой впадины / З.М. Ляшкевич // Тектоника и магматизм Восточно-Европейской платформы. – М.: Гео-инвекс, 1994. – С. 183–190.

10. Павленкова, Н.И. Структура земной коры и верхней мантии по сейсмическим данным / Н.И. Павленкова // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. Результаты исследований по программе EUROPLOBE. – М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС. – 2006. – С. 559–599.
11. Чекунов, А.В. К геодинамике Днепровско-Донецкой рифт-синеклизы / А.В. Чекунов // Геоф. журнал, 1994. – Т. 16, № 3. – С. 1–12.
12. Ervin, C.P. Peelfoot rift: reactivated precnrstor to the Missisipi Embayment / C.P. Ervin, L.D. McGinnis // Geol. Sos. Amer. Bull., 1975. – V.86. – P. 1287–1295.
13. Juhlin, C. Reappraisal of the deep seismic reflexion profil VIII across the Pripyat Trough / C. Juhlin, R.A. Spephenson, C.V. Klushin // Tectonophysics. – 1996. – Vol. 268. – P. 99–108.
14. Starostenko, V. Litspheric structure along wide-angle seismic profile GEORIFT 2013 in Pripyat-Dnieper-Donets Basin (Belarus and Ukraine) / V. Starostenko [and etc.] // Geophysical Journal International. – 2018. – Vol. 212, number 3. – P. 1932–1982.
15. Thybo, H. Upper lithosphere seismic velocity structure across the Pripyat Trough and Ukrainian shitld along the Eurobridge'97 profile / H. Thybo, T. Janik, V.D. Omelchenko [et all.] // Tectonophysics. – 2003. – Vol. 371. – P. 4–79.

ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ В ПОГРАНИЧНЫХ КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕРМИ И ТРИАСА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

М.П. Арефьев^{1,2,3}, К.М. Седаева⁴, А.В. Ульяхин⁵

¹Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: mihail-3000@inbox.ru

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

³Музей естественной истории Свято-Алексиевской Пустыни

⁴Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁵Палеонтологический институт РАН, Москва, Россия

На рубеже перми и триаса на территории Московской синеклизы выявлено поступление вулканического пепла в виде витрокластов кисло-среднего, отчасти средне-основного состава и неизмененных свежих кристаллокластов (плагиоклазов, биотита, хлорита). Данные позволяют обоснованным образом рассмотреть влияние вулканизма на ход пермо-триасового экологического кризиса континентальной биоты Русской равнины.

Ключевые слова: вулканический пепел, витрокласти, кристаллокласти, пермь, триас, Московская синеклиза.

VOLCANIC ASH IN RED-COLORED PERMIAN AND TRIASSIC DEPOSITS OF THE MOSCOW SYNECLISE

М.П. Arefiev^{1,2,3}, К.М. Sedaeva⁴, А.В. Uliakhin⁵

¹Geological Institute of Russian Academy of Science, Moscow, Russia

²Kazan Federal University, Kazan, Russia

³Natural History Museum of the St. Alexius Orthodox Brotherhood
of Mercy Yaroslavl Region, Russia

⁴Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁵Paleontological Institute of Russian Academy of Science, Moscow, Russia

The volcanic ash in the form of different vitroclasts was revealed at the boundary of the Permian and Triassic of the Moscow syneclyse. Unchanged fresh crystalloclasts (plagioclases, biotite, chlorite) were described too. The data allow a justified analysis of the effect of volcanism on the course of the Permian-Triassic ecological crisis of the continental biota of the Russian Plain.

Keywords: volcanic ash, vitroclasts, crystalloclasts, Permian, Triassic, Moscow syneclyse.

Вулканический пепел в пограничных красноцветных отложениях перми и триаса Московской синеклизы (далее – МС) представлен витрокластами (обломками вулканического стекла) кисло-среднего и отчасти средне-основного (?) состава, и неизмененными свежими кристаллокластами (плагиоклазов, биотита, хлорита) средне-, мелко-, реже тонкопсаммитовой размерности среди песчано-алевритовых и алеврито-глинистых пород, часто сильно разубоженный терригенной составляющей и (или) «скрытый», глинизированный с образованием монтмориллонита и пальгорскита. Ранее некоторыми исследователями отмечалось присутствие в пограничных отложениях перми и триаса МС пеплового материала, однако системных работ по этой тематике практически никогда не проводились. Накопленный в настоящее время материал позволяет проанализировать встречающиеся в них вулканокласти разного размера, состава и степени их сохранности в двух сводных разрезах МС: на севере в бассейне рек Сухоны – Сев. Двины – Юга и на юге в бассейне р. Ветлуги. При анализе рассматривались только вятские (P_3v) и индские (T_1i) отложения.

В вятском ярусе в долине рек Сухоны и Северной наблюдаются частицы вулканического пепла в виде обломков (кристаллокласти) кварца остроугольной, игольчатой, щепковидной формы, часто с резко изогнутым, криволинейным контуром, Г-образной и серповидной формы, с блочно-ступенчатым погасанием среди зерен песчаной размерности. Редко встречаются

обломки кварца с тончайшей темной железисто-глинистой каемкой (оторочкой), которая рассматривается, как корочка закаливания, образовавшаяся вокруг частиц жидкой лавы (вулканического стекла) при резком изменении давления (Р) и температуры (Т) при выбросе эндогенного материала в атмосферу [1].

Однако многие остроугольные обломки кварца с серповидным изломом не могут относиться к кварцу вулканогенной природы, так как в них не наблюдается блочно-ступенчатого погасания, возникшего из-за резких изменений РТ условий, а лишь волнистое и крайне редко нормальное прямое погасание, характерное в первом случае для кварца метаморфогенной, а во втором – для интрузивной природы. Такие обломки кварца (изначально возможно микротрешиноватого) образуются при физическом выветривании, при резком перепаде температур в аридном климате и при криогипергенезе в нивальном климате. Характерные остроугольные обломки кварца могли возникнуть при раскалывании зерен в результате температурного выветривания или во время эолового переноса. Например, встречаются крупные обломки кварца изначально метаморфогенной природы с микротрешинами, которые могли значительно облегчать его раскалывание по системе трещин. Олигомиктовый (до 70–90% кварца) и даже мономинеральный кварцевый состав алевритовой фракции (без полевых шпатов) континентальных отложений также указывает об эоловом переносе пылеватых частиц, что наблюдается в четвертичных лессовых отложениях.

В результате можно рассмотреть два вида частиц мелко-тонкообломочной размерности (0,25–0,005 мм), агентами переноса которых мог быть ветер:

1) кварц изначально метаморфогенной и отчасти интрузивной природы, подвергшийся физическому выветриванию и эоловому переносу. Его содержание в образцах достигает до 20–25 %, и он является преобладающим среди других его разновидностей;

2) кварц – вулканогенной природы вместе с неизмененными, свежими частицами хлорита, плагиоклаза и хлоритизированными витрокластами, общее содержание которых составляет 0,5–2 % от общего количества обломков кварц-силикатной составляющей пород. Встречаются хлоритизированные витрокласти и свежие пластинки хлорита с тонкой темно-бурой корочкой закаливания, реже обломки свежего плагиоклаза кислого состава остроугольной формы нередко с темной окантовкой из рудных минералов в виде корочки закаливания. По-видимому, пепловые частицы могли поступать синхронно из воздушных масс атмосферы в бассейн седimentации вместе с осадочным материалом иного генезиса, агентами переноса которых были вода и отчасти ветер.

В бассейне р. Юг под кровлей вятского яруса (Недуброво) и в индских отложениях (Шолга) обломки кварца остроугольной и щепковидной формы встречаются в виде единичных зерен (<1 %) или отсутствуют. Часто наблюдаются удлиненные лейстовидные, изредка веретенообразно-закрученные пластинки биотита, слабо затронутые гипергенными изменениями, что характерно для частиц пепловой природы [2]. Биотит в различной степени хлоритизирован и часто представляет собой биотит-хлоритовые пакеты, нередко с корочкой закаливания. Вулканокласти плагиоклазов среднего состава частично замещены хлоритом. В обоих обнажениях отмечаются отдельные неизмененные, свежие пластинки хлорита, реже витрокласти с рудной корочкой закаливания, замещенной гидрооксидами железа, облекающей минеральные зерна. Общее количество пеплового материала здесь увеличивается до 5–7 %. Разная степень гипергенного изменения как витрокластов и вулканокластов слюдистого ряда (биотита, хлорита), так и единичных плагиоклазов указывают на разновременность их поступления в бассейн седimentации. Наиболее гипергенно-измененные, почти полностью замещенные гидрооксидами железа пластинки биотита, часто ориентированные по наслоению, косвенно свидетельствуют о его поступлении в бассейн седimentации за счет продуктов размыва верхней части древней (как минимум довятской) коры выветривания, развитой по эфузивной толще. Свежие их аналоги пепловой природы могут быть синхронны данному моменту осадконакопления и могли поступать из воздушных масс атмосферы в бассейн седimentации, разубоживаясь терригенным кварц-силикатным материалом, привнесенным флювиальным путем.

Распределение разной степени гипергенно-измененных витрокластов в отложениях согласуется с седimentологическими особенностями. В разрезах Недуброво и Шолга простираются

пачки переслаивания тонких прослоев слабосцементированных алевролитов и глин, реже мелко-тонкозернистых песчаников, ритмичность которых объясняется сезонными паводками. При активизации рек во время половодий в отмирающих руслах возобновлялись слабые потоки, отлагавшие песчано-алевритовый, а в сухие сезоны – тонкий пылевато-глинистый материал нередко вместе с пеплом, выпавшим из воздушных масс атмосферы. Наиболее древние переотложенные гипергенно-измененные вулканокласти концентрируются в относительно грубых алеврито-песчаных прослоях и представлены, как правило, вытянутыми пластинками лейстовидного биотита, либо пакетами биотита с хлоритом, ориентированными субпараллельно плоскости напластования, что указывает на флювиальный перенос терригенно-обломочного материала. В более тонких алеврито-глинистых прослоях встречается неизменный, свежий хлорит с корочкой закаливания в виде оплавленных, относительно округлых пластинок, залегающих под различными углами к плоскости наслойения. Сохранность и особенности залегания позволяют говорить о: 1) его вулканической пепловой природе, 2) наиболее «молодом» возрасте, синхронному моменту осадконакопления и 3) поступлении его из воздушных масс атмосферы в бассейн седиментации одновременно с терригенно-обломочным материалом.

В бассейне р. Ветлуга (Сухоборка) в вятских отложениях найден линзовидный прослой до 8 см необычайно ярко-алой глины чистого смектитового состава, что является уникальным случаем для континентальных перми и триаса МС. Прослой интерпретируется как закамуфлированный вулканический пепел (по выражению Коссовской А.Г.), то есть как криптопироклазика. В слое обнаружены остаточные продукты вулканокластики: ювенильные цирконы (устное сообщение Давыдова В.В.) и цоизиты (минералы группы эпидота, часто встречающиеся в вулканитах среднего и основного состава [1]).

В поздневятских отложениях р. Ветлуги (Воскресенское, Асташха) часто встречаются обломки кварца оскольчатой и резко угловатой формы, с блочно-ступенчатым погасанием, которые рассматриваются как пепловые частицы, выпавшие из воздушных масс атмосферы, среди других обломков, привнесенные в это же время в бассейн седиментации эоловым путем.

В русловых песчаниках в обнажениях Воскресенское и Асташха встречается хлоритизированный биотит с корочкой закаливания, реже лейстовидной и веретенообразной формы пепловой природы. Различная степень их выветрелости, приуроченность к аллювиальным отложениям и залегание по наслойнию указывают на размытие древней эфузивной толщи, слабо затронутой процессами химического выветривания из-за аридности климата и пониженной влажности.

Непосредственно на границе перми и триаса и в индских отложениях (Прудовка, Афанасиха-Сарафаниха, Андреево, Анисимово, Спасское) наряду с гипергенно-измененными лейстовидными пластинками биотита и другими терригенно-обломочными компонентами встречаются: 1) неизмененный свежий хлорит, 2) орудинелевые витрокласти основного состава, 3) относительно свежие пакеты биотита-хлорита (с ярко выраженным плеохроизмом) и 4) витрокласти среднего состава веретенообразной формы, хлоритизированные и нередко с корочкой закаливания. Их присутствие в разрезах указывает о привносе вулканических пепловых частиц во время отложения осадочного, терригенно-обломочного материала флювиальным путем и его в дальнейшем разубоживании среди его компонентов. Наличие неизмененных и слабо-гипергенно-измененных пепловых частиц косвенно свидетельствует о разновременном их поступлении в бассейн седиментации. Во второй половине индского яруса содержание пепловых частиц увеличивается и достигает 15–17 %. Одновременно с этим наблюдается максимальная концентрация палыгорскита в пелитовой фракции. Прямая ассоциация максимальных концентраций пеплового материала и палыгорскита позволяет предположить, что широкое распространение палыгорскита напрямую коррелируется с поступлением нестойкого витрокластического материала в бассейн седиментации и о его дальнейшем преобразовании на фоне аридного и semiаридного климата [2].

Заключение. На рубеже перми и триаса в красноцветных отложениях двух разрезов Московской синеклизы отмечается вулканический пепел кисло-среднего состава в вятское время (P_3v), и среднего-основного(?) состава в индское (T_1i) время. Большая его часть преобразована и диагностируется по наличию прослоев и мелких линз смектита и палыгорскита в глини-

стой составляющей пород в ассоциации с повышенным содержанием вулканокластов (*витроплакастов и кристаллокластов*) во вмещающих отложениях. Распространение неизмененных, свежих вулканокластов и криптолирокластики в виде мелких линзочек палыгорскита хорошо согласуется с раннетриасовым пиком траппового вулканизма Восточно-Сибирской магматической провинции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00706 А.

Список литературы

1. Ван, А.В. Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах / А.В. Ван, Ю.П. Казанский. – Новосибирск: Наука, 1985. – 127 с.
2. Карлов, Н.Н. Четвертичные вулканические пеплы окрестностей г. Днепропетровска / Н.Н. Карлов, А.И. Кравченко // Тр. комиссии по изучению Четвертичного периода. Т. 13. – М.: Наука, 1957. – С. 290–299.
3. Ломова, О.С. Палыгорскиты и сепиолиты как индикаторы геологических обстановок / О.С. Ломова // Тр. ГИН АН СССР. Т. 336. – М.: Наука, 1979. – 180 с.

ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ РАЗНОЙ УДАЛЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ

Т.И. Аронова, Р.Р. Сероглазов, Г.А. Аронов, О.Н. Килляр, В.А. Аронов

Центр геофизического мониторинга НАН Беларусь, Минск, Беларусь

e-mail: centr@cgm.org.by

Выполнен анализ сведений о произошедших сильных далеких, региональных и местных землетрясениях. Проведен расчет интенсивности сейсмических воздействий этих землетрясений. Исследования позволили оценить уровень возможных сейсмических воздействий для территории Беларуси.

Ключевые слова: землетрясение, магнитуда, эпицентр, интенсивность, баллы.

THE INTENSITY OF SEISMIC IMPACT UPON THE TERRITORY OF BELARUS FROM THE EARTHQUAKES OF VARIOUS DISTANT

T.I. Aronova, R.R. Seroglazov, G.A. Aronov, V.N. Killiar, V.A. Aronov

Centre of Geophysical Monitoring, NAS Belarus, Minsk, Belarus

The analysis of data and information about strong distant, regional and local occurred earthquakes was performed. The intensity of seismic impact was calculated. The investigation made it possible to assess a probable seismic influence for the territory of Belarus.

Keywords: earthquake, magnitude, epicenter, intensity, points.

Контроль состояния геологической среды – это одна из наиболее важных задач сейсмического мониторинга территории Беларуси. Все регистрируемые сейсмические волны проходят в геологической среде и соответственно несут информацию о ее состоянии. Сильное землетрясение – это достаточно продолжительный геодинамический процесс со стадиями подготовки, реализации события и последствий. Процесс подготовки и реализации сейсмического события охватывает не только отдельный участок литосферы, но и гидросферу (в основном ее подземную часть), биосферу, атмосферу и даже ионосферу. Любое, а тем более крупное землетрясение не может считаться точечным в пространственно-временной среде и изолированным событием и должно рассматриваться как длительный процесс: нарушение и последующее восстановление упругих деформаций в ходе долговременных процессов в обширных объемах природной среды.

Основная задача сети сейсмических наблюдений на территории Беларуси по контролю состояния среды заключается в регистрации далеких, региональных и местных сейсмических событий. Любой, даже слабый толчок может свидетельствовать о начале геодинамической активизации как на исследуемой территории, так и за ее пределами.

Что касается регистрации далеких и региональных землетрясений, то они могут рассматриваться с точки зрения сейсмической безопасности территории Беларуси в двух аспектах.

1. Фиксирование непосредственных сейсмических воздействий от удаленных и особенно региональных землетрясений, связанных с сейсмической активностью в их очаговых зонах.

2. Регистрация изменений параметров сейсмических волн, связанных с изменением состояния геологической среды. В качестве таких параметров могут быть спектральные изменения колебаний волн от одних и тех же источников, изменения длительности колебаний, связанные с изменением добротности среды и т. д. В свою очередь изменения состояния геологической среды могут происходить в результате обводнения, изменения уровня грунтовых вод, в том числе и техногенных, в результате более медленных процессов типа геодинамической активизации.

Кроме волн от землетрясений для названных выше целей подходят также и записи от техногенных источников, например, регулярно повторяющихся карьерных взрывов. В этом смысле информативны также и записи сейсмических шумов.

Все названные средства сейсмического контроля состояния геологической среды должны отслеживаться во времени для определения стабильности параметров сейсмического поля.

Сейсмологический мониторинг в Беларуси представляет собой систему непрерывных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний с использованием автоматизированных систем. Сеть сейсмологических наблюдений структурно состоит из трех уровней: глобальный, региональный и локальный. Глобальный и региональный уровни мониторинга обеспечивали геофизические обсерватории «Плещеницы» и «Нарочь»; региональный и локальный – сети сейсмических станций в Солигорском и Островецком районах. За период 1965–2017 гг. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 57 907 землетрясений в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний.

На глобальном уровне из общего числа землетрясений с магнитудой $M = 6,0$ зафиксировано 6728 событий, 743 события с $M = 7,0$, 35 событий с $M = 8,0$ и 2 события с $M = 9,0$. В основном такие землетрясения приурочены к областям высокой современной тектонической активности и связаны с конвергентными или дивергентными границами литосферных плит, где происходит либо сжатие, поглощение океанской коры в зонах субдукции, либо растяжение континентальной коры. В этих регионах непрерывно накапливаются тектонические напряжения, которые периодически разряжаются в виде землетрясений. Наибольшая сейсмическая активность Земли наблюдалась в Тихоокеанском сейсмоактивном поясе, остальная часть энергии выделилась в Трансазиатском, Индийском и Атлантическом сейсмических поясах.

На территории Европы и смежных областях из общего числа землетрясений зарегистрировано 1529 событий с магнитудой $M = 5,0$, 95 событий с $M = 6,0$ и 5 событий с $M = 7,0$. На Европейском субконтиненте наибольшая плотность эпицентров землетрясений наблюдалась в Альпийском сейсмоактивном поясе. В пределах этого пояса выделилась основная часть суммарной сейсмической энергии, остальная ее часть относится к внутренеконтинентальной и океанической частям.

На локальном уровне из общего числа землетрясений на территории Солигорского горнорудного района и окружающей его территории зарегистрировано 396 событий с магнитудой $M = 2,0$ и 5 событий с $M = 3,0$. За весь период наблюдений было зафиксировано 5 землетрясений, которые имели ощутимый характер: 1978 год (д. Кулаки, $M=3,0$, $I_o = 4-5$), 1983 год (г.п. Повстынь, $M = 2,8$, $I_o = 4-5$), 1985 году (г. Глуск, $M = 3,1$, $I_o = 3-4$), 1998 год (п. Погост, $M = 1,9$, $I_o = 4-5$ и $M = 0,8$, $I_o = 2-3$) [3].

Сейсмические воздействия от зарегистрированных землетрясений разной удаленности, каталоги которых составлены в Беларуси за весь период наблюдений, рассматривались с позиций балльности по шкале MSK-64 [1]. Балльность – это наиболее универсальный параметр, отвечающий за весь набор других параметров, по которым оценивается сейсмическое воздействие. Как известно, интенсивность сотрясений зависит от магнитуды землетрясения, эпицентрального расстояния и глубины очага. Для расчета интенсивности на площадке от удаленных и региональных землетрясений использовалась формула Шебалина [2]:

$$I = b \cdot M - v \cdot \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + c, \quad (1)$$

где Δ – эпицентральное расстояние в км, h – глубина очага и M – магнитуда. Коэффициенты b , c и v могут быть разными для разных регионов.

Учитывая, что очаги зарегистрированных землетрясений распределены по всему миру, имеет смысл брать их средние значения по Земле. Это 1,5; 3,5 и 3,0 соответственно. Именно с этими коэффициентами эта формула называется формулой Шебалина, которая во многих регионах достаточно точно отображает данную закономерность. По формуле (1) был произведен расчет интенсивности для далеких, региональных и местных землетрясений, приведенных в соответствующих каталогах. Заметим, что на практике балльность определяется в целых числах. Однако в расчетах допускаются и обычные числовые значения. В нашем случае воздействие в баллах вычислялось с точностью до десятых.

Для всех регистрируемых далеких, региональных и местных землетрясений определялась расчетная балльность, вызванная колебаниями сейсмических волн на территории Беларуси. На рис. 1 приведен временной ход сейсмической интенсивности, рассчитанной по формуле Шебалина (1) для сильных далеких землетрясений Земли и Европы с магнитудой $Ms \geq 7,0$ за период 2000–2017 гг.

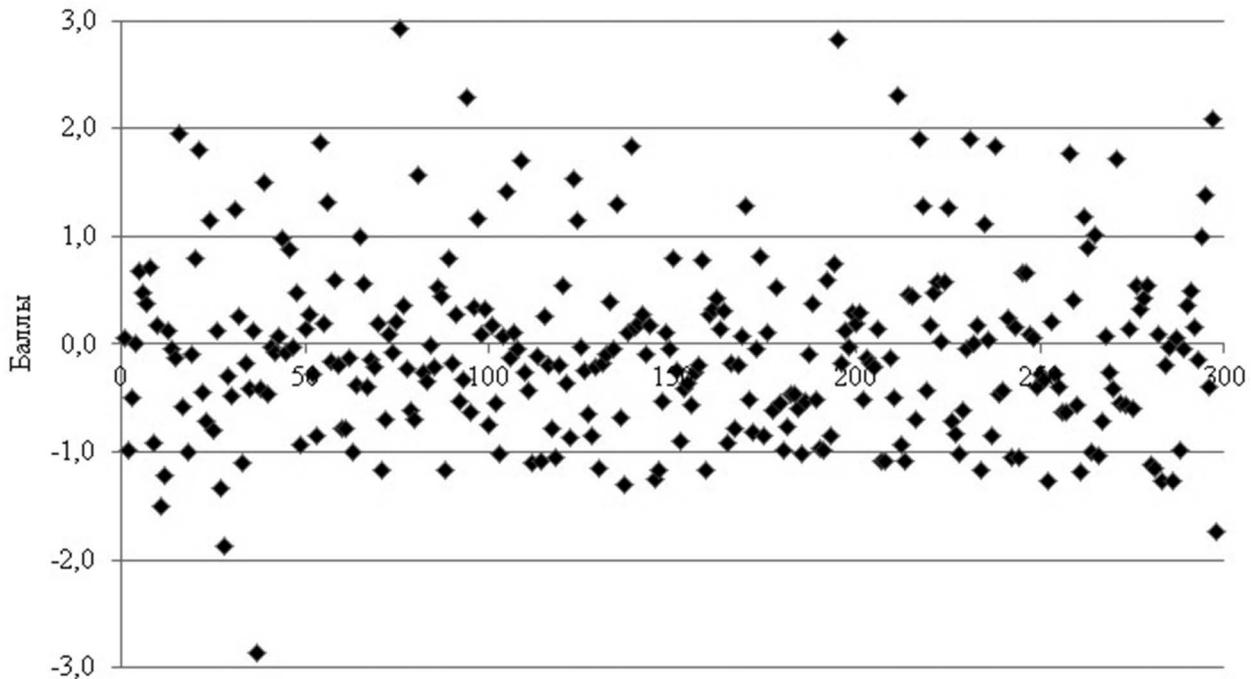


Рисунок 1. Графики во времени сейсмических воздействий на территорию Беларуси в виде балльности сильных землетрясений с магнитудой $Ms \geq 7,0$ за 2000–2017 гг.

Наибольшее влияние на территорию Беларуси оказали следующие землетрясения (табл. 1).

Для всех зарегистрированных землетрясений за исследованный период значение интенсивности оказалось незначительным. Наибольшее влияние на территорию исследуемую территорию среди сильных землетрясений Земли оказало катастрофическое землетрясение, произошедшее на западном побережье Северной Суматры 26.12.2004 в 00:58:52 с глубиной очага $h = 33$ км, магнитудой $Ms = 9,1$ и $mb = 7,1$, эпицентральное расстояние $\Delta = 8320$ км, расчетное значение балльности $I = 2,9$.

Среди сильных землетрясений Европы и смежных территорий оказали влияние два землетрясения произошедших: первое – в южной Греции 08.01.2006 в 11:34:53 с $h = 66$ км, $Ms = 7,2$ и $mb = 6,8$, $\Delta = 1950$ км, $I = 2,3$; второе – в Турции 23.10.2011 в 10:41:20 с $h = 10$ км, $Ms = 7,3$ и $mb = 6,7$, $\Delta = 2110$ км, $I = 2,3$.

Из региональных землетрясений наибольшее воздействие оказало землетрясение, произошедшее в Румынии 27.10.2004 в 20:34:35 с $h = 90$ км, $mb = 6,1$ и $Ms = 5,3$, $\Delta = 960$ км, $I = 1,7$. Среди региональных землетрясений, которые ощущались в Беларуси: 21.09.2004 – в северо-западной части; 27.10.2004 – на всей территории страны, 22.11.2014 и 23.09.2016 – в южной части.

Исследование Солигорских землетрясений показало, что расчетная балльность за период наблюдений имела минусовые значения, ощутимых землетрясений не происходило.

Выводы. Одним из наиболее эффективных подходов к оценке степени геодинамической активизации крупных регионов является сейсмологический мониторинг напряженно-деформированного состояния среды, выполняемый в реальном времени. Проведенные исследования позволили оценить уровень возможных сейсмических воздействий для территории Беларуси и сопредельных регионов. Глобальная составляющая сейсмотектонической активности в основном определяется близостью мощного Азорско-Средиземноморско-Альпийско-Трансазийского сейсмогенного пояса. Определенную опасность представляет низкочастотная составляющая

**Землетрясения и расчетные значения их интенсивности воздействия
на территорию Беларуси за 2000–2017 гг.**

Район	Дата	Время	Магнитуда		Расчетные значения, баллы	
			mb	Ms	по mb	по Ms
Сильные землетрясения Земли						
Туркмения	06.12.2000	17:11:07	6,7	7,3	1,1	2,0
Индия	26.01.2001	03:16:42	7,2	7,8	0,9	1,8
Район Хоккайдо, Япония	25.09.2003	19:50:08	6,7	8,3	-0,5	1,9
Западное побережье Северной Суматры	26.12.2004	00:58:52	7,1	9,1	-1,0	2,9
Восточнее Курильских островов	13.01.2007	04:23:25	7,4	8,2	0,5	1,7
Провинция Сычуань, Китай	12.05.2008	06:27:58	7,0	8,1	0,2	1,8
Восточное побережье Хонсю, Япония	11.03.2011	05:46:22	7,3	9,0	0,3	2,8
У западного побережья Северной Суматры	11.04.2012	08:38:36	7,4	8,4	0,4	1,9
Юго-восточный Иран	16.04.2013	10:44:17	7,1	7,6	1,2	1,9
Пакистан	24.09.2013	11:29:47	6,9	7,7	0,6	1,8
Непал	25.04.2015	06:11:23	7,3	7,9	0,9	1,8
Таджикистан	07.12.2015	07:50:06	6,8	7,5	0,7	1,7
Иран-Ирак пограничная область	12.11.2017	18:18:15	7,1	7,4	1,6	2,1
Сильные землетрясения Европы и смежных территорий						
Южная Греция	08.01.2006	11:34:53	6,8	7,2	1,7	2,3
Турция	23.10.2011	10:41:20	6,7	7,3	1,4	2,3
Сильные региональные землетрясения						
Калининградская область, Россия	21.09.2004	13 32 28	5,1		1,0	
Румыния (зона Вранча)	27.10.2004	20:34:35	6,1	5,3	1,7	0,5
Румыния (зона Вранча)	14.05.2005	01:53:20	5,9		1,4	
Румыния (зона Вранча)	25.04.2009	17:18:46	5,7		1,1	
Румыния (зона Вранча)	22.11.2014	19:14:13	5,7	5,5	1,1	0,8
Румыния (зона Вранча)	23.09.2016	23:11:18	5,7	5,7	1,1	1,1

колебаний сейсмических волн от удаленных сильных глубоких землетрясений, возникающих в зоне Вранча в Восточных Карпатах на территории Румынии.

Список литературы

1. Медведев, С.В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64 / С.В. Медведев, В. Шпонхойер, В. Карник; под ред. С.В. Медведева – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
2. Сейсмическое районирование территории СССР / Методические основы и региональное описание карты 1978 года; редкол.: В.И. Бунэ [и др.]. – М.: Наука, 1980. – 307 с.
3. Aronov, A.G. Stress state of the earth's crust and seismicity in a potassium salt mining region in Belarus / A.G. Aronov, Sh.A. Mukhamediev, T.I. Aronova // Acta Geodaetica et Geophysica. – 2014. – Vol. 49, Issue 2 (June). – P. 125–134.

GEOTHERMAL INVESTIGATIONS IN NIGERIA

L.P. Akinyemi¹, V.I. Zui²

¹Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye, Nigeria

e-mail:olaakinyemi83@gmail.com

²Belarusian State University, Minsk, Belarus

e-mail:zui@bsu.by

Heat flow data in Nigeria are based both on thermograms of boreholes and derived from the magnetic field analysis. In hundreds of wells thermograms or bottom hole readings are available. Another approach, used for heat flow estimates in sedimentary basins, based on aeromagnetic maps. A compiled heat flow map shows its ranging from 35 to more than 100 mW/m².

Keywords: heat flow, geothermal field, Curie isotherm, Nigeria.

ГЕОТЕРМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В НИГЕРИИ

Л.П. Акиньеми¹, В.И. Зуй²

¹Университет Олабиси Онабанью, Аго-Айвойе, Нигерия

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В Нигерии данные по тепловому потоку основаны как на термограммах скважин, так и получены из анализа магнитного поля. В сотнях скважин имеются термограммы или отсчеты забойных температур. Другой подход использован для оценок потока в осадочных бассейнах по аэромагнитным картам. Составленная карта теплового потока показывает его изменение от 35 до более чем 100 мВт/м².

Ключевые слова: тепловой поток, геотермическое поле, изотерма Кюри, Нигерия.

Introduction

Nigeria has a poor production of electricity and its distribution. Electricity generation is on a thermal plant (up 66.7 %) and hydro power plant – 33% of the total power production. Of 170 million of population, about 45 % have access to electricity, which is easier within urban areas. During last decades, the renewable including geothermal energy use was spreading worldwide, the awareness of energy sector as well as federal and local authorities on such energy raised in Nigeria. Investigations of terrestrial temperature were carried out in hundreds of exploration wells drilled for oil and gas [28B].

Geothermal gradient and heat flow are frequently used parameters in geology as important indicators of the thermal state of the crust and its sedimentary cover. They are useful for estimating geothermal resources, prospecting for oil and gas fields, considering the regional tectonics, geodynamics, etc. The temperature is one of factors controlling the hydrocarbon generation. Temperature-depth curves are recorded by logging in open wellbores in a few hours after the interruption of drilling. They reflect transient phenomena caused by the drilling mud circulation. The steady state diagrams are seldom for oil wells of Nigeria. In most of publications, researchers analyzed these curves when the thermal regime was not restored, or used several temperature readings at intermediate bottom hole positions during drilling of the well (BHT).

Geology of the country

Rocks, comprising the crust within Nigeria, have different age and origin. The Precambrian basement spread over almost 48 % of the country (fig. 1). The Central Nigerian and West African shields occupy the central and north-western parts of the area. The Nupe (Middle-Niger) and Sokoto basins in their northern part and the Borno Basin within Nigeria, as a part of the Chad Basin, separate them. The Sokoto Basin is a part of the vast Iullemmeden Basin, stretched northwards. The Adamawa Highlands (monocline) is extended along the south-eastern border of the country.

Deep basins exist within the remaining 52 % of the country, where sediments have Cretaceous to the younger age [2]. Over 80 volcanoes exist within both the Biu and Jos Plateau

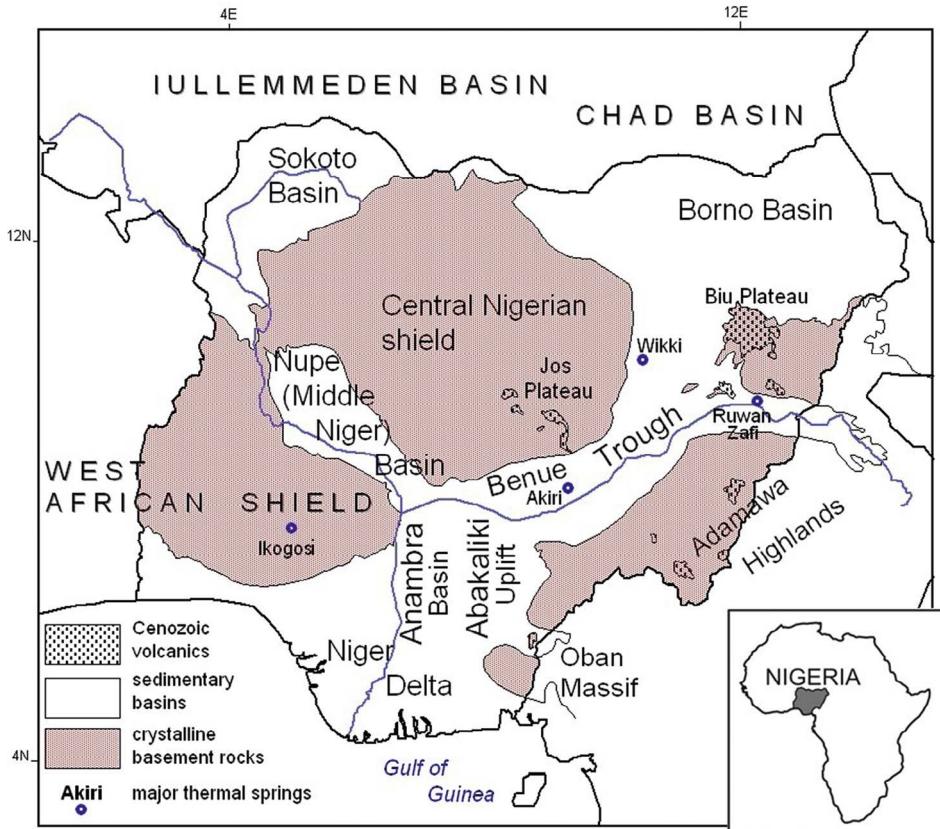


Figure 1. Geological subdivision and the main crustal blocks in Nigeria [34]

(Four circles indicate positions of warm springs: Akiri (53.5°C), Wikki (32°C) and Ruzwan Zafi (54°C), as well as Ikogosi (37°C))

with basaltic lava flows [37]. Sedimentary basins originated when the Gondwana started to split, opening Atlantic Ocean, in the early Cretaceous time and formed the Pan African Rift system in the West African terrain. These basins are filled with sediments of different thickness, subjected later to tectonic deformations through Cretaceous to Neogene time. Their deepest parts are more than 9–12 km [33] and the widest spread corresponds to the Niger Delta [22]. The Benue Trough is subdivided into: the Upper, Middle and Lower Benue troughs. The latter one includes the Anambra Basin, Abakaliki Uplift with the maximal thickness of sediments up to 6 km. In the Borno and Sokoto basins sedimentary cover is around 4 and 1 km, respectively.

Geothermal exploration in wells

Two groups of heat flow data (HFD) available in Nigeria based on measurements in boreholes and derived from processing of the aeromagnetic data (indirect approach). First wells, drilled until depths usually less than 3,500 m within the Niger delta in the middle of fifties, discovered oil [16]. Since those time terrestrial temperatures and geothermal gradients were based on thermograms or bottom hole temperature data (BHT) in the Niger Delta [5], Anambra, Sokoto [32] and Borno [17; 24] basins.

Geothermal observations in the southern part of Nigeria (Niger delta and Anambra basins) studied by [11; 19; 26; 32]. Recent studies of geothermal field in the Niger delta were published [3; 6; 7; 10; 29]. Heat flow studies in the Niger Delta published in [9; 15; 18; 31]. Heat flow density here ranges from 38.9 to 89.6 mW/m² [9]. In the eastern part of the structure it ranges from 29 to 55 mW/m². Lower heat flow (<35 mW/m²) was observed for the central parts of the delta within the central swamp near Atlantic shore [16]. Within Anambra Basin it varies from 48 to 76 mW/m² [32].

Sokoto Basin extends into parts of Niger, Chad, Central African Republic and Cameroon. Geothermal field of the Nupe, Borno and Sokoto basins was studied by [17; 23]. Heat flow in the Chad Basin varies from 63.6 to 105.6 mW/m² [17].

Only one locality for Precambrian crustal blocks fulfilled in Nigeria, is the Ririwai ring complex (heat flow 38.5 mW/m²). Measurements fulfilled there in available boreholes [38]. This value is close to data for other Precambrian shields of the world.

Indirect heat flow estimates

Two fundamental methods are used as a basis for analysis to determine the depth to the Curie isothermal surface. The first one [35] estimates depths to the tops of the magnetized bodies from the log power spectrum and second [13; 14] estimates the depth to the centroid of the causative body. Curie point depth (CPD) is the depth at which the dominant magnetic mineral in the crust becomes paramagnetic one under the effect of increasing temperature above 580 °C [8]. Knowing the depth to the Curie isothermal surface, the geothermal gradient is calculated and under the averaged heat conductivity of rocks ($\approx 2.5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [36]) the HFD could be estimated. We omit here details of the spectral analysis of aeromagnetic data.

For the Nigerian part of the Chad Basin the heat flow derived from the magnetic field analysis ranges from 63.8 to 141.9 mW/m². [27]. The heat flow density determined by this method in the Sokoto Basin [30] ranges from 52.4 to 98.6 mW/m².

For the Anambra basin the estimated heat flow density varies from 38 to 99 mW/m² [4]. For the lower part of the Benue Trough and the adjoining Anambra Basin, it ranges according to [12] from 64.4 to 97.3 mW/m² with average values of 80.1 mW/m².

Analysis fulfilled for the Nupe Basin shows that the HFD varies from 30 to 120 mW/m² [25]. In the SE and SW parts of this basin, it is less than 60 mW/m², and increases to more than 100 mW/m² in its NE and NW parts. For the Jalingo and environs in the north-eastern Nigeria the heat flow is estimated between 53 and 61 mW/m² [20].

Heat flow density estimates by this approach fulfilled also for several warm springs of Nigeria. The Ikogosi spring in south-western part of the country within the Precambrian fractured terrain, where fractured/faulted quartzite may have acted as a conduit for warm groundwater outflow to the surface [1]. Aeromagnetic maps processed on this basis give the heat flow density around 91 mW/m². Probably it does not concern other parts of the West African Shield without HFD determinations within Nigeria. At the area adjoining the Atlantic shore to the west of Nigeria in the Leo Rise and Dahomeides, the heat flow is (31–33 mW/m²), which similar with other observations within Precambrian crustal blocks of the world [21].

Heat flow density distribution

Available heat flow data are nonuniform within the territory of the country where sedimentary basins studied much better. Only its single estimates were reported for the Central Nigerian and West-African (Benin-Nigeria) shields. No data exists from the Oban Massif, Jos and Biu Plateau, with relatively young volcanism.

Combining all described above published data, the heat flow distribution within the territory of Nigeria is shown in the preliminary map (fig. 2).

Heat flow values range within the country from 35 to 145 mW/m². A low heat flow anomaly of 40–50 mW/m² is traced in the central part of the Niger delta. It increases in all directions outwards of this cold zone to 70–80 mW/m². A high heat flow anomaly above 100 mW/m² observed within the studied parts of Borno Basin. It joins with another anomaly around the Wikki warm spring and they both form a vast positive anomaly in the eastern part of Nigeria. A high heat flow above 80–100 mW/m² revealed around the Ikogosi warm spring. The Sokoto Basin in the north is shown by increased heat flow to 70–80 mW/m². Its similar range is typical for the central part of the Nupe Basin.

Rather differentiated heat flow pattern is in the Anambra Basin. Heat flow values change from 50–60 mW/m² in its northern part to 80 mW/m² southward. Heat flow density of the Nigerian part of the Adamava Highlands and the central part of the Benue Trough varies in limits of 55–60 mW/m² increasing to 70 mW/m² to the Wikki spring.

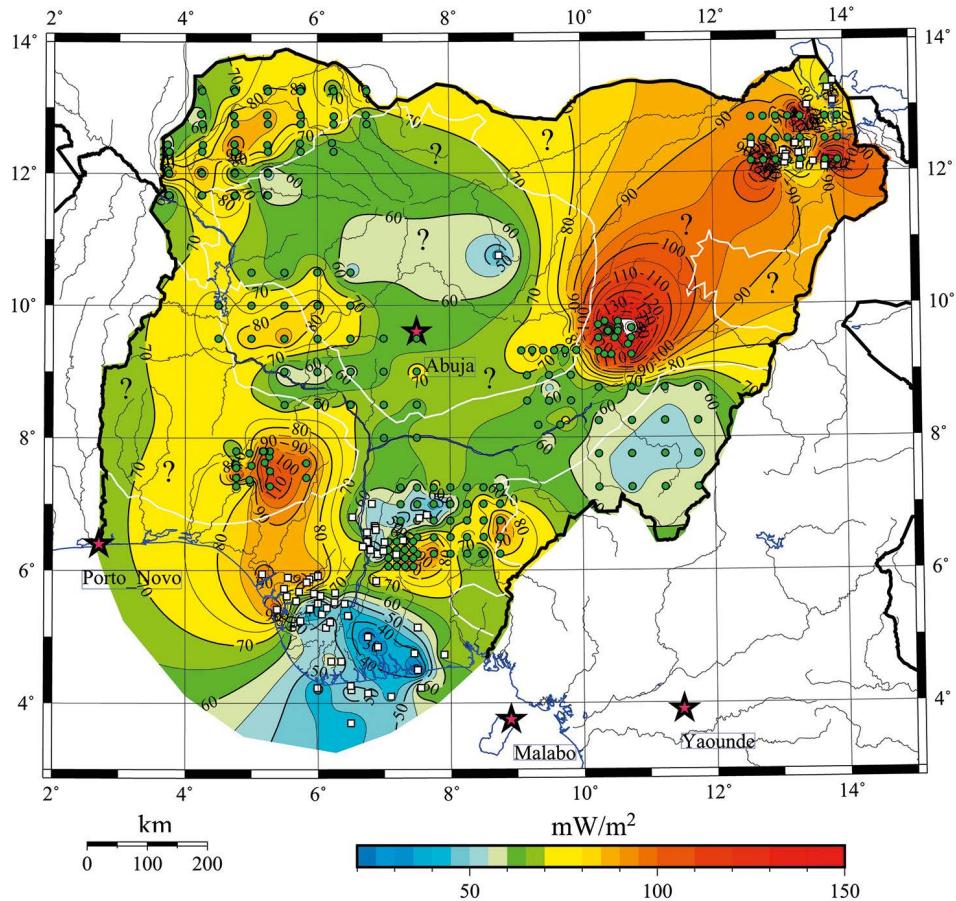


Figure 2. Preliminary map of the heat flow density in Nigeria

White squares show positions of geothermally studied wells; circles show available indirect heat flow density estimates derived from the magnetic field analysis. Areas with absent heat flow data shown by the symbol “?”

Discussion and conclusion

The heat flow is the most important parameter; it gives the information for studies of lithospheric and crustal dynamics, estimates of promising areas for geothermal energy, understanding of the thermal regime from the point of the hydrocarbons maturity, etc.

A preliminary map of heat flow density for Nigeria was compiled based on available determinations in boreholes and estimates derived from analysis of aeromagnetic maps. The heat flow varies in a wide range with a contrast pattern in the territory of Nigeria. Activated areas due to rifting are indicated by high heat flow, first of all, within the eastern area of the country, as well as within the northern part of the Niger delta and Sokoto Basin.

Results of geothermal studies within the Niger Delta show that the temperature of 150 °C can be reached in a number of local parts of the area at depth less than 5 km [5].

It is necessary to indicate that high heat flow anomalies could be considered as the most promising parts in the country for detailed investigations as potential sources of geothermal energy including those suitable for the production of «geothermal» electricity.

References

1. Abraham, E.M. Spectral analysis of aeromagnetic data for geothermal energy investigation of Ikogosi Warm Spring – Ekiti State, southwestern Nigeria / Abraham, E.M., Lawal, K.M., Ekwe, A.C., Alile, O., Murana, K.A. and Lawal, A.A. // Geothermal Energy, a Springer Journal. – 2014. – V.2:6. – 21p.
2. Ajibade, C. A. Proterozoic Crustal Development in the Pan-African Regime of Nigeria / Ajibade, C.A., Woakes M., Rahaman M.A. // In: Kogbe C.A. (ed.) Geology of Nigeria. 2nd Revised Edition, Abiprint & Pak Ltd., Ibadan. – 1989.

3. Adedapo, J.O. Geothermal gradient of the Niger Delta from recent studies / Adedapo, J.O., Kurowska, E., Schoneich, K. and Ikpokonte, A.E. // Intern. J. Scient. Eng. Res. – 2013. – V. 4 (11). – P. 39–45.
4. Aigbogun, C. Determination of the Curie point depth of Anambra Basin and / Aigbogun, C. Olorunsola, K. // IJRRAS 34 (2). February 2018. – P. 47–54.
5. Akpabio, I.O. Temperature Variations in the Niger Delta Subsurface from Continuous Temperature logs / Akpabio, I.O. and Ejedawe, J.E. // Global J. Pure Appl. Sci. – 2001. – V. 7. – P. 137–142,
6. Akpabio, I.O. Geothermal gradients in the Niger Delta basin from continuous temperature logs / Akpabio, I.O., Ejedawe, J.E., Ebeniro, J.O. and Uko, E.D. // Global J. Pure Appld. Sci. – 2003. – V. 9 (2). – P. 265–272.
7. Akpabio. Thermal state of the Niger Delta Basin / Akpabio, I., Ejedawe, J. and Ebeniro, J. // Proc. 18th Workshop on geothermal reservoir engineering, Stanford Univ., California, Febr., 2013. – P. 11–13.
8. Aliyu, K. A. Mohammed Interpretation of High Resolution Aeromagnetic Data to Estimate the Curie Point Depth Isotherm of Parts of Middle Benue Trough, North-East, Nigeria / Aliyu, K.A. Salako, T. Adewumi and A. // Phys. Sci. Intern. Journal. – 2018. – V. 17 (3). – P. 1–9.
9. Anomohanran, O. Determination of geothermal gradient and heat flow distribution in Delta State, Nigeria / Intern. J. of the Phys. Sciences. – 2011. – V. 6 (31). – P. 7106–7111.
10. Anomohanran, O. Evaluation of Geothermal gradient and heat flow distribution in Delta State, Nigeria / Internat. J. Basic and Appld. Sci. – 2013. – V. 2 (1). – P. 103–108.
11. Avbovbo, A.A. Geothermal Gradients in the Southern Nigerian Basin / Bulletin of Canadian Petroleum Geology. – 1978. – V. 26, No. 2. – P. 268–274.
12. Bello, R. Geothermal Gradient, Curie Point Depth and Heat Flow Determination of Some Parts of Lower Benue Trough and Anambra Basin, Nigeria, Using High Resolution Aeromagnetic Data / Bello, R., Ofoha, C.C. and Wehiuzo, N. // Phys. Sci. Intern. Journal – 2017. – V. 15 (2). – P. 1–11,
13. Bhattacharyya, B.K. Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to two-dimensional structures / Bhattacharyya, B. K, Leu, L.K. // Geophysics. 1975. – V. 40. – P. 993–1013.
14. Bhattacharyya, B.K. Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to rectangular prismatic bodies / Bhattacharyya, B.K., Leu, L.K. // Geophysics. – 1977. V. 42. – P. 41–50.
15. Chukwueke, C. Sedimentary Processes, Eustatism, Subsidence and Heat flow in the distal parts of the Niger Delta / Chukwueke, C., Thomas, G. and Delfraud, J. // Bull. Centres Rech. Exploration – Production. Elf – Aquitaine. – 1992). – V. 16 (1). – P. 137–186.
16. Chukwuemeka, F.R.O. Geothermal Gradients and Heat Flow Variations in Parts of the Eastern Niger Delta, Nigeria / Chukwuemeka, F.R.O., Ayonma, F.M. // J. Geol. Soc. of India. – July 2016. – V. 88. – P. 107–118.
17. Emujakporue, G.O. Subsurface temperature distribution from heat flow conduction equation in part of Chad sedimentary basin, Nigeria / Egyptian Journal of Petroleum. – 2017. – V. 26. – P. 519–524.
18. Etim, D.U. Present Day Heat Flow in the Niger Delta, Nigeria / Etim, D.U., Ofoegbu, C.O., Ebeniro, J.O. and Chukwueke, C.C. // Nigerian Assoc. Petrol. Explor. Bull. – 1996. – V.4.
19. Evamy, B.D. Hydrocarbon habitat of the Tertiary Niger Delta / Evamy, B.D., Haremboure, J., Kamerling, P., Knaap, W.A., Molloy, F.A. and Rowlands, P.H. // AAPG Bull. – 1978. – V. 62. – P. 1–39.
20. Kasidi, S. Spectral Analysis of Magnetic Data over Jalingo and Environs North-Eastern Nigeria / Kasidi, S., Nur, A. // Intern. J. of Sci. and Research, India Online. – February 2013. – V. 2. – Issue 2. – P. 447–454.
21. Lucaleau, F. Heat-flow and subsurface temperature history at the site of Saraya (eastern Senegal) / Lucaleau, F. and Rolandone, F // Solid Earth. – 2012. – V. 3. – P. 213–224, doi:10.5194/se-3-213-2012.
22. Mattick, R. E., 1982. Assesment of the petroleum, coal, and geothermal resources of the Economic Community of West African States (ECOWAS) region / US Dept. of the Inter. Geol. Survey.
23. Nwankwo, C.N. Geothermal gradients in the Chad Basin, Nigeria, from bottom hole temperature logs / Nwankwo, C.N. and Ekine, A.S. // Intern. J. of Phys. Sci. – 2009. – V. 4. – No. 12. – P. 777–783.
24. Nwankwo, C.N. Estimation of the heat flow variation in the Chad Basin Nigeria / Nwankwo, C.N., Ekine, A.S. and Nwosu L.I. // J. Appl. Sci. Environ. Manage. – 2009. – V. 13. – No. 1. – P. 73–80.
25. Nwankwo, L.I. Heat Flow Anomalies from the Spectral analysis of Airborne Magnetic data of Nupe Basin, Nigeria / Nwankwo, L.I., Olasehinde, P.I. and Akoshile, C.O. // Asian J. of Earth Sci. – 2011. – V. 4 (1). – P. 20–28.
26. Nwachukwu, S.O. Approximate Geothermal Gradients in Niger Delta Sedimentary Basin / Amer. Assoc. of Petr. Geologists Bull. – 1976. – V. 60. – No. 7. – P. 1073–1077.
27. Nwobodo, A.N. Determination of the curie point depth, geothermal gradient and heatflow of Guzabure and its environs, Chad Basin, Nigeria using Aeromagnetic data / Nwobodo, A.N., Ezema, P.O. and Ugwu, G.Z. // Intern. J. of Sci. & Engineering Res. – March-2018. – V. 9. – Issue 3. – P. 1876–1890.
28. Obaje, N. G. Geology and Mineral Resources of Nigeria" Nasarawa State University Dept. Geology and Mining Keffi Nigeria. – 2009. – P. 50.
29. Odumodu, C.F.R. Present Day Geothermal Regime in parts of the Eastern Niger Delta / Odumodu, C.F.R. and Mode, A.W. // Petrol. Tech. Develop. J. – 2014. – V. 1. – P. 7–26.
30. Ofor, N.P. Determination of the Heat Flow in the Sokoto Basin, Nigeria using Spectral Analysis of Aeromagnetic Data / Ofor, N.P., Udensi, E.E. // J. of Nat. Sci. Res. – 2014. – V. 4. – No. 6. – P. 83–93.

31. Ogagarue, D.O. Heat flow estimates in the Eastern Niger Delta basin, Nigeria / Pacific J. Sci. Tech. – 2007. – V. 8 (2). – P. 261–266.
32. Onuoha, K.M. Subsurface temperature variation and heat flow in the Anambra Basin, Nigeria / Onuoha, K.M., Ekine, A.S. // J. of African Earth Sci. – 1999. – V. 28. – No. 3. – P. 641–652.
33. Orife, J.M. Stratigraphic and unconformity traps in the Niger Delta / Orife, J.M. and Avbovbo, A.A. // AAPG Bull. – 1982. – V. 65. – P. 251–265.
34. Sedara, S.O. Evaluation of the Existing State of Geothermal Exploration and Development in Nigeria / Sedara, S.O., Joshua, E.O. // Phys. J. of Advances in Phys. – 2013. – V. 2. – No 2 ISSN 2347-3487. – P. 118–123.
35. Spector, A. Statistical models for interpreting aeromagnetic data / Spector, A., Grant, F.S. // Geophysics. – 1970. – V. 35. – P. 293–302.
36. Stacey, F.D. Physics of the earth. Wiley, 2nd ed, New York. – 1977. – P. 414.
37. Turner D.C. Volcanoes of the Biu Basalt Plateau, Northeastern Nigeria / J. Mining and Geology. – 1978. – V. 15. – No. 2. – P. 49–63.
38. Verheijen, P.J.T. Heat-flow measurements in the Ririwai ring complex, Nigeria / Verheijen, P.J.T. and Ajakaiye, D.E. // Tectonophysics. – 1979. – V. 54. – P. T27–T32.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ

О.С. Барыкина, Т.В. Андреева

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: barykina@geol.msu.ru, andreeva@geol.msu.ru*

Рассмотрены основные литолого-генетические типы четвертичных отложений, образующие мощный покров на северо-западе Восточно-Европейской платформы. Изучены основные вопросы механизма формирования и особенности развития оползневых процессов в пределах области ледниковой аккумуляции. Представлены методы изучения оползневых склонов в районах проектируемых сооружений.

Ключевые слова: ледниковые отложения, оползневой процесс, северо-запад Восточно-Европейской платформы.

FEATURES OF LANDSLIDE PROCESSES DEVELOPMENT WITHIN THE TERRITORY OF QUATERNARY GLACIAL ACCUMULATION

O.S. Barykina, T.V. Andreeva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The main lithological and genetic types of deposits forming a thickness cover in the Northwest of the East European platform are considered. The basic questions of mechanism of formation and features of development of landslide processes within the territory of glacial accumulation are studied. Methods of landslide slopes study in areas of the projected constructions are presented.

Keywords: quaternary deposits, landslide process, Northwest of East European platform.

Четвертичные отложения имеют широкое распространение на северо-западе Восточно-Европейской платформы, где они образуют практически сплошной покров. На этой территории можно выделить две области, которые отличаются по геоморфологическому и геологическому строению и, соответственно, характеризуются различными инженерно-геологическими условиями.

Первая располагается в пределах Балтийского щита, характеризуется маломощным покровом четвертичных отложений, представленных преимущественно грубообломочным материалом, подстилаемым кристаллическими породами и представляет собой область ледниковой денудации. Южнее располагается область, характеризующаяся мощным покровом четвертичных отложений, подстилаемым разнообразными в литологическом отношении дочетвертичными осадочными породами. Четвертичные отложения этой области представлены различными литолого-генетическими типами: моренными супесями и суглинками, озерно-ледниковыми глинями, флювиогляциальными песками и галечниками.

Отличительной чертой четвертичных отложений области аккумуляции являются большая изменчивость их литологического состава, сложные формы залегания отдельных слоев и линз и частое чередование водопроницаемых и водоупорных слоев. Все это определяет сложность инженерно-геологических условий строительства сооружений на этих отложениях [2].

В работе рассмотрены районы бассейнов рек Немана, Венты, Западной Двины, впадающих в Балтийское море, а также бассейны верховьев Волги и Днепра. Особенностью этих территорий является континентальный характер отложений, их сильная фациальная изменчивость и разнообразие генетических типов. Приповерхностное залегание отложений обуславливает связь форм рельефа с распространением того или иного их генетического типа. Молодость четвертичных отложений определяет их рыхлое сложение, а рыхłość и залегание вблизи дневной поверхности обуславливает интенсивное проявление экзогенных процессов.

К числу основных экзогенных геологических процессов, наиболее распространенных в области ледниковой аккумуляции, относятся оползни в четвертичных отложениях.

Оползни имеют широкое распространение на склонах речных долин. Их развитие определяется рельефом, геологическим строением, гидрогеологическими условиями, историей формирования долины и эрозионными процессами, протекающими в настоящее время. В рассматриваемой области оползни, как правило, приурочены к четвертичным отложениям, так как дочетвертичные отложения, слагающие местами склоны долин, представлены преимущественно крепкими устойчивыми скальными и полускальными породами. При изучении оползней области ледниковой аккумуляции необходимо учитывать следующие их особенности.

По возрасту оползни области ледниковой аккумуляции являются позднечетвертичными и современными, так как именно в это время происходило формирование речных долин [2]. Следы более древней оползневой деятельности могут быть встречены на юго-востоке рассматриваемой области, куда не доходили ледники последнего – валдайского оледенения. Признаки погребенных оползней встречаются также на склонах древних переуглубленных долин (например р. Зап. Двины).

На рассматриваемой территории можно выделить как действующие, так и стабилизовавшиеся оползни, которые прекратили свою деятельность в связи с изменением условий, определяющих образование оползней: дренированием подземных вод, выполаживанием склона и т. д. Признаками действующих оползней [1] является наличие свежих оползневых трещин, стенок отрыва, повышенная влажность грунтов, слагающих склон, и смещения оползневого тела, которые выявляются в процессе наблюдений за грунтовыми реперами (рис. 1), деревьями, сооружениями. Наиболее отчетливо оползни проявляются весной и осенью, когда вследствие обилия влаги оползневые процессы усиливаются.

По генезису и морфологии в пределах рассматриваемого региона выделяются несколько видов смещения пород: оползни и оплывины.

Оползни развиваются на крутых высоких склонах долин, подмываемых рекой, сложенных переслаиванием водоносных песчаных и водоупорных глинистых пород. Как правило, водоупором является морена, а водоносным слоем – флювиогляциальные или озерно-ледниковые отложения. Такие оползни отчетливо выражены в рельефе и образуют ясно очерченные цирки со стенкой отрыва и характерным оползневым телом, покрытым буграми пучения (рис. 2). В пределах таких оползней возможно возникновение вторичных оползней при сильном увлажнении.



Рисунок 1. Грунтовый репер на оползневом склоне (Воробьевы горы, Москва)



Рисунок 2. Склон с грядово-оползневым рельефом (Воробьевы горы, Москва)

Высота захвата склона оползнем определяется уровнем залегания водоносного слоя, по которому происходит скольжение, и обычно ограничивается верхней половиной склона. Оползней, охватывающих весь склон и уходящих под урез реки (таких, какие имеются на Средней Волге), не наблюдается. Смешенные породы, накапливающиеся у основания склона, способствуют его выполаживанию и могут привести к затуханию оползня в том случае, если склон защищен от размыва речными террасами. Если же склон подмывается рекой, то оползневой материал уносится, и на бечевнике остаются лишь крупные валуны, вымытые из морены, которые не могут существенно повлиять на устойчивость склона. Причиной затухания

оползневого процесса может быть естественное дренирование водоносных горизонтов, являющихся причиной его возникновения. Это явление часто связано с развитием овражной сети, которая перехватывает грунтовые воды и отводит их от оползневого склона.

Такие оползни, по классификации Саваренского Ф.П. [3], могут быть отнесены к суффозионным, так как основными причинами их образования являются вынос песков подземными водами и смещение вышележащих пород по увлажненной поверхности. Устойчивость склона значительно снижается, если уклон поверхности скольжения круто направлен к реке.

Опльвины наиболее часто встречаются на склонах долин, сложенных озерно-ледниково-выми отложениями, которые обычно представлены ленточными глинами и иловатыми супесями. Особенностью этих пород является способность удерживать большое количество воды, в связи с чем влажность их нередко достигает 50 % и консистенция становится пластичной, а при нарушении структуры породы – текучей. Опыт изучения склонов, сложенных этими породами, показывает, что равновесие наступает при угле наклона 8–10°, а более крутые склоны являются неустойчивыми и подвержены образованию опльвин.

Согласно классификации Саваренского Ф.П. [3], опльвины такого типа могут быть отнесены к пластическим оползням, так как происходит смещение относительно однородной пластичной породы. Внешнее проявление опльвин не всегда бывает достаточно отчетливым, так как смещается обычно только верхний слой породы на небольшую глубину (до 2–3 м), часто без разрыва сплошности. Трещины отрыва можно наблюдать у бровки склона, а на поверхности видны лишь бугры и мочажины. В отдельных случаях под влиянием эрозии или деятельности человека структура породы нарушается, при этом консистенция ее из пластичной переходит в текучую, и на поверхности склона растекается разжиженная порода.

Для целей инженерно-геологического районирования речных долин оползневые явления изучаются методом инженерно-геологической съемки с применением неглубокого бурения для уточнения строения разреза склона. Для оползневых склонов, расположенных в районах проектируемых сооружений и на наиболее ответственных участках водохранилищ, должны быть установлены границы оползней, выявлены причины их образования, дана оценка влияния оползней на проектируемые сооружения и прогноз развития оползневого процесса после изменения природных условий в результате хозяйственной деятельности человека.

Таким образом, развитые в области четвертичной аккумуляции оползни можно разделить на две основные группы: суффозионные оползни на моренных отложениях и пластические оползни на озерно-ледниковых отложениях. Основная задача их исследований сводится к тому, чтобы установить причины образования оползней и рекомендовать мероприятия по обеспечению устойчивости склона.

Список литературы

1. Барыкина, О.С. К вопросу о развитии оползневых процессов на Воробьевых горах (г. Москва) / О.С. Барыкина [и др.] // Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения: материалы научно-практической конференции. Геомаркетинг. – М., 2017. – С. 111–117.
2. Карпышев, Е.С. Инженерно-геологические условия строительства плотин в области ледниковой аккумуляции / Е.С. Карпышев // Геология и плотины. Т. III. Ч. 3. Глава 9. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – С. 111–116.
3. Саваренский, Ф.П. Инженерная геология / Ф.П. Саваренский. – М.-Л.: ГОНТИ, 1939. – 488 с.

ДОПЛАТФОРМЕННЫЙ ЭТАП ТЕКТОНО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Р.Г. Гарецкий, Г.И. Карапаев

Институт природопользования НАН Беларусь, Минск, Беларусь

e-mail: german@nature.basnet.by

Рассмотрен доплатформенный этап тектоно-геофизического развития континентальной коры литосферы Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: тектоника, докембрий, глубинные разломы.

PREPLATFORM STAGE OF TECTONIC AND GEOPHYSICAL DEVELOPMENT OF THE LITHOSPHERE OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM

R.G. Garetsky, G.I. Karatayev

Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

The additional preplatform stage of tectonic-geophysical development of the continental crust of the lithosphere of the East European platform is considered.

Keywords: tectonics, Precambrian, deep faults tectonics.

Александр Семёнович Махнач – один из основоположников современной геологической науки. Он отличался чрезвычайно широким интересом к различным направлениям геологии – от изучения кристаллического фундамента до всех подразделений платформенного чехла, от многочисленных фундаментальных проблем до поиска и разведки большинства полезных ископаемых. С коллегами и учениками Махнач А.С. многие работы посвятил фундаменту, поэтому мы в своем докладе осветим некоторые новые данные о доплатформенном этапе развития литосферы Восточно-Европейской платформы (далее – ВЕП).

Фундамент ВЕП состоит из трех докембрийских сегментов земной коры: Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии [4, 12, 13] (рис. 1).

Фенноскандия сложена двумя субсегментами: северо-восточным Кола-Карелия, образованным в основном архейской земной корой (возрастом 3.7–2.6 Ga) и юго-западным Балта-Беларусь с палеопротерозойской земной корой (2.0–1.6 Ga). В последнем выделяется несколько субмеридиональных структурных поясов [2, 3, 7, 8], в том числе и на территории Беларуси (рис. 2).

Сарматия расположена к восток-юго-востоку и отделена от Фенноскандии Центрально-белорусской сутурной зоной. Сарматия образована архейскими мегаблоками (3.7–2.8 Ga) и палеопротерозойскими поясами (2.2–1.9 Ga). Вдоль северо-западной окраины Сарматии протянулся Осницко-Микашевичский вулкано-плутонический пояс (2.0–1.9 Ga). В восточной части Сарматии выделяют архейские блоки (микроконтиненты) – Курский и Хопер, разделенные Липецко-Лоевским вулканическим поясом [10].

Волго-Уралия сложена архейской земной корой (3.1 Ga). Здесь выделяется ряд овальных куполов (овоидов), сложенных гранулитами и образующих два мегаблока (Волго-Камский и Средневолжский, разделенные Владимир-Казанской зоной) [12]. Между Сарматией и Волго-Ураллией развита Рязано-Саратовская шовная зона, а на восточной окраине Волго-Уралии – Рязанский вулкано-плутонический пояс. Волго-Уралию и Фенноскандию разделяет Центральнорусская шовная зона, а на ее окраине развит Серпуховский вулкано-плутонический пояс.

Фенноскандию и Сарматию ко времени 2.0 Ga разделял бассейн с океанской корой – Белорусская океанская плита, которая подверглась субдукции [6, 8].

В процессе субдукции Белорусско-Прибалтийский гранулитовый пояс Фенноскандии серией листрических надвигов был разбит на чешуи и пластины, а на окраине Сарматии возник Осницко-Микашевичский вулкано-плутонический пояс, причем процесс постепенной субдукции зафиксирован в последовательном омоложении пород магматических комплексов пояса

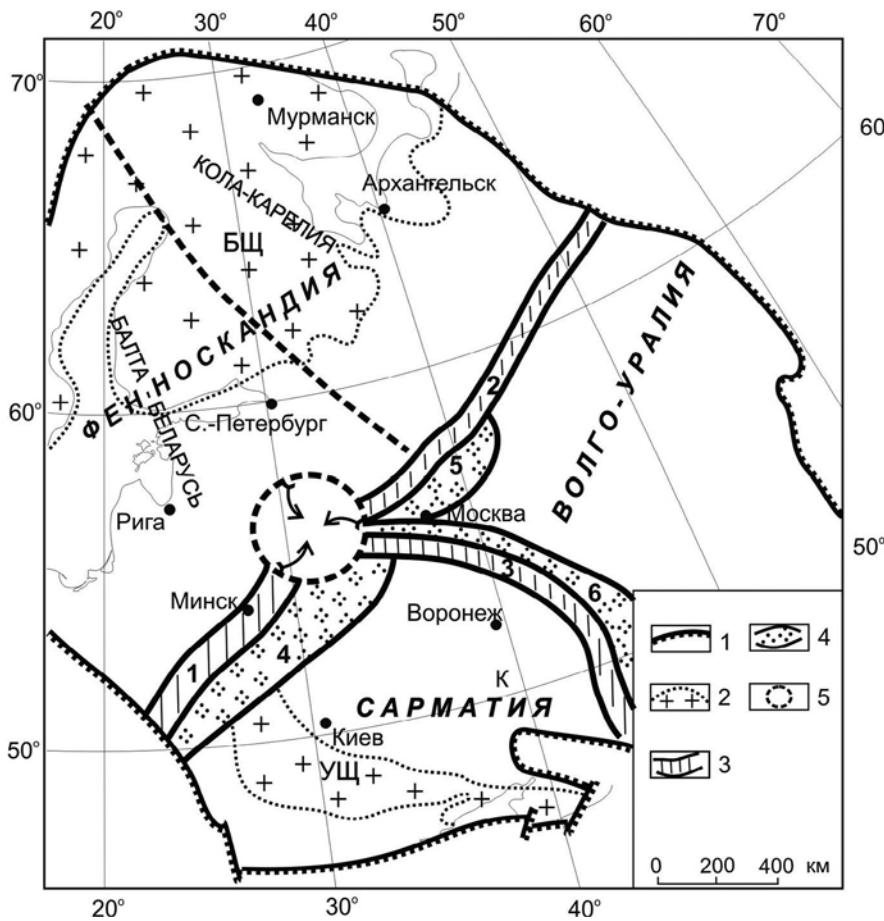


Рисунок 1. Схема основных сегментов фундамента Восточно-Европейской платформы и зон их сочленения (сuture)

1 – границы платформы; 2 – щиты (БЩ – Балтийский, УЩ – Украинский); 3 – шовные зоны (1 – Центрально-белорусская, 2 – Центральнорусская, 3 – Рязано-Саратовская); 4 – вулкано-плутонические пояса (4 – Оснитко-Микашевичский, 5 – Серпуховский, 6 – Рязанский); 5 – Слободской тектоногеодинамический узел

с северо-запада на юго-восток [1]. Ко времени 1.85 Ga континентальная кора Фенноскандии сформировалась и начался процесс коллизии континентальных сегментов Сарматии и Фенноскандии, окончательное соединение которых в общий блок ВЕП произошло около 1.7 Ga. На месте стыка Фенноскандии и Сарматии сформировались субширотные трансформные системы глубинных разломов (сдвигов) – Полоцкая на севере и Припятско-Брестская – на юге, и Центральнобелорусская сутурная зона, которая имеет очень сложное строение. Она состоит из серии клиновидных блоков разновозрастных метаморфических и магматических комплексов, разбитых разноориентированными разломами. Вдоль западного края зоны протягивается узкая полоса рудьмянской серии (породы гранулитовой фации: амфиболитовые гнейсы, кальцифиры, кристаллические сланцы, пироксенолиты, мраморы и др.), далее – породы околовской серии (гнейсо-сланцевый комплекс). По геолого-петрологическим и геохимическим особенностям породы обеих толщ принадлежат островодужной ассоциации. Среди магматических образований наиболее примечательны породы русиновского комплекса (диабазы, метадиабазы, метагаббро-диабазы, габброиды, горнбледиты), которые по геохимическим характеристикам близки к офиолитовым ассоциациям океанского dna [11]. В пределах зоны расположены линзообразный Минский блок, сложенный глубокометаморфизованными породами (гранулиты, чарнокиты) и Бобовнянский гранито-гнейсовый купол. В этой зоне намечается существенное увеличение мощности всей земной коры до 55–60 км, а также ее нижней части (до 18–20 км). Здесь же наблюдаются значительные по интенсивности линейные магнитные и гравитационные аномалии.

В среднем палеопротерозое между Сарматией (и ее наиболее восточными блоками – Курским и Хопер) и Волго-Уралией существовал океанский бассейн с тяжелой океанской плитой

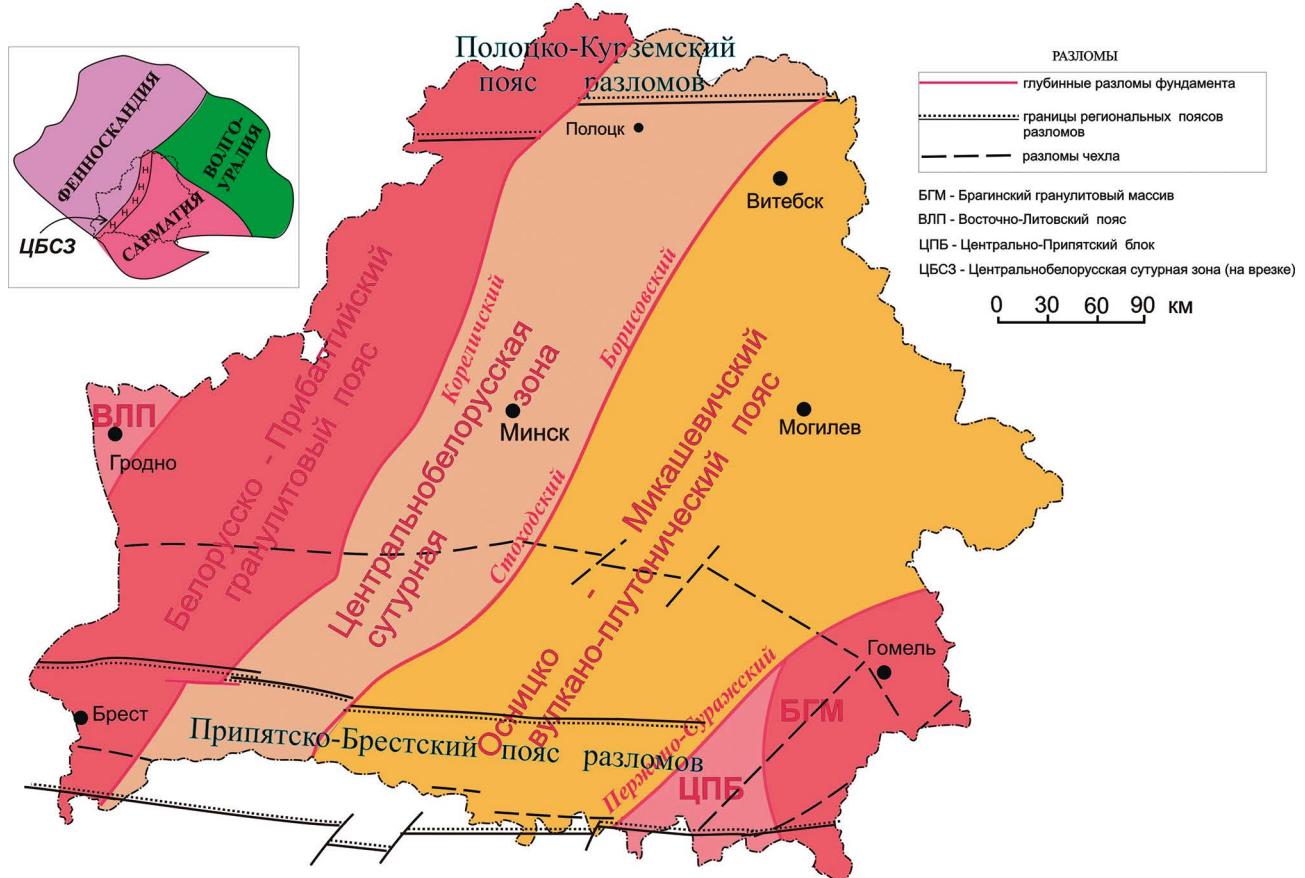


Рисунок 2. Тектоническая карта фундамента Беларуси с изменениями [8]

(названной нами Пачелмской). В результате их сближения (коллизии) в позднем палеопротерозое океанская плита между ними была сжата в складку и погружена на уровень подошвы земной коры – верхов верхней мантии, в результате чего образовалась Рязано-Саратовская сутурная зона.

Фенноскандия и Волго-Уралия были разделены Центральнорусским океаном, который имел рифтогенное происхождение и представлял собой линейно вытянутый узкий бассейн. Вдоль Волго-Уралы в результате субдукции в течение позднего палеопротерозоя (2.0–1.8 Ga) формировался Серпуховский вулкано-плутонический пояс. В процессе субдукции и последующей коллизии в зоне сочленения имел место «раздув» слоя подкорового вещества, которое, возможно, ассимилировало океансскую плиту, подвинутую под Волго-Уралию, ниже уровня подошвы земной коры, завершив формирование Центральнорусской шовной зоны.

В месте стыка всех трех сегментов сформировался **Слободской тектоно-геодинамический узел** путем затягивания земной коры в мантию [8]. Здесь необычно сходятся магнитные и гравитационные аномалии и ранние авлакогены. Образование узла связывается с тектонофизическими процессами взаимодействия сжимающих напряжений, возбуждаемых глубокофокусными землетрясениями и конвективными потоками мантийного вещества. В конце архея – начале протерозоя на глубинах более 300 км в конвективной мантийной среде образовалась астенолинза, в которой сформировались вихревые движения, создающие втягивающую силу (эффект Магнуса). Они и явились причиной «омутообразного» затягивания вещества сегментов земной коры в литосферу [8]. Эти «структуры омута» представляют собой новую категорию зон взаимодействия литосферных плито-потоков [9].

Исследование выделенных зон сочленения сегментов открывает перспективы минерагенического потенциала этих регионов.

Список литературы

1. Аксаментова, Н.В. Магматизм и палеогеодинамика раннепротерозойского Осницко-Микашевичского вулкано-плутонического пояса / Н.В. Аксаментова. – Минск, 2002. – 175 с.
2. Аксаментова, Н.В., Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и сопредельных территорий / Н.В. Аксаментова, И.В. Найденков. – Минск: ИГиГ АН БССР, 1990.
3. Аксаментова, Н.В. Объяснительная записка к геологической карте кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий / Н.В. Аксаментова, И.В. Найденков. – Минск: ИГИГ НАН Беларусь, 1991. – 78 с.
4. Богданова, С.В. Тектоника фундамента Восточно-Европейской платформы / С.В. Богданова // Тектонические исследования запада Восточно-Европейской платформы. – М., 1984. – С. 16–25.
5. Богданова, С.В. Тектоническое районирование кристаллической коры на западе Восточно-Европейского кратона: характеристика поясов и литологических (структурно-вещественных) комплексов / С.В. Богданова // Строение и динамика литосферы Восточной Европы. / Ред. А.Ф. Морозов, Н.В. Межеловский, Н.И. Павленкова. – М.: ГЕОКАРТ, 2006. – С. 226–233.
6. Гарецкий, Р.Г. Модель строения литосферы по Центрально-Белорусскому геотрансекту / Р.Г. Гарецкий // Доклады НАН Беларусь. – 1999. – Т. 43, № 1. – С. 88–91.
7. Гарецкий, Р.Г. Основные черты тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы / Р.Г. Гарецкий // Актуальные проблемы геологии нефти и газа. – М.: Изд-во «Недра и газ» РГУ нефти и газа, 2005. – С. 19–56.
8. Гарецкий, Р.Г. Шовные зоны Фенноскандии, Сарматии и Волго-Ураллии / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Карапаев. – Минск: Беларусская наука, 2014. – 120 с.
9. Гарецкий, Р.Г. «Структуры омута» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков / Р.Г. Гарецкий, М.Г. Леонов // ДАН РАН. – 2018. – Т. 478, № 5. – С. 546–550.
10. Минц, М.В. Объемная модель глубинного строения раннедокембрийской коры Восточно-Европейского кратона, палеогеодинамические следствия / М.В. Минц // Геотектоника. – 2011. – № 4. – С. 3–29.
11. Найденков, И.В. Смолевичско-Дрогичинская зона – структура шовного типа в кристаллическом фундаменте Беларусь / И.В. Найденков // Літасфера. – 1998. – № 8. – С. 83–91.
12. Bogdanova, S.V. Europe. East European craton / S.V. Bogdanova, R. Gorbatschev, R.G. Garetsky / Encyclopedia of geology. Elsevier. – 2005. – Vol. 2. – P. 34–49.
13. Bogdanova, S.V. Segments of the East European Craton / S.V. Bogdanova // EUROPROBE in Jablonna 1991. Eds. D.G.Gee, M.Beskholmen. Warszawa: Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci. 1993. – P. 33–38.

РУДОНОСНОСТЬ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

М.П. Гуринович

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: marfark88@mail.ru

В статье представлена краткая характеристика вещественного состава пород русиновского, кореличского и аргеловщинского ультрабазит-базитовых комплексов кристаллического фундамента центральной части Беларуси. Эти комплексы перспективны на благороднометальное оруденение.

Ключевые слова: кристаллический фундамент, ультрабазит-базитовые комплексы, благороднометальное оруденение.

ORE-BEARING OF ULTRABASIC-BASIC COMPLEXES OF CRYSTALLINE BASEMENT OF THE CENTRAL PART OF BELARUS

М.П. Hurynovich

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

The article presents a concise characteristic of the rock composition of the Rusinovka, Korelichy and Argelovshchina ultrabasic-basic complexes of the crystalline basement of the central part of Belarus. These complexes are promising for noble metal mineralization.

Keywords: crystalline basement, ultrabasic-basic complexes, noble metal mineralization.

Введение. Во всем мире с породами базитового и ультрабазитового состава связаны уникальные месторождения Ni, Cu, Cr, Ti, Pt, Pd и ряда других элементов, играющих важную роль в промышленности. В кристаллическом фундаменте Беларуси известно около одиннадцати ультрабазит-базитовых комплексов [6], среди которых наибольший интерес представляют комплексы, несущие оруденения черных, цветных и благородных металлов. Среди них в кристаллическом фундаменте центральной части Беларуси выделяются русиновский, кореличский и аргеловщинский комплексы, где помимо наличия ильменит-магнетитового (кореличский комплекс), медно-никелевого (русиновский комплекс) и никелевого (аргеловщинский комплекс) оруденения выявлены повышенные концентрации платиноидов, золота и серебра.

Изложение основного материала. Породы русиновского ультрабазит-базитового комплекса развиты в Центрально-Белорусской структурной зоне кристаллического фундамента Беларуси в Столбцовском районе и представлены троктолитами, габброноритами, габбро оливиновым, габбро амфиболизированным (актинолитизированным), габбро-амфиболитами, диабазами и габбро-диабазами, аподиабазовыми амфиболитами, а также измененными породами – хлорит-тремолит-актинолитовыми, биотит-хлорит-актинолитовыми и актинолит-хлоритовыми сланцами (актинолититами) [5]. По химическим характеристикам породы представляют собой относительно однородную группу [3]. Содержание кремнезема в них варьирует от 43 до 53 %. Для всех пород характерны низкая железистость ($F_{\text{об}} = 0,3\text{--}0,4$) и относительно низкая титанистость ($t' = 2,3\text{--}5,5$) (кроме диабазов и аподиабазовых амфиболитов), низкая и умеренная глиноземистость ($al' = 0,4\text{--}1,2$), преобладание закисной формы железа над окисной, резкое преобладание натрия над калием ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 5,9\text{--}13,4$). Геохимическая специализация пород определяется как сидерофильная с Cu [2], а именно присутствует повышенное содержание Cr, Ni, Co и Cu. Также в породах комплекса отмечается наличие медно-никелевого оруденения [7] и благороднометальной минерализации [8].

В ультрабазит-базитовых породах русиновского комплекса рудная минерализация связана с широким развитием сульфидных минералов, таких как пирротин и пирит, халькопирит и пентландит, а также встречаются сфалерит, галенит, борнит, арсенопирит. Среди окисно-рудных минералов отмечается ильменит и магнетит, в единичных случаях молибденит

и титаномагнетит. В основном медно-никелевое оруденение и благороднометальная минерализация приурочены к наиболее измененным разностям габброидов (хлорит-амфиболовым, биотит-хлорит-амфиболовым сланцам или габбро-амфиболитам), контактирующим с вмещающими породами околовской серии. В этих породах были определены повышенные содержания золота, серебра, а также платиноидов с преобладающей ролью палладия: Pd – от 84 до 608 мг/т; Pt – от 15 до 210 мг/т. Установлено, что основная доля концентрации палладия связана с такими минералами, как котульскит (до 2,2 %) и мелонит (до 0,95 %); золота – с петцитом (до 9,0 %); серебра – с петцитом (до 46,0 %), ленайтом (до 40,8 %), гесситом (до 33,8 %), мелонитом (до 11,8 %) и котульскитом (до 21,2 %) [9].

Породы кореличского ультрабазит-базитового комплекса, слагающие линзовидные и пластиообразные интрузивные тела вдоль восточной границы Белорусско-Прибалтийского гранулитового пояса, представлены ультраосновными породами (пироксениты, вебстериты, горнблендиты), метагабброидами (нориты, метагабронориты, габронориты, амфиболовое габбро, габбро-амфиболиты), метадиабазами [6]. Характерной особенностью кореличского комплекса является наличие в его составе высокожелезистых магнетитсодержащих разновидностей метагабброидов и тел ильменит-магнетитовых руд. Все породы кореличского комплекса относятся к породам нормальной или повышенной основности: содержание SiO_2 в них обычно колеблется в пределах 42–47 %. Характерно высокое содержание TiO_2 (от 1 до 6 %) и железа (5–10 %, до 60 % в рудах) и пониженное MgO (от 5 до 7 %). Общая железистость варьирует в среднем от 0,60 до 0,76. Породы имеют низкую до умеренной глиноземистость ($\text{al}' = 0,2\text{--}0,9$). Тип щелочности пород в основном натриевый. Общим для всех разновидностей габброидов и руд является обедненность Cr, Ni, Zr, La и особенно Nb. В целом геохимическая и металлогеническая специализация кореличского комплекса определяется как сидерофильная, обусловленная повышенными содержаниями в породах Ti и V и присутствием ильменит-магнетитовых руд.

В кореличском комплексе были обнаружены повышенные содержания серебра (0,4–1,8 г/т), в некоторой степени золота и палладия [8, 9]. Повышенное содержание золота фиксируется в лейкократовых и рассланцеванных габбро, иногда во вкрапленных рудах с сульфидами. Палладий присутствует в небольших количествах (20–80 мг/т) и является сквозным элементом во всех проанализированных образцах вмещающих пород и руд Новоселковского массива кореличского комплекса.

Аргеловщинский ультрамафит-мафитовый комплекс слагает небольшие дайкообразные тела и субизометричные массивы, сосредоточенные на Бобовнянском погребном выступе кристаллического фундамента Беларуси в пределах Старицкой зоны разломов глубинного заложения северо-восточного простирания. Комплекс представлен перidotитами, пироксенитами, вебстеритами, горнблендитами и габброидами (габбро амфиболовыми, габбродолеритами и микрогаббро-порфиритами). Для всех пород характерны низкая общая железистость ($\text{Fob} = 0,3\text{--}0,6$) и глиноземистость ($\text{al}' = 0,1\text{--}0,8$), низкое содержание TiO_2 (обычно менее 0,5 %), в большинстве пород – преобладание MgO над CaO . По суммарному содержанию щелочей они относятся к породам нормального ряда, преобладающий тип щелочности – натриевый [4]. Для микроэлементного состава пород аргеловщинского комплекса характерна обогащенность пород Cr, Ni, Co и Be, в некоторых случаях отмечается повышенное содержание Zn и Mo. Всем породам комплекса свойственно низкое содержание Pb, Zr и Nb; перidotиты обеднены также Sc, Cu, Sr, Ba. Геохимическая специализация пород определяется как сидерофильная [2], а именно присутствует повышенное содержание Cr, Ni, Co; металлогеническая специализация характеризуется наличием никелевого оруденения, а также в породах присутствует благороднометальная минерализация.

Благороднометальная минерализация в породах аргеловщинского комплекса проявлена в виде повышенных содержаний Pt и Pd, а также золота и серебра [9]. Палладий обнаружен преимущественно в горнблендитах и измененных пироксенитах. В аргеловщинском комплексе палладий является ведущим элементом платиновой группы. Концентрация платины в аргеловщинском комплексе связана с таким редким минералом, как сперрилит, представляющий собой диарсенид платины [1].

Заключение. На современном этапе изученности кристаллического фундамента в центральной части Беларуси выделяются три ультрабазит-базитовых комплекса, которые являются наиболее перспективными как на полиметальное (русиновский и аргеловщинский) оруденение и черные металлы (кореличский), так и на благороднometальное оруденение. Благодаря исследованиям пород этих комплексов был уточнен их минералого-петрографический состав, определены петрохимические особенности пород и их геохимическая и металлогеническая специализация, а также выявлены проявления элементов платиновой группы, золота и серебра. Рассматриваемые комплексы обладают признаками, присущими известным комплексам на территориях Украинского щита, Воронежского кристаллического массива и в Карело-Кольском региона, где выявлены месторождения и рудопроявления благородных металлов.

Список литературы

1. Аксаментова, Н.В. Первая находка минерала платины в кристаллическом фундаменте Беларуси / Н.В. Аксаментова, А.И. Трусов, С.М. Жмодик, Л.В. Агафонов // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2009. – Т. 53. – № 5. – С. 90–94.
2. Аксаментова, Н.В. Петрография и геохимия кристаллического фундамента Беларуси / Н.В. Аксаментова, А.А. Толкачикова. – Минск. 2012. – 232 с.
3. Гуринович, М.П. Геохимические особенности пород русиновского комплекса кристаллического фундамента Беларуси / М.П. Гуринович // Весці Нацыянальнай акаадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2018. – Т. 54. – № 2. – С. 226–230.
4. Гуринович, М.П. Петрохимические особенности ультрамафит-мафитовых массивов аргеловщинского комплекса (Беларусь) / М.П. Гуринович // XXIII молодежная научная школа «Металлогенезия древних и современных океанов – 2017. Дифференциация и причины разнообразия рудных месторождений». – Миасс, Институт минералогии УрО РАН, 2017. – С. 224–228.
5. Козинцева, М.П. Петрография габброидов Столбцовского массива / М.П. Козинцева // Літасфера. – 2012. – № 1 (36). – С. 69–75.
6. Петрографический атлас метаморфических и магматических пород кристаллического фундамента Беларуси. Кн. 1 / А.А. Толкачикова, Н.В. Аксаментова, М.П. Гуринович, О.А. Пискун, О.Ю. Носова ; Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, филиал «Институт геологии» Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии». – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2018. – 189 [2] с.
7. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / под ред. П. З. Хомич [и др.] – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
8. Толкачикова, А.А. Распределение платиноидов, золота и серебра в ультрабазит-базитовых комплексах кристаллического фундамента Беларуси / А.А. Толкачикова, С.М. Жмодик, Н.В. Аксаментова // Природные ресурсы. 2012. – № 1. – С. 19–26.
9. Толкачикова, А.А. Типы золото-платинометальной минерализации в ультрабазит-базитовых комплексах кристаллического фундамента Беларуси / А.А. Толкачикова, С.М. Жмодик, М.П. Гуринович // Первый Евразийский горно-геологический форум – Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы геологии, геохимии и геофизики». – Минск, Государственное предприятие «НПЦ по геологии», 2016. – С. 82–84.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БЕЛОВЕЖСКОМ МЕЖЛЕДНИКОВЬЕ БЕЛАРУСИ

Т.Б. Рылова¹, С.В. Демидова²

¹ Институт природопользования НАН Беларусь, Минск, Беларусь

e-mail: rylova_tatyana18@mail.ru

² Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: demidovasvet@mail.ru

По результатам палинологических и диатомовых исследований межледниковых отложений, обнаруженных в разрезе Зуи близ г. Новополоцка, реконструированы экологические условия в палеозере и определен характер наземной растительности окружающего водосбора в северной части Беларусь в беловежское время среднего плейстоцена.

Ключевые слова: беловежское межледникование, растительность, диатомовая флора, Беларусь.

NEW DATA FOR THE BYELOVEZHIAN INTERGLACIAL OF BELARUS

T.B. Rylova¹, S.V. Dziamidava²

¹ Institute for Nature Management, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

² State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

New data of the study of the Belovezhian Interglacial deposits found in the Zui section near Novopolotsk by palynological and diatom methods is given in the article. Ecological conditions in the palaeobasin have been reconstructed. Character of the vegetation of the surrounding catchment area in the northern part of Belarus in the Byelovezhian time of the Middle Pleistocene has been determined.

Keywords: byelovezhian interglacial, vegetation, diatoms, Belarus.

Новые материалы, дополняющие палеогеографическую характеристику северной части Беларусь в беловежское (мучкапское) межледникование среднего плейстоцена, получены в результате палинологического и диатомологического изучения озерных сапропелитов с ископаемыми остатками растений и моллюсков, вскрытых при бурении скв. 14 у д. Зуи близ г. Новополоцка на гл. 71,5–79,6 м [11]. По результатам спорово-пыльцевого и диатомового методов реконструированы экологические условия в беловежском озере, а также определен характер растительности окружающего водосбора в пределах Полоцкой низменности в северной части Беларусь в беловежское время.

В общем составе спектров локальных пыльцевых зон (L PAZ) Z-1 – Z-4 (Z – Зуи), выделенных в изученном разрезе (рис. 1), доминирует пыльца древесных пород и кустарников (94–99 %). Пыльцы травянистых растений – 0,3–3,5 %, спор – до 6,5 %.

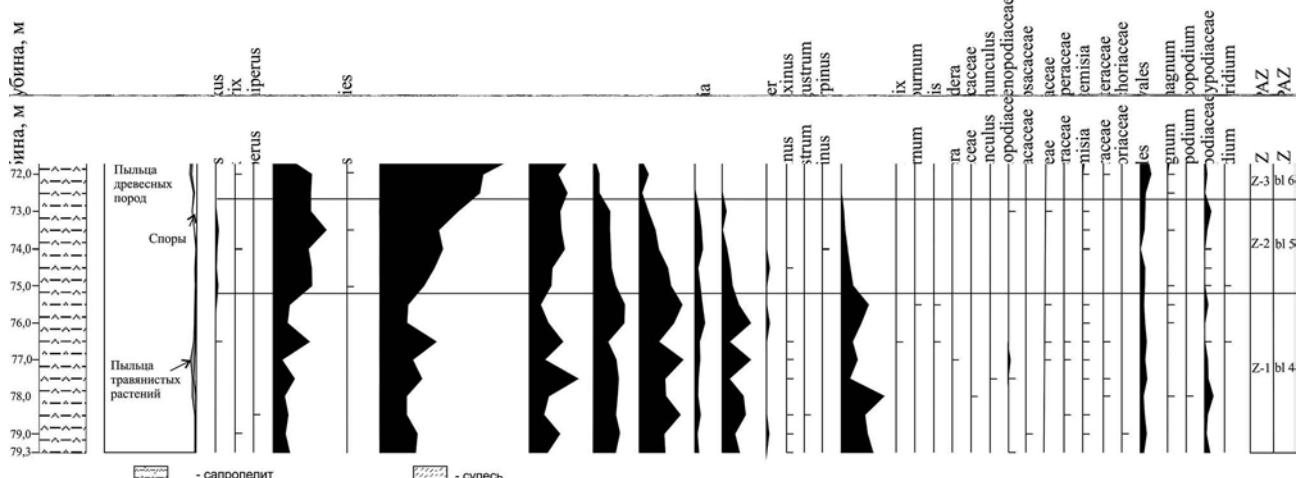


Рисунок 1. Споро-пыльцевая диаграмма беловежских отложений, вскрытых скв. 14
у д. Зуи близ г. Новополоцка

Z-1 L PAZ выделяется по максимальному количеству пыльцы термофильных пород: *Quercus* (в основном *Quercus robur* L., изредка *Q. cf. petraea* Liebl.) – до 24 %, *Ulmus* (*U. laevis* Pall., *U. minor* Mill.) – до 15 %, *Tilia* (*T. platyphyllos* Scop., *T. cordata* Mill.) – до 5 %, *Corylus avellana* L.– до 23 %. Изредка встречены пыльцевые зерна *Acer* sp. (до 1 %), *Fraxinus excelsior* L. (до 0,5 %), единично – *Ligustrum* sp. Хвойные породы представлены пыльцой *Picea abies* (L.) Karst. (макс. 20 %), несколькими видами *Pinus* (*P. sylvestris* L., реже *P. cembra* L.) – 12–26 %, единично – *Taxus baccata* L., *Larix* sp. Пыльцы *Betula* sect. *Albae* (*Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth) встречено до 27 %, *Alnus* (*A. glutinosa* Gaertn., *A. incana* Moench) – до 17 %. Отмечены редкие пыльцевые зерна *Salix* sp., *Viburnum* sp., *Vitis sylvestris* L., *Hedera helix* L. Травянистые растения представлены единичной пыльцой *Artemisia* sp., Asteraceae, Poaceae, Cuperaceae, Chenopodiaceae и др. В небольшом количестве отмечены споры Polypodiaceae (3,5 %), Bryales (3 %), *Sphagnum* sp. (0,5 %), единично – *Lycopodium clavatum* L. и *Pteridium* sp. Данная пыльцевая зона отвечает региональной пыльцевой зоне (R PAZ) bl 4 *Quercus–Ulmus–Corylus* и соответствует самой теплой фазе климатического оптимума беловежского межледникового Беларуси [2; 4; 8]. В то время на территории исследований произрастали как широколиственные, так и смешанные хвойно-широколиственные леса. Наибольшее распространение имели, по-видимому, дубовые, дубово-вязовые леса, в которых главную роль играл дуб черешчатый, заметное участие принимали вяз, липа, клен, ясень, лещина. В составе смешанных хвойно-широколиственных лесов из хвойных пород преобладали ель и сосна. В пониженных местах с высоким уровнем грунтовых вод значительное распространение имели ольшаники и береза пушистая.

Z-2 L PAZ характеризуется заметным снижением содержания пыльцы термофильных пород: в верхней части зоны количество пыльцы *Quercus* (*Q. robur*) составляет всего 5 %, *Ulmus* (*U. laevis*, *U. minor*) – 1,5 %, *Tilia cordata* – 2 %, *Corylus avellana* – 1,5 %; единичны пыльцевые зерна *Acer* sp., *Fraxinus excelsior*, *Carpinus betulus* L. Участие пыльцы *Alnus* (*A. glutinosa*, *A. incana*) также сокращается до 9 %. В то же время наблюдается резкое возрастание содержания пыльцы хвойных деревьев: *Picea abies* – до 29 %, *Pinus* (*P. sylvestris*, *P. cembra*) – до 42 %; отмечены *Taxus baccata* – до 1 % и *Larix* sp. Сохраняется высоким количество пыльцевых зерен *Betula* sect. *Albae* (в основном *Betula pubescens*, реже *B. pendula*) – до 21 %. Из пыльцы травянистых растений единично встречены *Artemisia* sp., Poaceae, Chenopodiaceae. Присутствуют споры Polypodiaceae (3 %), Bryales (2 %), изредка *Sphagnum* sp. и *Pteridium* sp. Охарактеризованная пыльцевая зона соответствует заключительной фазе климатического оптимума bl 5 *Quercus–Picea*. В это время в районе расположения древнего водоема произрастали широколиственно-хвойные и хвойно-широколиственные леса, в которых роль термофильных пород постепенно сокращалась, а участие хвойных становилось все более существенным. Несомненно, существовали и хвойные еловые и сосново-еловые леса, о чем говорит высокое содержание пыльцы хвойных пород, прежде всего ели. Отмеченные изменения в характере растительности указывают на снижение теплообеспеченности территории.

Z-3 L PAZ отличается преобладанием в составе спектров пыльцы хвойных пород (*Pinus sylvestris*, *P. cembra*, *P. cf. strobus* L. – до 55 %, *Picea abies* – до 21 %) и березы (*Betula pubescens*, *B. pendula*) – до 20 %. Количество пыльцы термофильных деревьев сократилось до минимума: *Quercus robur* – 1–4 %, *Ulmus laevis* – 0,3 %, *Tilia cordata* – 0,5 %, *Corylus avellana* – 0,3 %, *Alnus* (*A. glutinosa*, *A. incana*) – 3 %. Пыльца травянистых растений (Asteraceae, *Artemisia* sp.) представлена единично. В составе спор отмечается некоторое возрастание роли зеленых мхов Bryales (до 5,5 %). Споры Polypodiaceae представлены в количестве 1 %, а *Sphagnum* sp. – 0,5 %. Рассмотренная локальная зона соответствует bl 6 *Pinus–Picea* R PAZ и отвечает фазе развития хвойных еловых и сосново-еловых лесов с участием березы, редкой примесью ольхи и некоторых широколиственных пород, что свидетельствует о заметном похолодании.

Z-4 L PAZ характеризуется доминированием пыльцы хвойных пород: *Pinus* (*P. sylvestris*, *P. cembra*, *P. cf. strobus*) – до 74 %, *Picea abies* – до 5 % и березы (*Betula pubescens*, *B. pendula*) – до 23 %, а также отсутствием пыльцевых зерен термофильных пород. Из пыльцы травянистых растений представлена лишь *Artemisia* sp. (1 %), из спор – Bryales (3,5 %) и *Sphagnum* sp. (1 %). Зона Z-4 отвечает bl 7 R PAZ *Pinus–Picea–Betula*, одной из завершающих беловежский разрез зон, синхронной распространению на территории исследований хвойных елово-сосновых и смешанных хвойно-мелколиственных лесов.

Основной фон диатомовой флоры в разрезе Зуи образуют представители планктонных родов *Aulacoseira*, *Stephanodiscus*, *Handmannia* и *Cyclotella*. В их числе в заметном количестве присутствуют характерные и показательные для среднего плейстоцена и беловежского времени в частности виды и разновидности. Это такие таксоны, как *Cyclotella reczickiae* Khursevich et Loginova var. *reczickiae* и *C. reczickiae* var. *diversa* Loginova (до 16,6 %), впервые описанные как новые для науки именно из беловежских отложений Беларусь; *Handmannia* (=*Cyclotella*) *comta* var. *plioacaenica* Krasske (до 8,3 %) и *H.* (=*Cyclotella*) *comta* var. *lichvinensis* (Jousé) Loginova (до 8,5 %); *Stephanodiscus niagarae* var. *insuetus* Khursevich et Loginova с переходными формами к *S. rotula* (Kützing) Hendey; споры *Aulacoseira granulata* (O. Müller) Simonsen (до 21 %).

По численности в разрезе доминирует вид *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen (до более половины всех створок в образцах). В качестве доминантов также выделяются планктонные виды *Stephanodiscus rotula* (до 25,8 %), *Handmannia comta* (Ehrenberg) Kociolek et Khursevich emend. Gencal (до 20,3 %), *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Haworth (до 9,3 %), *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round (до 6,5 %).

Из бентосных видов диатомей наибольшим количественным развитием характеризуются *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing (до 13,9 %), *Staurosira construens* Ehrenberg с разновидностями (до 10 %), *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) Williams et Round (до 7,4 %), *Staurosirella martyi* (Héribaud) Morales et Manoylov (до 5,4 %), *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing (до 3,9 %).

Изученные отложения в разрезе Зуи расчленены на три локальные диатомовые зоны (LDAZ) (рис. 2). Их смена снизу вверх по разрезу позволяет проследить динамику состава диатомовой флоры и, соответственно, экологических условий осадконакопления в озере в беловежское межледниковые, а точнее, во второй половине климатического оптимума и в постоптимальный период, согласно палинологическим данным.

Судя по постоянному количественному преобладанию в диатомовом сообществе водорослей одной лишь планктонной группы (до 80 %), палеоэкологические условия в озере на протяжении

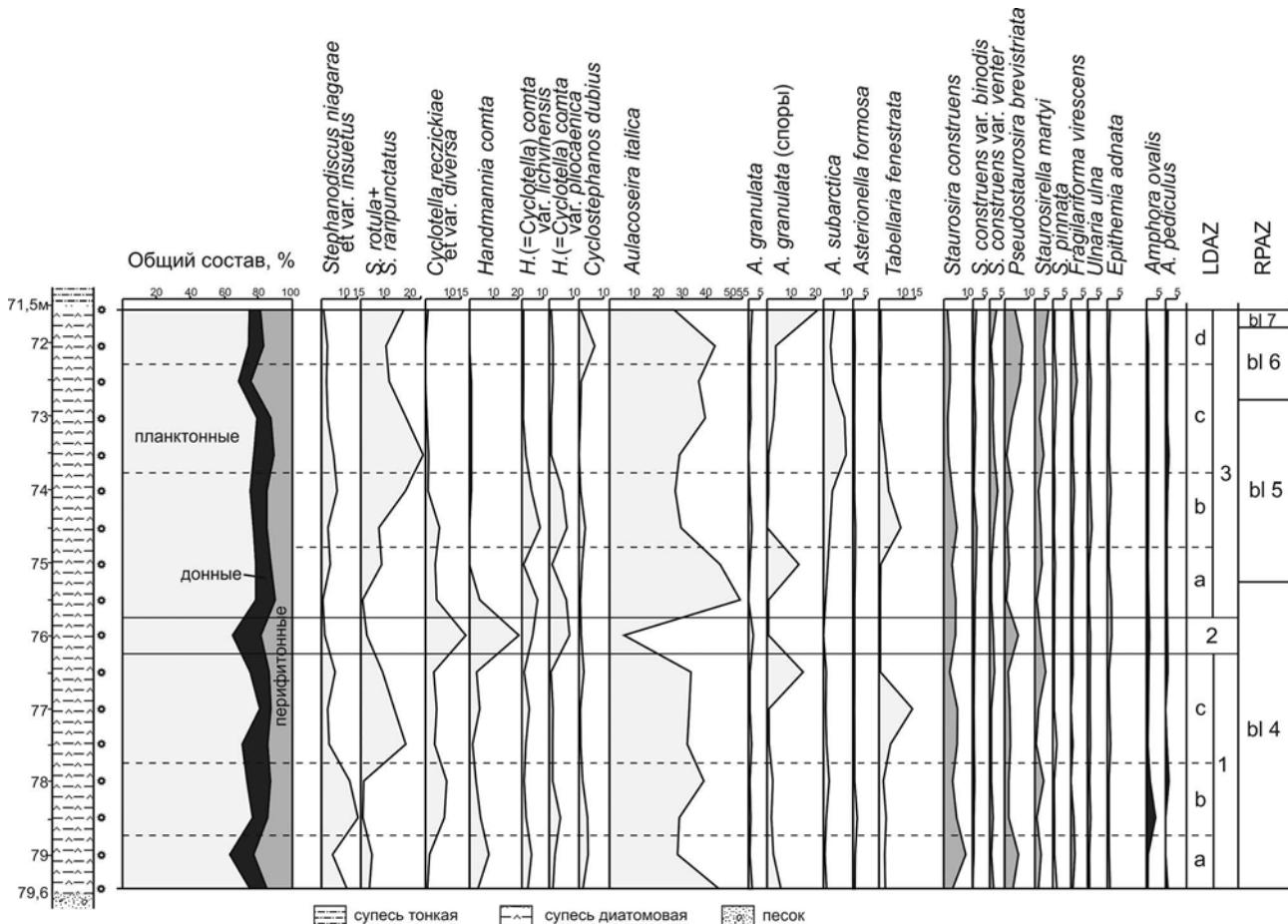


Рисунок 2. Диатомовая диаграмма беловежских отложений, вскрытых скв. 14
у д. Зуи близ г. Новополоцка

характеризуемого отрезка времени существенно не менялись. Палеоводоем, скорее всего, все время оставался относительно глубоким, непроточным, олиготрофно-мезотрофным. Однократное изменение режима в сторону некоторого повышения уровня воды иллюстрирует LDAZ 2, поскольку в диатомовом комплексе только этой зоны по численности доминируют представители родов *Handmannia* и *Cyclotella*, а не *Aulacoseira* и *Stephanodiscus*, как в большей части разреза (LDAZ 1, 3).

Сукцессия диатомей, то есть хронологическая последовательность диатомовых комплексов, в отложениях разреза Зуи представляется неполной. Она иллюстрирует хоть и длительную историю озера во второй половине беловежского межледникова, но не позволяет проследить ее завершенную картину [3]. Можно предположить, что верхняя часть толщи осадков, заполнивших озерную котловину к концу беловежского времени и содержащая соответствующую флору диатомей, была уничтожена в последующую ледниковую эпоху.

Новые микропалеонтологические данные по разрезу Зуи особенно важны, так как они получены для северной части территории Беларуси. Палинологическим методом прежде здесь были изучены лишь два разреза – Почтари в Полоцком районе [6] и Обухово в Верхнедвинском [7]. Повышенное содержание в отложениях пыльцы *Picea abies* сближает разрез Зуи с разрезами Обухово (расч. 1) [7] и Жидини в Латвии [5]. Совокупная палинологическая характеристика этих трех разрезов позволяет получить представление, в том числе, и о некоторых региональных особенностях развития растительности севера Беларуси в беловежское время по сравнению с остальной частью территории страны. Разрез Зуи ценен также и тем, что в Белорусском Поозерье это первый разрез, из которого изучена диатомовая флора беловежского возраста. До настоящего времени таковая была исследована только в разрезах, расположенных в западной и юго-восточной частях Беларуси [1; 9; 10; 12–14].

Список литературы

1. Величкевич, Ф.Ю. Новые данные по стратиграфии неоплейстоцена юго-восточной Беларуси / Ф.Ю. Величкевич, А.Ф. Санько, В.И. Назаров // Доклады АН Беларуси. – 1993. – Т. 37, № 5. – С. 85–89.
2. Геология Беларуси / А.С. Махнач [и др.]; под ред. А.С. Махнacha Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева [и др.]. – Мин.: Инст. геол. наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
3. Демидова, С.В. Диатомовая флора муравинского межледникова Беларуси / С.В. Демидова. – Мин.: Экономпресс, 2013. – 199 с.
4. К стратиграфии среднего плейстоцена Беларуси / Ф.Ю. Величкевич [и др.] // Стратиграфия. Геологич. корреляция. – 1997. – Т. 5, № 4. – С. 68–84.
5. Кондратене, О.П. Биостратиграфическое обоснование возраста озерной толщи разреза Жидини / О.П. Кондратене, Г.К. Хурсевич, Л.П. Логинова // Проблемы плейстоцена. – Мин., 1995. – С. 86–101.
6. Махнач, Н.А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н.А. Махнач. – Мин.: Наука и техника, 1971. – 212 с.
7. Обнажение Обухово – парастратотип беловежского межледникова Беларуси / А.Ф. Санько [и др.] // Літасфера. –2004. – № 2 (11). – С. 38–51.
8. 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.
9. Рылова, Т.Б. Возраст и палеогеографические условия формирования плейстоценовых озерных отложений у г. Бобруйска / Т.Б. Рылова, Г.Г. Король, И.Е. Савченко // Докл. НАН Беларуси. – 2003. – Т. 47, № 5. – С. 88–93.
10. Рылова, Т.Б. Растительность и диатомовая флора нового разреза беловежского межледникова Белоруссии / Т.Б. Рылова, Г.К. Хурсевич // Докл. АН БССР. – 1989. – Т. 33, № 11. – С. 1025–1027.
11. Санько, А.Ф. Зуи – новое местонахождение беловежских отложений в Белорусском Поозерье / А.Ф. Санько, Т.Б. Рылова, К.Ю. Балашов // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: матер. VIII Унiv. геол. чтений, 3–4 апр. 2014 г., Минск / редкол. А.Ф. Санько (отв. ред.) [и др.]. – Мин.: Цифровая печать, 2014. – В 2 ч. – Ч. 1. – С. 27–30.
12. Хурсевич, Г.К. Возраст и палеогеографические условия формирования древнеозерных отложений Речицкого Приднепровья (по данным изучения диатомей) / Г.К. Хурсевич, Л.П. Логинова // Плейстоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии. – Мин., 1986. – С. 76–142.
13. Хурсевич, Г.К. Об одновозрастности диатомовых флор плейстоценовых разрезов Красная Дуброва (БССР) и Фердинандов (ПНР) / Г.К. Хурсевич, В. Пршибыловска-Ланге, Л.П. Логинова // Докл. АН БССР. – 1990. – Т. 34, № 2. – С. 179–183.
14. Якубовская, Т.В. Новые данные о стратотипе беловежского межледникова / Т.В. Якубовская, Г.К. Хурсевич, Т.Б. Рылова // Докл. АН БССР. – 1991. – Т. 35, № 3. – С. 262–265.

ЛЕТОПИСЬ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА В ОСАДКАХ ПАЛЕОВОДОЕМОВ БЕЛАРУСИ

Я.К. Еловичева

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail: yelovicheva@yandex.ru*

Толщи озерных, болотных и речных образований в древних котловинах заключают в себе летопись палеогеографических событий за время своего накопления – в конце предшествовавшего оледенения (позднеледниковые), на протяжении межледниковых (раннемежледниковые, одного, двух и трех оптимумов и разделяющих их межоптимальных похолоданий, позднемежледниковые) и в начале последующего оледенения (раннеледниковые).

Ключевые слова: гляциоплейстоцен, Беларусь, палеоводоемы, летопись природных событий, палеогеография.

CHRONICLE OF THE PALEOGEOGRAPHIC EVENTS OF THE GLACIOPLEISTOCENE IN THE SEDIMENTS OF THE ANCIENT WATER BASINS OF BELARUS

Ya.K. Yelovicheva

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The series of the lacustrine, marsh and river sediments in the ancient depressions encompass the history of the paleogeographic events during their accumulation. These events took place at the end of the preceding Glaciation (Late Glaciation), during the Interglaciation (Early Interglaciation, one, two and three optima and inter-optimal cooling, Late Interglaciation) and at the beginning of the subsequent Glaciation (Early Glaciation)

Keywords: glaciopleistocene, Belarus, ancient water basins, chronicle of natural events, paleogeography.

Климатические условия четвертичного периода (вторая половина кайнозоя – плейстоцен) изучены гораздо подробнее по сравнению с более ранним временем на планете Земля, когда термическая зональность была сравнительно слабо выражена. В плейстоцене усилилось похолодание в средних и высоких широтах, что привело к возникновению и динамике неоднократных континентальных ледовых покровов (мнения об их числе неоднозначны) и увеличению площади морских льдов. Классические представления о четырехкратном оледенении (гюнц, миндель, рисс и вюрм) и трехкратных межледниковых эпохах (гюнц-миндель, миндель-рисс, рисс-вюрм) (по аналогии с Альпами по Пенку-Брикнеру) в плейстоцене оказались весьма упрощенными в свете накопленных новых данных. К тому же разработанные к концу XX–началу XXI вв. климато- и биостратиграфические, инсолационные, палеомагнитные шкалы Земли были существенно уточнены и дополнены информацией появившихся в середине прошлого столетия непрерывных почвенно-лессовых серий, малакологической, бентосной, биогенно-кремнеземной, пылевой шкал, колонок бурения толщ морского дна и ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды и, в особенности, глубоководных океанических донных образований [6, 5, 1, 7, 2]. Все это позволило разработать международную изотопно-кислородную шкалу на геохронологической основе (рис. 1), которая отражает детальную хронологию холодных и теплых условий и температурные условия палеоклимата.

При изучении ледниковых и межледниковых отложений последних 800 тыс. лет (собственно гляциоплейстоцена) палинологическим методом по-новому оценена палеогеографическая обстановка времени накопления и стратиграфия толщи осадков на более полных диаграммах из Палинологической базы данных Беларуси.

Детальный анализ структуры новых шкал, учет решения зарубежных ученых XIV Конгресса INQUA в 2003 году (г. Рино, штат Невада) о соотнесении голыштейнского (лихвинского,

александрийского, мазовецкого, завадовского) межледниковых только с 11-м изотопно-кислородным ярусом (а не тремя вместе – 11–12–13-ми по альпийской схеме), а также рекомендаций по выработке стратиграфической шкалы гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины (2011) и сопоставления горизонтов с морскими изотопными стадиями способствовали переоценке представлений об объеме, стратиграфии и геохронологии плеистоцена. Была показана существенно большая сложность развития природной среды, чем это представлялось по региональным (Беларусь – 1982, 2005, 2010) и межрегиональной (Восточно-Европейская равнина – 1984) стратиграфическим схемам. Детальный анализ каждой из них по выделенным флюктуациям четных и нечетных ярусов (горизонтов), соответствующих чередованию оледенений и межледниковых и их корреляция показали близкую сходимость природных событий и явлений во времени и пространстве.

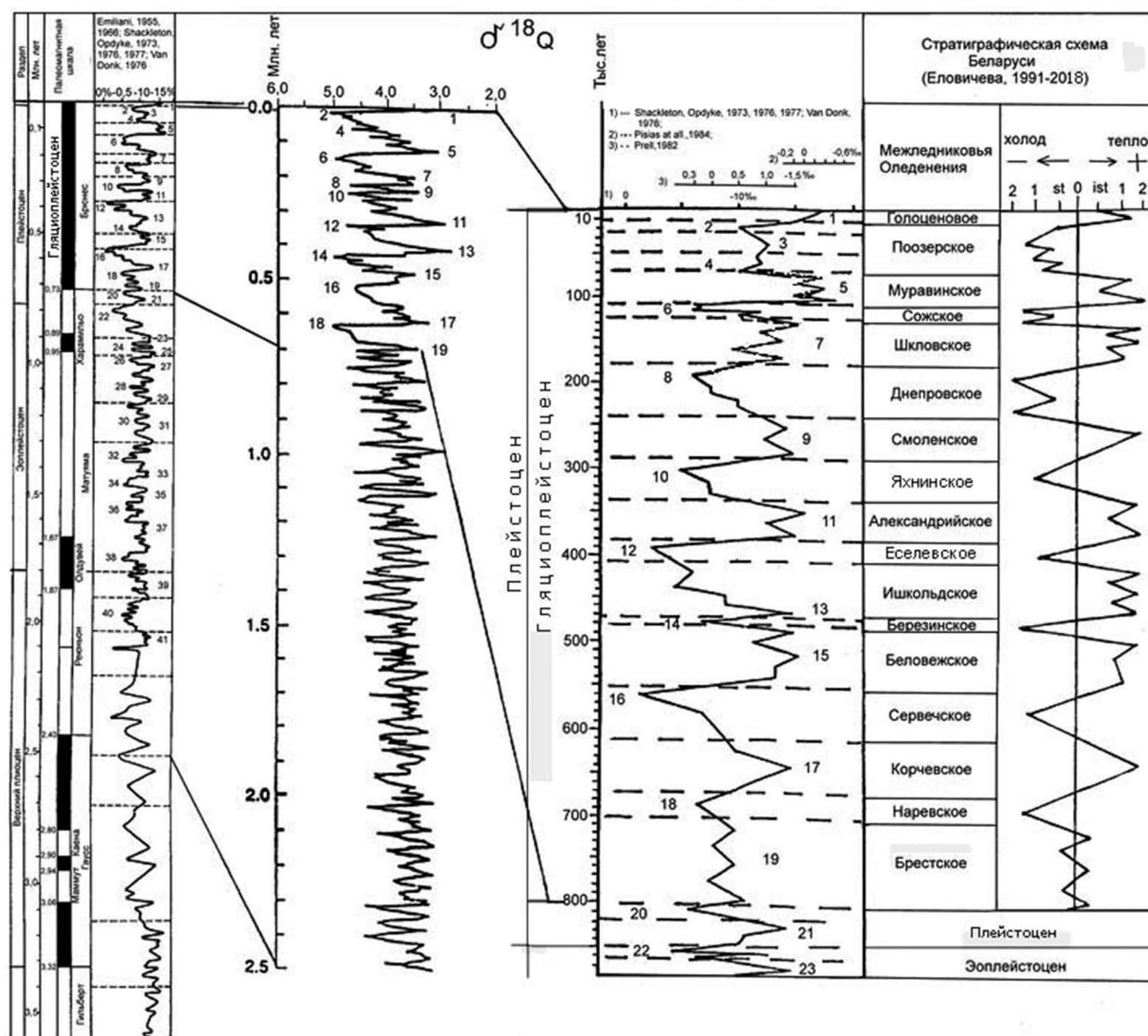


Рисунок 1. Корреляция кислородно-изотопных шкал по океаническим отложениям Атлантики и континентальным образованиям Европы

К наиболее важным изменениям в понимании палеогеографического и геохронологического аспектов относятся:

- резкое выделение на вышеуказанных шкалах ледникового интервала кайнозоя (гляциоплейстоцена в объеме последних 800 тыс. лет) по характеру четкого ритма смены оледенение → межледниковые, представлявших естественные рубежи в развитии природы;

- нижняя граница собственно гляциоплейстоцена проводится по основанию 19 и. я., на который приходится смена палеомагнитной инверсии Матуяма-Брюнес;
- на каждые сто тысяч лет гляциоплейстоцена приходилось два события: одно межледниковые и одно оледенение;
- изменения климата гляциоплейстоцена отчетливо указывают на наличие восьми холодных эпох в ранге ледниковых (наревской, сервечской, березинской, есельевской, яхнинской, днепровской, сожской и поозерской, осложненных стадиями и межстадиалами) и разделявших их девяти теплых эпох в ранге межледниковых (корчевской, беловежской, ишкольдской, александрийской, смоленской, шкловской, муравинской и голоценовой с одной-тремя оптимумами и межоптимальными похолоданиями), отвечающих самостоятельным изотопным ярусам различной длительности (лишь поозерская/валдайская эпоха объединяет 2–4-е ярусы), а последние – горизонтам в стратиграфических шкалах;
- голоцен (1-й и. я. в объеме 10 300 лет) по сходству амплитуды колебаний температуры в оптимум и характеру макросукцессии палеофитоценозов имеет ранг самостоятельного, но незавершенного межледникового;
- муравинское (микулинское, эемское) межледниковые соответствует всему 5-му и. я., а не только его стадии 5-е;
- объем изотопных ярусов (как и горизонтов) оказался разным, продолжительность межледниковых (в тыс. лет: корчевское – 60, беловежское – 70, ишкольдское – 66, александрийское – 40, смоленское – 50, шкловское – 55, муравинское – 40) больше ледниковых (в тыс. лет: наревское – 30, березинское – 15–20, есельевское – 20, сожское – 15) либо примерно равна им (сервечское – 50, яхнинское – 50, днепровское – 55, поозерское – 60); только длительность голоцена самая короткая в связи с его незавершенностью (всего 10,3 тыс. лет);
- максимум распространения покровного материкового льда приходился на днепровское оледенение (8 и. я.), а максимум похолодания климата – на поозерское (2–4 и. я.); в то же время, максимум теплообеспеченности проявился в муравинское межледниковое (5 и. я.);
- постднепровское время гляциоплейстоцена знаменовалось постепенным сокращением площади каждого последующего оледенения, улучшением климата (повышение тепла и влаги) и увеличением продолжительности (за счет трех оптимумов в шкловском и муравинском) каждого последующего межледникового, что предполагает весьма сложную их палеогеографическую обстановку и, вероятно, большую длительность голоценового межледникового, которое сменится очередным оледенением – отражением среднепериодного климатического цикла (около 35–40 тыс. лет) в истории развития Земли;
- вариации кривых внутри изотопных ярусов указывают на число (от одного до трех) климатических оптимумов (или макросукцессий палеофитоценозов): по три – в 5-м (эемском/муравинском), 7-м (внутририском, трене, шкловском) и 19-м (брестском) изотопных ярусах; по два – в 9-м, 11-м, 13-м и 15-м (беловежском) и. я., по одному – в 17-м (корчевском) и. я. на протяжении межледниковых, а стадиалов и межстадиалов в течение ледниковых; подробную летопись об эволюции палеоводоемов от конца предшествовавшего и до начала последующего оледенений сохранили наиболее полные разрезы отложений, заложенные в глубоких котловинах;
- наличие макросукцессии палеофитоценозов на диаграмме доказывает самостоятельность климатических оптимумов, в особенности вторых и третьих, ранее считавшихся переотложенными по неубедительной концепции однооптимальности всех межледниковых;
- критерием различия возраста флоры межледниковых являются экзотические виды растений, а не типы диаграмм;
- надежную последовательность природных событий в гляциоплейстоцене представляют разрезы, отложения в которых датированы различными методами абсолютной хронологии; на Беларуси таких дат немного: пять из отложений 5 и. я. (муравинское межледниковое), две для 7 и. я. (шкловское межледниковое), по одной в 8 и. я. (днепровское позднеледниковое), 11 и. я. (александрийское межледниковое) и 16 и. я. (морена сервечского оледенения), из которых две последние спорны.

Важное значение ныне имеет переоценка двух групп палинологически изученных и наиболее информативных геологических разрезов:

а) с *несколькими межледниками*, разделенными ледниками (мореной) или коррелятными им образованиями на Беларуси (**Ишкольдь** – МИС-13–МИС-11, **Колодежный Ров** – МИС-11–МИС-7, а также **Дробишки** – МИС-14, МИС-15, МИС-16, МИС-8, МИС-6, **Тесновая** – МИС-19, МИС-18, МИС-15), в России (**Варзуга** – МИС-10–МИС-5 с абсолютными датировками), на Украине (**Вольное** – МИС-16–МИС-1).

б) с *несколькими самостоятельными климатическими оптимумами* (ранее считавшихся и переотложенными, или отвечающих и рангу оптимумов, и рангу самостоятельных межледниковых) в течение одной межледниковой эпохи. Эти весьма редкие разрезы глубоководных котловин с отложениями двух-четырех оптимумов (нескольких *макросукуцессий палеофитоценозов* на диаграммах) в одном межледниковье выявлены на Беларуси: (**Мурава, Богатыревичи, Гончаровка** – по три, **Дрозды, Порсы-Маковье** – по два оптимума муравинского межледникова = МИС-5); **Нижнинский Ров, Марьянкинская Горка, Ягинецицы, Костеши** – 3/2 оптимума шкловского межледникова с абсолютными датировками = МИС-7; **Ишкольдь** – три оптимума александрийского межледникова = МИС-11 и три оптимума ишкольдского межледникова = МИС-13, **Красная Дуброва** – два оптимума беловежского межледникова = МИС-15);

– а также в России (**Петрозаводск** – два оптимума муравинского межледникова = МИС-5; **Подруднянский, Акулово, Конаховка** – по 2/3 оптимума шкловского межледникова = МИС-7);

– и на Украине (**Любязь** – три оптимума муравинского межледникова = МИС-5; **Вольное** – три оптимума шкловского межледникова = МИС-7; **Тур** – 3/4 оптимума александрийского межледникова = МИС-11) и др.

Приведенные выше разрезы по сути представляют собой местные биостратиграфические шкалы наряду с Чекалинской, Варзугской (Россия), Вольное (Украина), которые не только дополняют обоснование геохронологии гляциоплейстоцена по крупным межледниковым ритмам с характерными четырьмя группами пыльцевых диаграмм (голоценовой, муравинской, шкловской, александрийской), но и восполняют пробелы разделяющих их самостоятельных изотопных ярусов (в раннем и среднем гляциоплейстоцене: МИС-9, МИС-13, МИС-15, МИС-17, МИС-19 – с повторением тех же групп диаграмм). Учет изменений в стратиграфии и палеогеографии гляциоплейстоцена убеждает в реальности региональной стратиграфической схемы Беларуси [3, 4, 8] и позволяет на качественном уровне проводить межрегиональную корреляцию природных событий на территории Центральной и Восточной Европы.

Список литературы

1. Безрукова, Е.В. Палинологические свидетельства климатических событий позднего плейстоцена и голоцен в бассейнах озер Байкал и Хубсугул / Е.В. Безрукова // Палинология: теория и практика: материалы XI Всероссийской палинологической конференции, 27 сентября – 1 октября 2005 г., М.: Палеонтологический Ин-т РАН, 2005 г. – С. 24–25.
2. Большаков, В.А. Некоторые хроностратиграфические результаты сопоставления орбитально-климатической диаграммы с глобально осредненной изотопно-кислородной записью LR04 для интервала времени 0–1,5 млн лет назад / В.А. Большаков // Проблемы региональной геологии и поисков полезных ископаемых: материалы VII Университетских геологических чтений, Минск, 4–6 апреля 2013 г. Мин.: БГУ, 2013. – С. 71–72.
3. Еловичева, Я.К. Современные проблемы стратиграфии и геохронологии гляциоплейстоцена / Я.К. Еловичева // «Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований»: материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, 12–17 сентября 2011, г. Апатиты, Россия. Апатиты-Санкт-Петербург. – 2011. Т. 1. – С. 185–188.
4. Еловичева, Я.К. Разрезы гляциоплейстоцена и голоцен Украины в палинологической базе данных Беларуси / Я.К. Еловичева; БГУ. – Минск, 2013. – 162 с. – Деп. в БГУ 17.09.2013, № Д 002517092013.
5. Краснов, И.И. Опыт прогноза геологического и физико-географического развития Земли по ритмостратиграфическим схемам и астрономическим расчетам / И.И. Краснов // Известия АН СССР, сер. геогр. – 1973. – № 2. – С. 9–20.

6. Никифорова, К.В. Хроностратиграфическая шкала четвертичной системы (антропогена) / К.В. Никифорова, Н.В. Кинд, И.И. Краснов // Доклады 27-го Междунар. геологического конгр. Секция C.03. Т. 3. Четвертичная геология и геоморфология. – М., 1984. – С. 22–32.

7. Molodkov, A.N. Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess-palaeosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: Implications for sea-land correlation / A.N. Molodkov, N.S. Bolikhovskaya // Quaternary International, N. 152–153. – 2006. – P. 48–58.

8. Yelovicheva, Ya.K. Pleistocene nature events of the Central and Middle-East Europe for the comprehension of their development in the future (by palynological data) / Ya.K. Yelovicheva // Quaternary stratigraphy and paleontology of the southern Russia: connections between Europe, Africa and Asia: Volume of Abstracts of the 2010 annual meeting SEQS, 21-26 June 2010, Rostov-on-Don, Russia. – P. 198–199.

НОВЫЯ ЗВЕСТКІ АБ ІЗАЛЯВАНЫХ БЛОКАХ ДЭВОНСКІХ ПАРОД У АСПОВІЦКІМ РАЁНЕ (БЕЛАРУСЬ)¹

Ю.У. Заіка

УП «Геасервіс», Мінск, Беларусь

e-mail: yu_z@tut.by

Прыведзены ўдакладненныя звесткі аб выхадах дэвонскіх парод у Асіповіцкім раёне.
Разглядаючыя некаторыя гіпотэзы іх паходжання.

Ключавыя слова: адорвені, астанцы, дэвонскія адклады

NEW DATA ON DETACHED DEPOSITIONAL UNITS OF DEVONIAN AGE IN THE ASIPOVICHY DISTRICT (BELARUS)

Yu.U. Zaika

UE «Geoservice», Minsk, Belarus

New data on Devonian detached depositional units occurring in the Asipovichy District (Belarus) are reported. Several hypotheses about their origin are discussed.

Keywords: detached massifs, outliers, Devonian depositional units

Агульная характеристыка. Изаяваныя блокі горных парод, нетыповыя для карэнных утварэнняў у мясцовасці свайго знаходжання, падсціланыя больш маладымі адкладамі, указаны з розных раёнаў Беларусі, аднак апублікованыя звесткі пра іх геалагічную будову і судносіны з умешчальнымі ўтварэннямі ў большасці выпадкаў вельмі сціслыя. Істотная частка звязанай з імі геалагічнай інфармацыі незваротна стручана ў сувязі з распрацоўкай такіх геалагічных целаў у якасці радовішчаў карысных выкапняў. Тым не менш, вывучэнне гэтых аб'ектаў і іх рэшткаў не губляе тэарэтычнай важнасці для рэгіональнай геалогіі.

З ліку экзатычных блокаў дэвонскага ўзросту заслугоўвае ўвагі група астрравоў даламітаў і даламітызаваных вапнякоў у Асіповіцкім раёне Магілёўскай вобласці, размешчаных на плошчы каля 5,0 км² пасярод раёніны, складзенай пясчана-гліністымі ўтварэннямі. Для найбуйнейшага з гэтых аб'ектаў у літаратурных крыніцах выкарыстоўваўся тапонім «Вапельня». Першыя ўказанні на знаходжанне тут выхадаў дэвону з'явіліся ў канцы 19 – пачатку 20 стг. (паведамленні Армашэўскага П.Я. і Тэрлецкага Б.К.); выкананыя Наліўкіным Дз.У. вызначэнні брахіяпод (*Spirifer verneuili* Murchison) са збораў Тэрлецкага Б.К. дазволілі аднесці іх да верхняга дэвону [5; 7]. Паводле апублікованых пазней вынікаў горна-геалагічных вышуканняў 1926–1927 гг. дэвонскія адклады ўрочышча «Вапельня» мелі форму штока- і лінзападобных целаў магутнасцю 2–8 м, залеглых на глыбіні 1–4 м, сукупная плошча асноўнай групы блокаў ацэньвалася ў 5,5 га, прымісловы аб'ём – у 275 тыс. м³ [1]. Малярэвіч С.С. (1931) удакладніў апісанне і дапоўніў фаўністичную характеристыку адкладаў, на аснове якой быў канчатковая пацверджаны франскі ўзрост карбанатных парод «Вапельні», а таксама суседніх выхадаў дэвону (Жаўняк і Стаішча) [3].

Прамысловая распрацоўка даламітаў «Вапельні» ажыццяўлялася да 1960-х гг. На сёння ўрочышча прадстаўлена групай закінутых кар'ераў глыбінёй да 10 м. Уяўленне аб будове блокаў дэвонскіх парод складзена аўтарам па выніках вывучэння іх асобных уцалелых фрагментаў, а таксама па штуфах пароды, знайдзеных у прыдонных частках кар'ераў (мал. 1). Ніжэй прыведзены кароткія апісанні расчыстак, якімі ўскрыты дэвонскія адклады.

Расчыстка № 1. Знаходзіцца ў цэнтральнай частцы ўрочышча, на паўднёвой сценцы кар'ера глыбінёй каля 9,0 м, выцягнутага ў напрамку WE. Зверху ўніз выяўлены наступныя пласты.

¹ Артыкул змяшчаецца ў дыскусійным парадку.

1. Супесак чырвона-руды	0,40 м.
2. Карбанатны пясок светла-жоўты, гарызантальна-слаісты. Верхні kontakt няроўны, з кішэнямі, запоўненымі супескам слоя 1. Ніжні kontakt субгарызантальны	0,30 м.
3. Рытм 1 – прапластак гліны шэра-зялёнай (0,05 м), які перакрывае пласт даламіту жоўта-шэрага, растрэсканага на дробны шчэбень	0,20 м.
4. Рытм 2, адноўкавы з папярэднім	0,15 м.
5. Рытм 3 – прапластак гліны шэра-рудой (0,05 м), вельмі няроўны, які перакрывае даламіт жоўта-шэры, магутнасцю да 0,15 м, фрагментаваны на дробны шчэбень	0,20 м.
6. Рытм 4, адноўкавы з рытмамі 1 і 2	0,10–0,15 м.
7. Рытм 5, адноўкавы з рытмамі 1, 2, 4	0,10–0,15 м.
8. Рытм 6, адноўкавы з рытмамі 1, 2, 4, 5	0,25 м.
9. Рытм 7 – прапластак сіне-зялёнай гліны, які перакрывае пласт карбанатнага пяску светла-жоўтага	0,15 м.
10. Даламіт жоўта-шэры гліністы, фрагментаваны на шчэбень	0,15–0,20 м.
11. Карбанатны пясок светла-жоўты	0,07–0,10 м.
12. Даламіт жоўта-руды, фрагментаваны на шчэбень	0,20 м.
13. Карбанатны пясок светла-жоўты	0,07–0,10 м.
14. Даламіт жоўта-шэры, фрагментаваны на шчэбень; ускрыта верхняя частка магутнасцю	0,30 м.

Большасць з выяўленых пластоў дэманструе гарызантальнае і субгарызантальнае заляганне, без заўважных парушэнняў. Таксама характэрна, што карбанатны пясок петраграфічна паступова пераходзіць у даламіт крохкі і ў даламіт шчыльны пліцісты.

Расчыстка № 2. Размешчана прыблізна ў 75 м на N ад расчысткі № 1, на паўночнай сценцы кар’ера ў паўночнай частцы ўрочышча. Зверху ўніз пад раслінна-глебавым покрывам выяўлены наступныя адклады.

1. Супесак чырвона-руды карбанатны	1,0 м.
2. Карбанатны пясок светла-жоўты, з дробнымі кавалкамі даламіту жоўта-шэрага. У ніжній частцы пласта назіраюцца моцна дэфармаваныя прапласткі гліны сіне-зялёнай	1,5 м.
3. Даламіт шэра-жоўты, фрагментаваны на шчэбень і жарству, з няроўнай кроўляй. Поўнасцю не ўскрыты.	

Расчыстка № 3. Размешчана прыблізна ў 50 м на S ад расчысткі № 1, на паўночнай сценцы кар’ера ў цэнтральнай частцы ўрочышча. Зверху ўніз пад пластом дзёрану і супеску (інтэрвал 1) выяўлены ніжэйпералічаныя ўтварэнні.

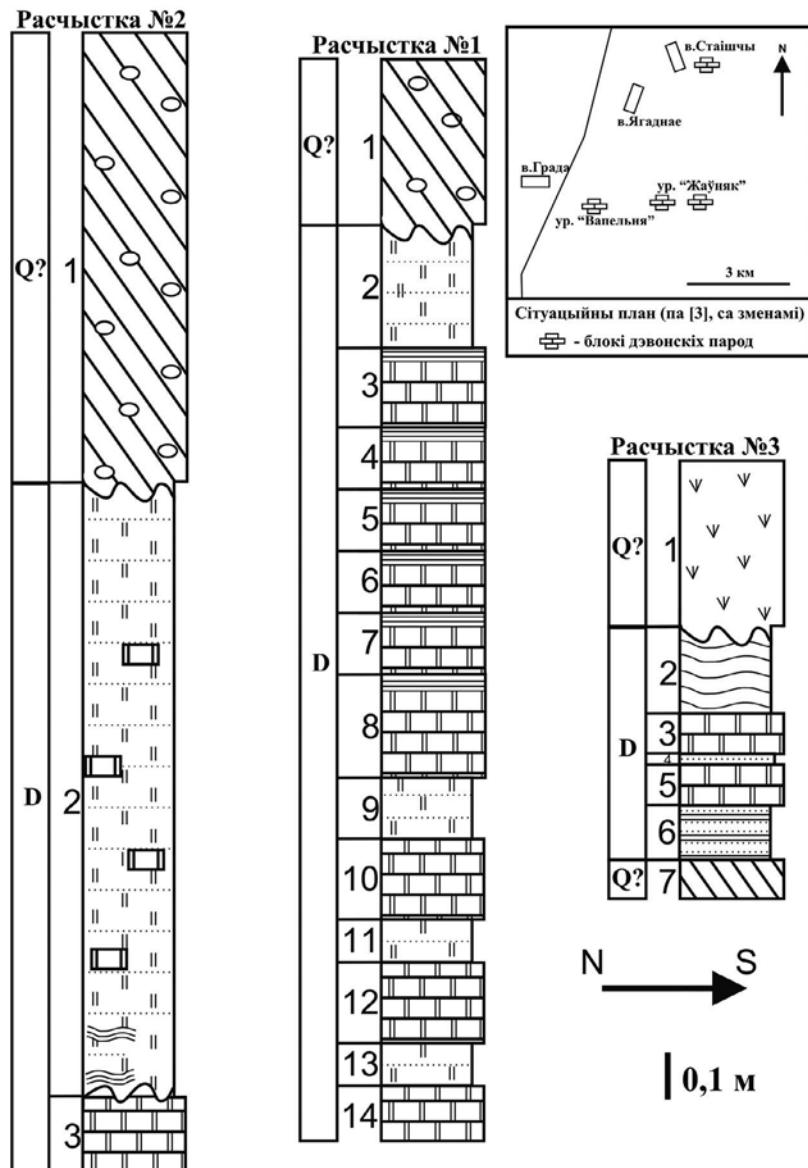
2. Гліна сіне-зялённая, моцна дэфармаваная, з гнёздамі карбанатнага пяску	0,15 м.
3. Даламіт жоўта-шэры, растрэсканы	0,05–0,10 м.
4. Карбанатны пясок светла-жоўты	0,02 м.
5. Даламіт, аналагічны слою 3	0,05–0,10 м.
6. Чаргаванне тонкіх прапласткаў карбанатнага пяску і гліны попельна-шэрай, з фрагментамі даламіту	0,12–0,15 м.
7. Супесак чырвона-руды, ускрытая магутнасць	0,10 м.

У прыдонных частках асobных кар’ераў трапляюцца камлыгі парод, якія маглі залягаць глыбей за вышэйапісаныя, прадстаўленыя даламітамі тоўстаплітымі і масіўнымі наступных разнавіднасцяў:

1) даламіт шчыльны кварцытападобны, светла-шэры і светла-руды, без арганічных рэшткаў, нагадвае па тэкстуре і колеры вышэйуказаныя гліністыя пліцістыя даламіты;

2) даламітызаваны вапняк светла-жоўты, кавернозны, без гліністага дамешку, з адбіткамі брахіяподаў і гастраподаў. Паводле Сакіран А.В. («ВНІГРІ», С.Пецярбург), брахіяподы адносяцца да рода *Cyrtospirifer*, што адпавядае ранейшым вызначэнням Наліўкіна Дз.У., і характарызујуць пераважна адклады сямілукскага гарызонту (сярэдні фран), а таксама больш маладыя.

Абмеркаванне і высновы. 1. Гіпотэза аб алахтонным ледавіковым характары дэвонскіх блокаў раёну Асіповічаў замацавалася ў геалагічнай літаратуры пасля публікацыі Малярэвіча С.С. [3]. У асobных пазнейшых працах гэтыя аўекты тлумачыліся і як астанцы адкладаў аўтахтоннага паходжання [6], што, аднак, не знайшло далейшай падтрымкі. Між тым версія



Малюнак 1. Сітуацыйны план і схема расчыстак дэвонскіх парод урочышча «Вапельня»

аб ледавіковых адорвенях супярэчыць актуальным ведам пра фізічныя механізмы руху покрыўных ледавікоў; невядомы гляцыялогіі таксама і бясспрэчныя прыклады сучаснага выворвання і наступнага пераносу ледавікамі скальных глыбай значных памераў [2].

2. Дэвонскія адклады ўрочышча «Вапельня» мелі шматпластавую будову і складаліся з парод, вельмі неаднародных па дэфармацыйных і механічных якасцях, а таксама па ўстойлівасці да размыву. Пліцістыя даламіты поўнасцю раскрышаны на шчэбень і жарству, захоўваючы пры гэтым пластаватую будову. Такое спалучэнне дадаткова супярэчыць ледавіковай версіі, паколькі падчас гіпатэтычнага выворвання, перамяшчэння і вытайвання непазбежным было б механічнае распадзенне, што зрабіла б немагчымым захаванне суцэльных пластаватых блокаў.

3. З улікам прыведзеных аргументаў, можна паўторна звярнуцца да гіпотэзы аб мясцовым паходжанні разгледжаных вышэй дэвонскіх блокаў і выказаць здагадку аб іх астанцова-тэктонічнай прыродзе. Такі варыянт стасуецца як з цяперашняй адсутнасцю карэнных верхнедэвонскіх адкладаў у раёне знаходжання астанцоў, так і з падсціллём тут глініста-пясчаных покрыўных утварэнняў сярэднедэвонскімі пародамі [4]. Моцная трэшчынаватасць і раскрышанасць даламітаў можа быць праявай тэктона-кесоннага эффекту. Чырвона-рудыя карбанатныя супескі ў такім выпадку з'яўляюцца перапрацаванай карой выветрывання і элювіем дэвонскіх парод, а не ледавіковай марэнай.

4. Вызначэнні брахіяпода указываюць на сярэднефранскі (семілукскі) узрост тоўстаплітных кавернозных даламітаў «Вапельні». У той жа час адметна, што па петраграфічных асаблівасцях і будове разрезу верхня часткі дэвонскіх блокаў, складзеныя пластаватымі даламітамі, карбанатнымі пяскамі і глінамі, маюць значнае падабенства да адкладаў саргаеўскага гарызонта франскага яруса, якія выступаюць на поўначы Беларусі ў берагах р. Сар'янкі. Адсюль, не выключаючы перакуленае заляганне дэвонскіх парод урочышча «Вапельня», альбо насоўванне старэйшых (? саргаеўскіх) пліцістых даламітаў і глін на маладзейшыя (? сямілукскія) тоўстаплітныя даламіты з *Cyrtospirifer*. Такім чынам, адкладныя звесткі аб узросце парод могуць мець важнае значэнне для высвятлення будовы і паходжання разгляданых аб'ектаў, аднак да атрымання мікрапалеанталагічных даных гэтая проблема не мае канчатковага вырашэння. З мэтай вылучэння выканання вапнякоў; плануеца выкананне споравага аналізу пробы з гліністых пласткаў.

5. Незалежна ад паходжання, рэшткі дэвонскіх блокаў у Асіповіцкім раёне з'яўляюцца ўнікальнымі геалагічнымі дакументамі, вартымі надання ахоўнага статуса і арганізацыі геалагічнага помніка прыроды з мэтай іх фізічнага захавання як носьбітаў важнай геалагічнай інфармацыі.

Спіс літаратуры

1. Исследования доломитов района ст. Дараганово (ж.д. линии Осиповичи – Уречье) // Праца горнадасыледчых партый ВСНГ БССР у 1927 г. (папярэдняя вынікі). – Мн.: «ВСНГ БССР», 1928. – С. 27–32.
2. Крапивнер, Р.Б. Кризис ледниковой теории: аргументы и факты // Р.Б. Крапивнер – М.: «Геос», 2018. – 320 с.
3. Малярэвіч, С.С. Новыя даныя аб выхадах парод дэвонскага ўзросту каля ст. Дараганава чыгункі Асіпавічы-Слуцак у Бабруйшчыне / С.С. Малярэвіч // Матар’ялы па вывучэнню геолёгіі і карысных выкапняў Беларусі. Т. V – Мн.: БАН. Геолёгічны інстытут, 1931. – С. 67–80.
4. Геология Беларуси / ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. Отчёт о состоянии и деятельности Геологического Комитета за 1894 год // Известия Геологического Комитета. – СПб., 1895. – Т. XIV. – С. 5–6.
6. Пидопличко, И.Г. О ледниковом периоде. Выпуск 4. Происхождение валунной формации / И.Г. Пидопличко. – Киев: АН УССР, 1956. – 334 с.
7. Терлецкий, Б.К. О находке девонских отложений в Бобруйском округе БССР / Б.К. Терлецкий // Вестник Геологического Комитета. – Л., 1927. – № 6. – С. 12–14.

ТЕПЛОВОЙ ПОТОК В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ

В.И. Зуй

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail: zui@bsu.by

Тепловой поток в зоне активного водообмена в значительной мере подвержен влиянию фильтрации подземных вод. В северо-восточной части Беларуси расположены Оршанская впадина, Белорусская антеклиза, Латвийская седловина. Интервальные значения потока в ряде скважин, завершенных в зоне распространения пресных вод, как правило, значительно понижены по отношению к потоку, наблюдаемому в глубоких горизонтах платформенного чехла. Это требует геолого-геотермического анализа для отбора интервалов наблюдения при построении карты теплового потока.

Ключевые слова: тепловой поток, термограммы, геотермическое поле, зона активного водообмена, Беларусь.

HEAT FLOW IN THE ZONE OF ACTIVE WATER EXCHANGE WITHIN THE NORTHEASTERN BELARUS

V.I. Zui

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Heat flow within the zone of active water exchange is considerably subjected to an influence of the filtration of underground waters. The Orsha Depression, Belarusian Anteclise and Latvian Saddle exist within the northeastern Belarus. Interval heat flow values, as a rule, are considerably lower in a number of boreholes finished in the fresh water zone, relatively to the heat flow observed within deep horizons of the platform cover. It requires the geologic-geothermal analysis to select the observation intervals when compiling heat flow maps.

Keywords: heat flow, termograms, geothermal field, zone of active water exchange, Belarus.

Геологические структуры северо-восточной Беларуси – Белорусская антеклиза, Латвийская седловина и Оршанская впадина, относятся к обширной территории на западе древней Восточно-Европейской платформы [1]. Основная часть Оршанской впадины находится в границах Беларуси, а ее восточное окончание заходит на территорию России.

В геотермическом отношении этот регион изучен весьма неравномерно, имеются немногочисленные термограммы, зарегистрированные в единичных глубоких скважинах. Основное же количество термограмм в регионе зарегистрированы в мелких гидрогеологических скважинах, завершенных бурением в зоне распространения пресных подземных вод. Их глубина часто не превышает 150–250 м. Вид термограмм отдельных скважин приведен на рис. 1.

Практически все термограммы имеют в разной степени вогнутый к оси глубины вид. Это свидетельствует об охлаждающем влиянии инфильтрующихся атмосферных вод, что приводит к низким значениям геотермического градиента.

Интервальные значения плотности теплового потока для скважин, охарактеризованных на рис. 1, представлены в табл. 1. Почти все они за исключением скважин Смоленск 1, Суражская 1s2 и Орша 2оп завершены бурением в зоне распространения пресных вод. В этом интервале глубин типичны низкие значения плотности теплового потока 4–20 мВт/м² и лишь изредка 25–30 мВт/м².

В табл. 1 и на рис. 1 выборочно приведены данные по 18 скважинам региона, где эта тенденция наиболее выражена, термограммы зарегистрированы после восстановления теплового равновесия в скважинах, нарушенного бурением, и определена теплопроводность образцов керна в лаборатории.

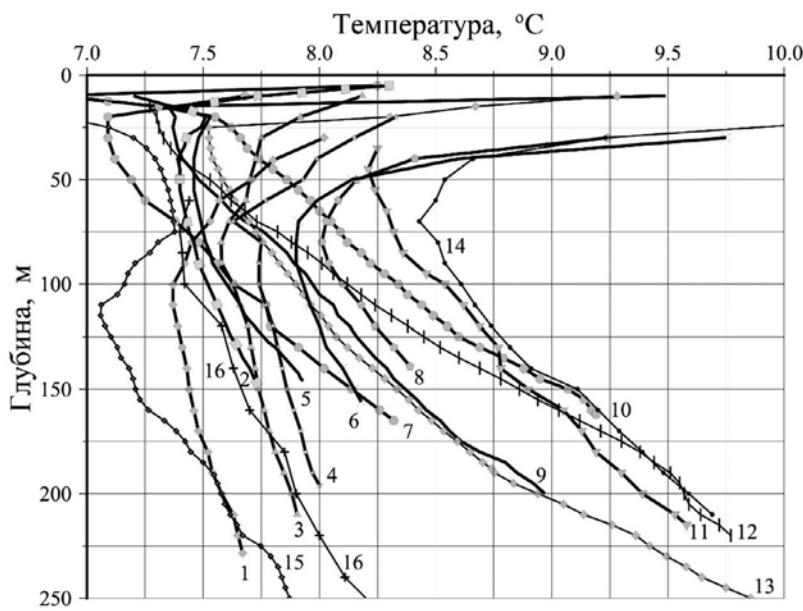


Рисунок 1. Термограммы скважин в северо-восточной части Беларуси

1 – Козловка 37чш; 2 – Косари 25лп; 3 – Сенно 36чш; 4 – Козловка 34чш; 5 – Судиловичи 20лп; 6 – Ушачи 9лп; 7 – Ксты 5пл; 8 – Зaborье 22тл; 9 – Комоски 25чш; 10 – Браздецкая Слобода 51чш; 11 – Синиченка 37тл; 12 – Заскорки 2пл; 13 – Самоседовка 36тл; 14 – Полоцк 49пл; 15 – Суражская 1с2; 16 – Смоленск 1

Расположение рассматриваемых скважин приведено на рисунке 2. Масштаб плотности теплового потока (HFD) показан в левом нижнем углу карты. Нереально низкие значения относятся к мелким скважинам, обозначенных на карте номерами 1–7. Однако их интервальные значения в зоне активного водообмена остаются низкими (менее 20 мВт/м²) и для более глубоких скважин Смоленск 1, Орша 2оп, Суражская 1с2.

Рыхлые породы четвертичного возраста (пески, супеси, маломощные прослои суглинка и др.) с обилием гидрогеологических окон залегают в регионе на отложениях девона. Нисхо-

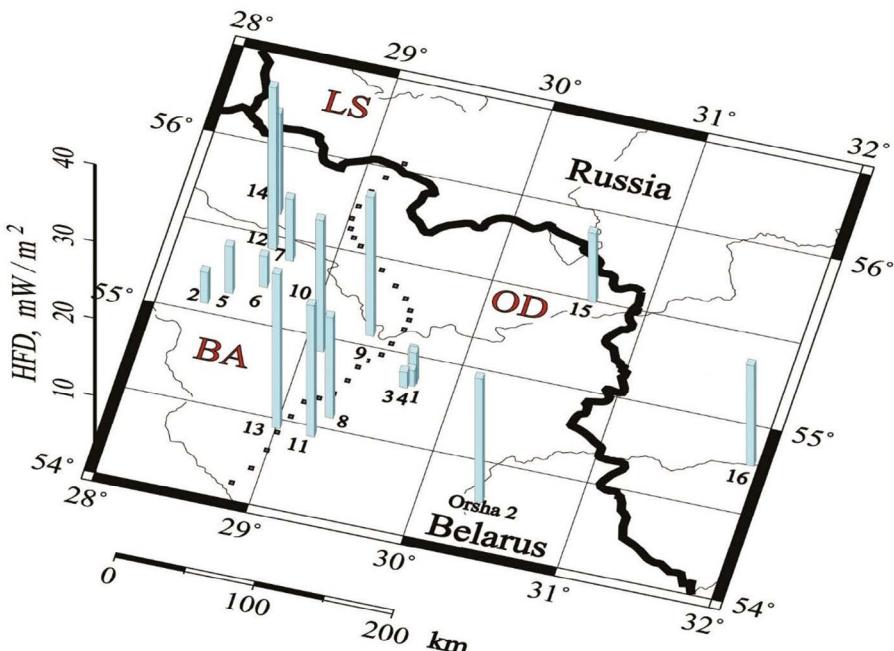


Рисунок 2. Распределение изученных по тепловому потоку скважин в на северо-востоке Беларуси

LS – Латвийская седловина; ВА – Белорусская антеклиза; OD – Оршанская впадина. Номера изученных скважин – см. рис. 1

Таблица 1

Интервальные значения плотности теплового потока для скважин северо-восточной части Беларуси

Скважина и ее номер	Глубина, м / максимальная температура, °C	Интервал для вычисления теплового потока, м	Температура на границах интервала, °C	Геотермический градиент, мК/м / Глубина до нейтрального слоя, м	Тепловой поток в интервале, мВт/м ²
Ушачи 9лп	156/8,18	90–120	7,90–8,00	3,3 / 85	5
Судиловичи 20лп	146/7,93	65–90 110–140	7,48–7,54 7,66–7,81	2,4 5,0 / 50	4 10
Косари 25лп	147/7,73	50–75 109–116 116–130	7,40–7,44 7,56–7,59 7,59–7,65	1,6 4,3 4,3 / 40	3 7 5
Заскорки 2пл	220/9,77	75–90 200–210 210–220	7,82–8,01 9,57–9,64 9,64–9,77	12,7 7,0 13,0 / 15	20 15 30
Ксты 5пл	165/8,32	50–60 60–90 121–131	7,19–7,25 7,25–7,56 7,80–7,92	6,0 10,3 12,0 / 25	13 14 18
Полоцк 49пл	210/9,69	80–90 110–130 200–210	8,51–8,54 8,67–8,82 9,59–9,69	3,0 7,5 10,0 / 70	9 11 22
Комоски 25чш	200/8,97	56–95 100–170 190–200	7,54–7,94 7,97–8,56 8,85–8,97	10,2 8,4 12,0 / 15	23 14 19
Козловка 34чш	196/8,00	160–180 180–196	7,89–7,94 7,94–8,00	2,5 3,75 / 70	3 6
Сенно 36чш	210/7,90	130–140 140–150	7,71–7,72 7,72–7,74	1,0 2,0 / 120	2 4
Козловка 37чш	228/7,67	110–190	7,37–7,54	2,1 / 105	3
Козловка 42чш	220/8,10	120–150 150–200	7,80–7,85 7,85–8,00	1,7 3,0 / 70	3 6
Браздецкая Слобода 51чш	162/9,19	45–54 121–145 145–162	7,80–7,90 8,56–8,95 8,95–9,19	11,1 16,3 14,1 / 10	15 15 23
Зaborье 22тл	139/8,39	120–130	8,24–8,32	8,0 / 80	14
Самоседовка 36тл	268/10,19	110–121 125–131 207–217 229–246 256–263	7,96–8,05 8,07–8,13 9,10–9,30 9,48–9,77 9,98–10,09	8,2 10,0 20,0 17,2 15,7 / 25	8,9 13 17 36 31
Синиченка 37тл	215/9,58	120–130 210–215	8,69–8,77 9,53–9,58	8,0 10,0 / 45	14 22
Смоленск 1	940/17,45	85–200 220–260	7,41–7,90 8,00–8,29	4,26 7,25 / 35	10 14
Орша 2оп		300–1148	8,34–13,90	6,56 / ~50	17
Суражская 1с2	875/17,74	130–150 185–220	7,13–7,21 7,50–7,67	4,0 5,0 / ?	7 10

дящие подземные воды, вызванные затяжными осенними дождями и весенным таянием снега, охлаждают верхнюю часть разреза и приводят к более глубокому положению «нейтрального слоя», определяющего глубину, до которой имеется влияние сезонных колебаний температуры на земной поверхности, а также воздействие вековых изменений палеоклиматов (рис. 3).

Рассмотрим особенности распределения теплового потока в скважине Смоленск 1. Ее термограмма была зарегистрирована до глубины 940 м спустя 14 лет после завершения бурения (рис. 4). По ряду интервалов глубины был отобран керн и определена теплопроводность. До глубины 400 м наблюдается низкий тепловой поток 10–15 мВт/м², что сопоставимо с его наблюдаемыми значениями и в скважинах белорусской части Оршанской впадины. Инфильтрация здесь существенно влияет на интервальные значения теплового потока.

Скважина и ее номер	Глубина до н.с., м	Тепловой поток, мВт/м ²
Браздецкая Слобода 51чш	10	23
Заскорки 2пл	15	30
Комоски 25чш	15	19
Ксты 5пл	25	18
Самоседовка 36тл	25	31
Смоленск 1	35	14
Косари 25лп	40	6
Синиченка 37тл	45	22
Судиловичи 20лп	50	10
Орша 2оп	50	17
Полоцк 49пл	70	22
Козловка 34чш	70	6
Козловка 42чш	70	6
Зaborье 22тл	80	14
Ушачи 9лп	85	5
Козловка 37чш	105	3
Сенно 36чш	120	4

Рисунок 3. Зависимость плотности теплового потока в зоне активного водообмена от глубины залегания «нейтрального слоя» на северо-востоке Беларуси

В скважине Смоленск 1 поток возрастает с 10 мВт/м² в зоне распространения пресных вод (85–200 м) до 33 мВт/м² в глубоких горизонтах (860–900 м). Рост значений потока наблюдается вплоть до глубин около 800 м. Аналогичная ситуация была выявлена ранее и в скважинах Балтийской синеклизы [2, 3].

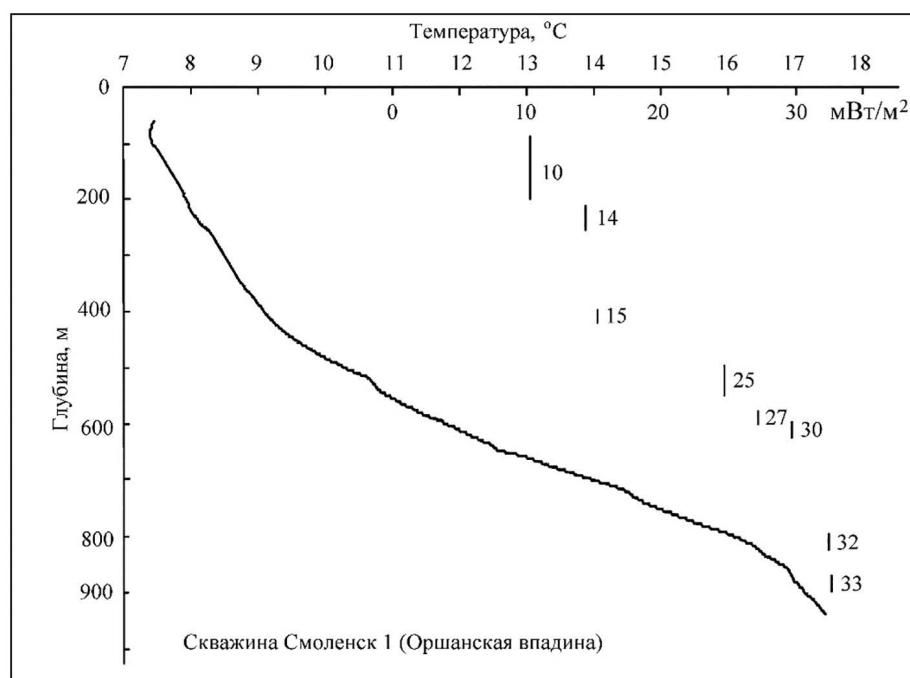


Рисунок 4. Термограмма и тепловой поток по скважине Смоленск 1 [4]

Преобладание мелких скважин в общей массе выполненных геотермических измерений в регионе, в том числе и Оршанской впадины, где в верхней части геологического разреза на-

блюдается значительное влияние приповерхностных факторов, является специфической особенностью с точки зрения построения карты теплового потока [4].

Тенденция возрастания потока с глубиной более отчетливо выражена в зоне активного водообмена. Весьма низкие значения плотности потока менее $10 \text{ мВт}/\text{м}^2$ в верхних интервалах разреза отмечены по ряду скважин: Ушачи 9лп ($5 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Судиловичи 20лп ($4-10 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Ко-сари 25лп ($3-7 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Козловка 34чш ($3-6 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Сенно 36чш ($2-4 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Козловка 37чш ($3 \text{ мВт}/\text{м}^2$), Козловка 42чш ($3-6 \text{ мВт}/\text{м}^2$). В интервалах скважин глубже 200 м, то есть ближе к подошве слоя пресных вод, значения плотности теплового потока оказались выше. Они достигают $20-36 \text{ мВт}/\text{м}^2$ (Заскорки 2пл, Булавки 41пл, Полоцк 49пл, Самоседовка 36тл, Синиченка 37тл). Это налагает ограничения на использование ряда интервалов скважин в зоне активного водообмена при построении карты плотности теплового потока. Ряд наблюдаемых значений здесь являются заниженными по отношению к «глубинному» тепловому потоку и требуют применения поправок при построении карт.

Список литературы

1. Геология Беларуси / ред. А.С. Махнach, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Mn.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. Зуй, В.И. Геотермические исследования в скважинах Калининградской области и Литовской ССР / В.И. Зуй [и др.] // Сейсмологические и геотермические исследования в Белоруссии: сб. науч. ст. / Ин-т геохимии и геофизики АН БССР; под науч. ред. Р.Г. Гарецкого. – Минск, 1985. – С. 88–94.
3. Zui, V.I. Temperature field of the Baltic Syneclyse central part / V.I. Zui, G.I. Urban // International Meeting on geothermics and geothermal energy – IMGG: abstracts, Casa Grande hotel, Guarujá, State of São Paulo, Brazil, 10–14 August 1986 / Casa Grande hotel, Guarujá, State of São Paulo, Brazil, 1986. – P. 52.
4. Зуй, В.И. Тепловое поле платформенного чехла Беларуси / В.И. Зуй. – Минск: Экономпресс, 2013. – 260 с.

ИСЧЕРПАЕМЫ ЛИ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ: МНЕНИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ

В.Б. Кадацкий

*Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Минск, Беларусь
e-mail: v.kadatsky@tut.by*

Анализируется взаимоотношение «природа-общество», что вызвано постоянно возникающими проблемами, в частности, состоянием ресурсной базы. Показано, что человек (общество) всегда находит решение возникающих перед ним проблем. Нет серьезных научных оснований считать, что подобное поведение будет утрачено в обозримое время и в отношении природных ресурсов.

Ключевые слова: общество, прогноз, энергоносители, полезные ископаемые.

ARE THE NATURAL RESOURCES EXHAUSTIBLE: VIEWS AND REALITY

V.B. Kadatsky

Belarusian State Pedagogical University named after M. Tank, Minsk, Belarus

The relationship «nature-society» is analyzed, which is caused by constantly arising problems, in particular, the state of the resource base. It is shown that a person (society) always finds a solution to the problems that arise before him. There are no serious scientific reasons to believe that such behavior will be lost in the foreseeable future and with respect to natural resources.

Keywords: society, forecast, energy resources, minerals.

Для общества всегда было важно иметь представление о своем будущем. Особенно это актуально в настоящее время в связи с нарастающим потоком противоречивой информации о состоянии природной среды. У многих людей, включая часть ученых, складывается мнение, что цивилизация подошла к некому эпохальному рубежу своего благополучного существования и в ближайшем будущем ее ждут серьезные осложнения во взаимоотношении с природным окружением. В различных прогнозах, посвященной этой теме, основную тревогу вызывает бурный рост населения Земли, прогрессивно сказывающийся на потреблении природных ресурсов, в том числе и полезных ископаемых, что по общепринятым мнению должно привести к их несомненному истощению. Конечно, существуют и другие глобальные проблемы: загрязнение природных сред, активизация нежелательных климатических явлений и др., но проблема истощения природных ресурсов является одной из приоритетных для жизнеобеспечения будущих поколений.

По образному выражению известного французского ученого, одного из создателей теории ноосферы П.Т. де Шардена, «человек вошел в мир бесшумно» и длительное время не выделялся своей этологией среди других приматов. Однако прогрессивно развивающемуся социуму на протяжении всего периода его становления постоянно приходилось решать возникающее перед ним сложности. При этом выясняется самая главная замечательная особенность общества – на протяжении всей своей истории оно находило выход из возникающих затруднительных ситуаций. Одним из примеров может являться ситуация с прогнозированием состояния полезных ископаемых.

Ресурсы литосфера. Современное общество все более полно использует разнообразные естественные ресурсы и параллельно все интенсивнее влияет на круговороты и концентрации ряда химических элементов на локальном, региональном и даже глобальном уровнях. Человек, в частности, научился находить и добывать необходимые полезные ископаемые, доставлять их к месту переработки, получать из них энергию и сырье, затем изготавливать продукцию, которая служит ему в виде основных средств производства, сооружений, разнообразных изделий потребления и т. д. Однако в отличие от безотходного естественного цикла антропогенный круговорот сопровождается увеличивающимися нарушениями в структуре ландшафтной среды и снижением ее экологического качества. При этом в сравнении с естественным геологическим

циклом, который «растянут» на длительный период, антропогенный круговорот вещества и энергии происходит с нарастающей скоростью и претворяется в краткие сроки. Поэтому человек выступает как новая планетарная «геологическая сила» [1], активно «забегающая» вперед от предполагаемого перехода биосфера в ноосферу.

Современная добыча полезных ископаемых порождает представления о том, что будущие поколения будут лишены требуемого минерального сырья. Для подтверждения этого вывода приводится простой расчет, основывающийся на примерном удвоении получения основных полезных ископаемых за каждое новое десятилетие, что и происходило на протяжении минувшего века. Исходя из подобного темпа изъятия полезных ископаемых из недр выходит, что примерно через двести лет вся толща земных континентов до нулевой отметки будет полностью «перелопачена» и переработана. Эта тема представляет собой предмет острых и преимущественно «узко научных» обсуждений. Последние не используют в своем арсенале, в частности, «антропный принцип», который косвенно указывает на неисчерпаемость постоянно расширяющейся ресурсной природной базы и безграничные творческие возможности самого «*Homo sapiens*». Рассмотрим известные примеры с горючими ископаемыми.

Каустобиолиты. В современном обществе энергия выступает движущей силой промышленного производства. Основными энергоносителями являются горючие ископаемые: нефть, природный газ, уголь и др., представляющие собой результаты преобразования древних остатков растительных и животных существ под влиянием геологических факторов. Главным ресурсом из-за своей экономической и стратегической ценности выступает нефть. Ее запасы постоянно уточняются. Известно, что первая оценка мировых запасов нефти была подготовлена еще в 1875 году одним американским геологом. По его расчетам запасы нефти приближаются к истощению. В последующие годы аналогичные пессимистичные прогнозы неоднократно высказывали авторитетные организации и персоны. Даже президент США Д. Картер, ссылаясь на заключения ЦРУ, в 1979 году заявил, что «нефтяные скважины во всем мире показали дно». В эти же годы в Советском Союзе специалисты утверждали, что нефти хватит только на сорок лет. Однако действительность оказалась совершенно иной. Новые технологии разведки углеводородов в районах, которые считались бесперспективными, выявили наличие нетрадиционных залежей нефти, которые смогут удовлетворить цивилизацию, по крайней мере до конца наступившего столетия.

Другой по значимости энергоноситель – природный газ. Его расчетные извлекаемые объемы обеспечивают человечество при текущем темпе потребления также до конца нынешнего столетия, а прогнозируемые запасы позволяют удвоить эти сроки. В последние годы все большее внимание привлекает еще одна форма нахождения газа, заключенная в ледяной или водяной кристаллической решетке и образующая так называемые естественные газогидраты. Предварительные оценки показывают, что количество заключенного в газогидратах только метана по своей энергоэффективности вдвое превосходит суммарные возможности разведанных запасов нефти, природного газа и угля. Однако рентабельная добыча газогидратов – дело будущего, требующая при разработке соответствующих технологий.

Следующий значимый каустобиолит – ископаемый уголь. В последние десятилетия наблюдается относительное снижение доли угля в энергопотреблении по сравнению с нефтью и газом. Это объясняется более высокими затратами при транспортировке и повышенным поступлением загрязняющих веществ в окружающую среду при его сгорании. Однако запасы угля таковы, что при гипотетическом прекращении получения энергии от других энергоносителей он сможет обеспечить потребности человечества еще на протяжении примерно трех-пяти столетий. Не исключено, что в будущем благодаря совершенствованию технологий его использования интерес к каменному углю вновь повысится.

Следует упомянуть и об альтернативных источниках получения энергии. Она производится на гидро-, гелио-, ветро-, геотермальных электростанциях. В недалеком будущем ее суммарная мощность в значительной степени заменит получаемую энергию от сжигания органического топлива. Кстати, альтернативной можно считать и энергию, получаемую на атомных электростанциях, поскольку потенциальная энергия ядерного топлива в разы превышает энергию, заключенную во всех органических каустобиолитах планеты. Все отмеченное

свидетельствует, что человечество обеспечено соответствующими ресурсами для получения нужного количества энергии на протяжении обозримого периода времени. По мере возникновения дополнительных потребностей в энергии, несомненно, будут разрабатываться новые способы ее получения [2].

Рудное сырье. Не менее значимую роль для дальнейшего развития общества имеют рудные месторождения, включающие металлические и неметаллические полезные ископаемые. Как известно, месторождений металлических руд великое множество, среди которых выделяются руды черных, цветных, благородных, редких, радиоактивных металлов и рассеянных элементов. В принципе их ресурсы ограничены и невосполнимы, однако и здесь наблюдаются свои особенности. При добыче любого полезного ископаемого может произойти повторение известной судьбы замечательного минерального образования – кремня. В древности в ряде районов мира он представлял собой ценнейший природный ресурс для изготовления каменных орудий (скребков, резцов, рубил, остроконечников и т. д.). С изобретением способов выплавки металлов кремень потерял свою важную хозяйственную значимость и почти полностью обесценился. По-видимому, исходя из этого факта родилась знаменитая фраза: «Каменный век закончился не потому, что закончились камни».

Наконец, в растущей необходимости обеспечения социума рудными полезными ископаемыми начинает просматриваться и космический аспект. Со временем образования Солнечной системы за орбитой Марса вращается множество малых тел, называемых астероидами. Зондирование их поверхности и сложные расчеты позволяют считать, что по минеральному составу некоторые из них приравниваются к богатейшим земным месторождениям. Многие из этих астероидов при своем эллиптическом движении становятся доступными для современной земной космической техники. Кстати, конгресс США готовит законопроекты, разрешающие частным компаниям разрабатывать минеральные ресурсы за пределами Земли. Не исключено, что эксплуатация Луны, Марса и астероидов может стать обычным способом добычи нужных полезных ископаемых. В таком случае они станут неиссякаемыми источниками природных ресурсов, что разрешит проблему обеспечения цивилизации требуемыми химическими элементами и их соединениями.

Выводы. Опасения по поводу скорого истощения энергоносителей и минеральных ресурсов оказываются преждевременными. Так, нехватка энергии может пополняться за счет дополнительного извлечения ее из природных процессов: солнечной инсоляции, водных и воздушных течений, приливов и т. д. На очереди разработка реактора для управляемого термоядерного синтеза. При нем уровень радиоактивного загрязнения будет стремиться к нулю, а запасы необходимого топлива оказываются практически неисчерпаемыми. Проблема полезных ископаемых будет и дальше решаться путем освоения новых зон их добычи, извлечением из более глубоких горизонтов, использованием пониженных концентраций с помощью нанотехнологий.

Кроме того, выясняется замечательная способность социума. На протяжении своей истории оно всегда находило выход из возникающих затруднительных ситуаций. Сегодня просматриваются неограниченные перспективы колонизации ближнего космоса, добыча драгоценных металлов и редкоземельных элементов на астероидах, сооружение солнечных электростанций вблизи Земли. При этом растущая численность человечества, если она будет продолжена, в свою очередь окажется важным ресурсом при расширении его космической зоны жизнедеятельности.

Список литературы

1. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера / В.И. Вернадский. – М.: Айрис-пресс, 2012. – 576 с.
2. Моисеев, Н.Н. Человек и ноосфера / Н.Н. Моисеев – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЦЕНТРА ЛИТОСФЕРЫ И МИНЕРАГЕНИИ В СОСТАВЕ ИНСТИТУТА
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

**А.К. Карабанов, Г.А. Камышенко, Р.Е. Айзберг, Р.Г. Гарецкий,
Я.Г. Грибик, В.Г. Жогло, Г.И. Каратаев, А.В. Матвеев, В.И. Пашкевич**
Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
e-mail: karabanov@ecology.basnet.by, kamyshenka@tut.by

Представлена информация о структурных преобразованиях, произошедших в последние годы в Институте природопользования НАН Беларуси. Значительное внимание уделено основным направлениям научной деятельности центра литосферы и минерагении, приведены важнейшие результаты научных исследований, полученные учеными и специалистами центра.

Ключевые слова: результаты исследований, литосфера, минерагения.

**MAIN DIRECTIONS AND RESULTS OF RESEARCH OF LITHOSPHERE
AND MINERAGENY CENTRE IN THE INSTITUTE FOR NATURE MANAGEMENT
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS**

**A.K. Karabanyov, H.A. Kamyshenka, R.Y. Aizberg, R.G. Garetsky,
Ya.G. Gribik, V.G. Zhoglo, G.I. Karataev, A.V. Matveyev, V.I. Pashkevich**
Institute for Nature Management of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus

The information about structure transformations occurring in last years in the Institute for Nature Management of the NAS of Belarus is shown. The significant attention is paid to the main directions of the research work of the Center of Lithosphere and Minerageny. The main research results obtained by scientists and the specialists of the center are given.

Keywords: research results, lithosphere, minerageny.

Институт природопользования НАН Беларуси выполняет комплексные научные исследования по четырем основным направлениям наук о Земле, отвечающим приоритетам научной и научно-технической деятельности. Это исследования в области технологий глубокой переработки торфа и сапропелей, геэкологии, геологии и климатологии.

Вопросы оптимизации структуры института неоднократно рассматривались на заседаниях Бюро Президиума НАН Беларуси. В результате исполнения принятых решений в 2017 году в структуре института создано четыре научных центра: Центр по торфу и сапропелям (на базе четырех лабораторий, всего 61 сотрудник, в том числе 5 докторов и 21 кандидат наук); Центр литосферы и минерагении (на базе трех лабораторий, всего 35 сотрудников, в том числе 8 докторов и 6 кандидатов наук); Центр экологии городов и трансграничного загрязнения (на базе двух лабораторий, всего 27 сотрудников, в том числе 8 докторов и 11 кандидатов наук); Центр климатических исследований (на базе группы академика Логинова В.Ф., всего 10 сотрудников, в том числе 2 доктора и 4 кандидата наук).

Центр литосферы и минерагении включает лаборатории тектоники и геофизики, геодинамики и палеогеографии, гидрогеологии и гидроэкологии. В рамках центра ведутся исследования по следующим направлениям:

- геолого-геофизические исследования основных структур запада Восточно-Европейской платформы;
- выявление особенностей минерагении и формирования месторождений полезных ископаемых;
- оценка ресурсного потенциала нетрадиционных источников углеводородного сырья (сланцевых газов и нефти, тяжелой и вязкой нефти, газогидратов);
- исследование условий формирования ресурсов и оценка состояния пресных и минеральных подземных вод;

- исследование современных геодинамических процессов;
- исследования подземного пространства геологических структур, пригодных для использования в качестве подземных хранилищ газа, нефтепродуктов, захоронения промышленных отходов;
- геоэкологические исследования.

По каждому из направлений сотрудниками входящих в центр лабораторий в 2016–2017 гг. получены значимые как в научном, так и в практическом отношении результаты.

Геолого-геофизические исследования

Коллективом ученых с участием специалистов Украины, Беларуси, Польши, Дании, Финляндии под руководством члена-корреспондента Айзберга Р.Е. построена геолого-геофизическая модель глубинного строения земной коры по региональному международному профилю «Георифт». Профиль показывает глубинное строение земной коры и верхней мантии по линии Несвиж-Брагин-Полтава протяженностью 670 км, в том числе по территории Беларуси 310 км, и пересекает Припятский прогиб, Брагинский выступ, Днепрово-Донецкую впадину.

Анализ полученных данных позволил установить следующие особенности геологического строения до глубины 80 км. Мощность осадочного слоя в Днепрово-Донецкой впадине составляет 13–15 км, в Припятском прогибе – не более 6,5 км, мощность гранитного слоя в Днепрово-Донецкой впадине в два и более раз ниже по сравнению с Припятским прогибом, на территории Украины в два раза тоньше средний (диоритовый) слой земной коры, но в два и более раз возрастает мощность базальтового слоя. Поверхность Мохоровичича (Мохо) или кровля верхней мантии характеризуется тенденцией подъема в восточном направлении с глубин 47–45 км в Беларуси до глубин 40–38 км на территории Украины. Выявленные региональные различия в строении земной коры предполагают дальнейшие исследования, имеющие важное научное значение. Продолжение работ связано с исследованиями по региональному геолого-геофизическому профилю Восточный, отрабатываемому в 2016–2018 гг.

По базе данных многолетних геофизических исследований группой специалистов под руководством профессора Г.И. Карагаева составлены карты поверхностей гранитного, диоритового и базальтового слоев, мощности этих слоев и мощности земной коры.

Выявление особенностей минерагенации и формирования месторождений полезных ископаемых

Сотрудники центра в течение нескольких лет участвуют в проведении исследований в районе горы Вечерняя в Восточной Антарктиде. Во время экспедиционных работ были проведены гравиметрические и магнитометрические измерения по четырем маршрутам, отобрано 88 образцов горных пород. По полученным данным построены графики вариаций магнитного поля, определены петрографические и петрофизические свойства пород, составлена геологическая карта и намечены наиболее перспективные участки для выявления месторождений полезных ископаемых.

Оценка ресурсного потенциала нетрадиционных источников углеводородного сырья (сланцевых газов и нефти, тяжелой и вязкой нефти, газогидратов)

Группой ученых с участием заведующего лабораторией тектоники и геофизики, кандидата геолого-минералогических наук Грибика Я.Г. и члена-корреспондента Айзберга Р.Е. определены критерии поисков нетрадиционных источников углеводородного сырья (сланцевый газ, сланцевая нефть), выполнено нефтегеологическое районирование Припятского прогиба, являющееся основой выделения первоочередных объектов геологоразведочных работ на поиски месторождений нефти и газа; дано обоснование заложения глубокой 2500 м поисковой скважины на нефть «Ковчицкая 4», доказано существование первого в южной части Припятского прогиба Познякевичского месторождения нефти нетрадиционного типа с запасами до 150 тыс. т. (в том числе нефти нетрадиционного типа – 50 тыс. т.) [3].

Исследования условий формирования ресурсов и оценка состояния пресных и минеральных подземных вод

Гидрогеологами центра разработана схема формирования верхнемантийно-нижнекоровой глубоководной каменной соли и осадочных продуктов испарительного концентрирования морской воды, впервые охарактеризованы ультрапресные подземные воды южных районов

Беларуси с аномально низкой минерализацией (член-корреспондент Кудельский А.В.) [5, 6]. Для территории Гомельской области разработана геофильтрационная модель и оценены эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод, составлена серия эколого-гидродинамических карт, которые являются информационно-карографической основой для принятия управленческих решений по хранению и рациональному использованию ресурсов подземных вод Гомельской области (заведующий лабораторией гидрогеологии и гидроэкологии, доктор геолого-минералогических наук Жогло В.Г.) [4].

Выполнен ряд прямых хозяйственных договоров с организациями разной ведомственной принадлежности (Беларуськалий, Белгорхимпром, Минскводоканал, Белтранснефть, Минскметрострой, Газпром и др.). По договору с ОАО «Белгорхимпром» проведены исследования по созданию научно-методической базы для оценки и прогноза состояния водозащитной толщи на участках ведения горнодобывающих работ и разработке комплекса мероприятий по защите рудников Старобинского месторождения от затопления.

В интересах Минстроярхитектуры выполнены работы по выяснению источников формирования повышенных водопритоков в карьер «Гралево». Данный карьер и ранее характеризовался большим водоотливом, объем которого составлял в среднем 450 тыс. м³/сут. Однако в начале 2017 г. объем карьерного водоотлива резко возрос до 600–650 тыс. м³/сут., практически превысив проектную мощность существующей системы водоотведения и тем самым создав критическую ситуацию на предприятии. С целью выяснения источников формирования повышенных водопритоков в карьер «Гралево» в настоящее время в рамках договора с ОАО «Доломит» осуществляется разработка математической гидрогеологической модели района исследований, в которую закладываются данные о геологическом строении и гидрогеологических условиях этой территории. С использованием методов математического моделирования будет осуществлен анализ схемы формирования гидродинамических потоков подземных вод в районе карьера и выполнено решение задач по характеристике источников, формирующих водоприток в карьер «Гралево», в том числе планируется получить оценку влияния на него расположенного в непосредственной близости (800 м) от карьера водохранилища Витебской ГЭС.

Исследования современных геодинамических процессов

Впервые дано комплексное геологическое и палеонтологическое обоснование значительного изменения возраста рельефообразующих ледниковых и водноледниковых отложений и форм рельефа и положения границы максимального распространения на территории Брестской области и смежных районов Польши и Украины днепровского ледника [8]. Для целей инженерной геологии предложена принципиально новая региональная типизация литотехнических систем, функционирующих на территории республики [1, 2].

Специалистами центра проведено комплексное исследование содержания радона в почвенном воздухе территории Беларуси (академик Матвеев А.В., академик Карабанов А.К.). Изучено распределение концентраций радона в почвенном воздухе и воздухе жилых и производственных помещений, показана связь газово-геохимических аномалий с активными разломами. Установлено, что значительная часть территории Беларуси является потенциально опасной по содержанию радона в почвенном воздухе [7].

Исследования подземного пространства геологических структур, пригодных для использования в качестве подземных хранилищ газа, нефтепродуктов, захоронения промышленных отходов

В рамках договоров с ОАО «Газпромтрансгаз Беларусь» в 2017 году выполнены научно-исследовательские работы «Анализ и обобщение геолого-геофизических материалов по Прибугскому ПХГ» и «Проведение геоэкологического мониторинга на Мозырском, Осиповичском, Прибугском ПХГ» (Глаз А.С., Левашкевич В.Г.).

Учеными центра выполняются научные исследования в рамках научного сопровождения развития атомной энергетики в Республике Беларусь. Разработано обоснование выбора четырех конкурентных площадок для размещения пункта захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС, в результате их сравнения по выделенным факторам предложен пункт, отличающийся наиболее благоприятными инженерно-геологическими условиями для хранения радиоактивных отходов (член-корреспондент Кудельский А.В., кандидат геолого-минералогических наук Коробейников Б.И.).

Геоэкологические исследования

Одним из наиболее востребованных направлений геоэкологических исследований являются работы по оценке уровня загрязнения земель (почв и грунтов) и подземных вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами и некоторыми другими специфическими для конкретных территорий веществами (микрорайон «Минск-Мир», птицефабрика им. Крупской, микрорайон «Лебяжий», завод искусственного волокна в Могилеве и завод медпрепаратов в Минске). Завершен крупный проект, финансируемый из бюджета Союзного государства, – «Экспертная система реабилитации геологической среды, загрязненной нефтепродуктами, на основе принципов самоорганизации для территорий государств – участников СНГ». Цель проекта – создание экспертной системы, способной спрогнозировать последствия аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, связанные с загрязнением компонентов геологической среды (почв, грунтов зоны аэрации и подземных вод) и разработка плана мероприятий по его ликвидации. При участии группы сотрудников центра под руководством Томиной Н.М. была разработана архитектура экспертной системы, алгоритм аналитических решений по миграции нефтепродуктового загрязнения, созданы базы данных по соответствующим разделам экспертной системы и картографический материал. На завершающем этапе проведены тестовые испытания на разработанных ситуационных моделях формирования нефтепродуктового загрязнения геологической среды для проверки адекватности функционирования созданного прототипа программного обеспечения.

На заседании Бюро Президиума Национальной академии наук Беларусь 5 марта 2018 г. был рассмотрен вопрос о результатах деятельности центров в Институте природопользования НАН Беларусь. Была отмечена эффективность их деятельности, проявившаяся как в высоком уровне научных исследований, так и в значительном экономическом эффекте от внедрения результатов в производство. Создание центров позволило сконцентрировать научный и финансовый потенциал на решении наиболее важных и актуальных проблем в области природопользования и охраны окружающей среды, значительно увеличить общий объем выполненных работ и услуг.

Для сохранения достигнутого уровня и обеспечения динамичного развития в перспективе центрам и институту в целом необходимо решить ряд важных вопросов по сохранению и развитию кадрового, научного, инновационного и производственного потенциала, обновлению и модернизации материально-технической базы, развитию опытно-промышленного производства, укреплению сотрудничества с научно-производственными организациями Минприроды, Минэнерго, Минстройархитектуры и других министерств, в том числе путем создания межотраслевых лабораторий.

Список литературы

1. Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларусь: монография: в 3 ч. / А.Н. Галкин, А.В. Матвеев, А.И. Павловский, А.Ф. Санько. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2017. – Ч. 2: Инженерная геодинамика Беларусь. – 452 с.
2. Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларусь: монография: в 3 ч. / А.Н. Галкин, А.В. Матвеев. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2018. – Ч. 3: Региональная инженерная геология. – 184 с.
3. Грибик, Я.Г. Поиски и разведка месторождений нефти и газа: учебные материалы по дисциплине «Геология нефти и газа» / Я.Г. Грибик, Н.С. Петрова. – Минск: БГУ, 2016. – 48 с.
4. Жогло, В.Г. Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология / В.Г. Жогло [и др.] – Минск: Беларусская наука, 2018. – 176 с.
5. Кудельский, А.В. Гидрогеология и минеральные воды Беларусь / А.В. Кудельский. – Минск: Беларуская наука, 2017. – 285 с.
6. Кудельский, А.В. История воды: происхождение, возраст, эволюция состава / А.В. Кудельский. – Минск: Беларусская наука, 2017. – 116 с.
7. Матвеев, А.В. Радон в геологических комплексах Беларусь / А.В. Матвеев, А.К. Карабанов, М.И. Автушко. – Минск: Беларусская наука, 2017. – 136 с.
8. Geological Map of Southern part of Polish-Belorussian cross-border area. Biala Podlaska and Brest region 1: 250 000. Explanatory Text / Scientific Editors: L. Marks, A.K. Karabonov. – Polish Geological Institute. National Research Institute, Warszawa, 2017. – 129 p.

ТИПОВОЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КЛИНЦОВСКОГО ГРАБЕНА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Л.А. Каримова, И.В. Лемешевская

Филиал «Институт геологии» РУП «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь
e-mail: karimova.la.26.11@mail.ru

Приводится палеонтолого-литологическое описание типового разреза верхнего мела Клинцовского грабена Воронежской антеклизы, в котором впервые выделена последовательность местных стратиграфических подразделений (свит): костюшковичской, залесовичской, чаусской и старосельской.

Ключевые слова: верхний мел, свита, зона, фораминиферы.

THE TYPICAL SECTION OF THE UPPER CRETACEOUS DEPOSITS KLINTSOV GRABEN OF VORONEZH ANTECLISE

L.A. Karimova, I.V. Lemeshevskaja

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

The paleontological lithological description of the typical section of Upper Cretaceous of Klintsov graben of Voronezh anteclise is given. In the first the sequence of local stratigraphic subdivision (formations): Kostiushkovitchi, Zalesovitchi, Chausy and Staroselskaya is allocated in it.

Keywords: Upper Cretaceous, formation, zone, foraminifers.

В течение последних лет в рамках научного сопровождения работ по созданию сети опорных геолого-геофизических профилей и параметрических скважин для прогнозирования возможности выявления месторождений полезных ископаемых в пределах слабо изученных участков недр в филиале «Институт геологии» проводились тематические исследования по уточнению стратиграфических схем геологических систем, участвующих в геологическом строении территории проведения опорного регионального геолого-геофизического профиля Лоев-Гомель-Могилев. Существенные изменения коснулись меловой части Стратиграфической схемы Республики Беларусь (2017), где для тектонических элементов юго-востока Беларуси, послуживших основой при структурно-фацальном районировании в схеме для верхнемеловых отложений Беларуси, разработаны местные стратиграфические схемы (на уровне свит) [1]. С целью обеспечения геологов современной стратиграфической основой при проведении геолого-съемочных и поисковых работ на полезные ископаемые составлены типовые биостратиграфические разрезы дочетвертичных отложений тектонических структур первого порядка юго-востока Беларуси, расположенные вблизи линии проведения регионального профиля.

Статья посвящена описанию верхнемеловой части типового биостратиграфического разреза скважины Уваровичи 110, расположенной вблизи линии проведения регионального профиля. Скважина пробурена в 1999 году вблизи деревни Широкое Буда-Кошелевского района Гомельской области (рис. 1). В структурно-фацальном отношении она относится к Гомельской зоне и характеризует северо-западную часть Клинцовского грабена Воронежской антеклизы. Для данной территории в верхнемеловом разрезе этой скважины впервые выделена последовательность местных стратонов (свит).

Скважина Уваровичи 110 вскрыла верхнемеловые отложения в инт. 50,0–146,4 м в стратиграфическом диапазоне от нижнесеноманского до нижнесантонского подъярусов Общей стратиграфической шкалы (далее – ОСШ). В этом типовом разрезе верхнего мела впервые установлены четыре свиты – костюшковичская, залесовичская, чаусская и старосельская. Костюшковичская и залесовичская свиты, выделенные в сеноманской части типового разреза, сопоставимы по вещественному составу и возрасту со стратотипическими разрезами, выделенными в пределах Южно-Оршанской структурно-фацальной зоны [3]. Стратиграфический

объем чаусской свиты, стратотип которой также находится в пределах южной части Оршанской впадины, уточнен за счет наращивания верхней части разреза, что установлено в типовом разрезе скважины Уваровичи 110 по присутствию однотипных мергельно-меловых пород позднеконьякского возраста. Старосельская свита, отвечающая нижнесантонскому подъярусу, установлена впервые для территории Гомельской структурно-фацальной зоны.

Стратиграфические построения типового разреза верхнего мела скважины Уваровичи 110 основываются на результатах палеонтологического изучения пород (определения фораминифер выполнила Каримова Л.А.) с привлечением их литологической характеристики и данных каротажных диаграмм, краткое описание которых приводится ниже (см. рис. 1).

В основании верхнемелового разреза в инт. 143,7–146,4 м (мощность 2,7 м) условно выделяется *костюшковская свита*, стратиграфический объем которой определяется как нижний сеноман. Свита керном не охарактеризована. Залегает на озерской свите альбского яруса нижнего мела. Границы свиты установлены с учетом промыслового-геофизических данных и по корреляции с меловой частью разреза скважины Светиловичи 10 [4]. Следует отметить, что костюшковская свита по каротажным данным представляет собой хороший маркирующий горизонт, прослеживающийся практически на всей территории Беларуси (на каротажных диаграммах свита обособляется пиком на кривой естественной радиактивности пород и отрицательной аномалией кажущегося сопротивления).

Залесовичская свита, включающая среднюю и верхнюю части сеноманских отложений, вскрыта в инт. 143,0–143,7 м. Представлена мергелями мелоподобными, светло-серыми, плотными, опесчаненными, с единичными гравийными зернами кварца и фосфатов. Породы содержат комплекс фораминифер зоны *Lingulogavelinella globosa*. В его составе отмечаются характерные для верхней зоны сеномана виды: *Gaudryina serrata* Franke, *G. arenosa* Akimez, *Brotzenella belorussica* Akimez, *Lingulogavelinella globosa* Brotzen, *Tristix excavatus* (Reuss), *Textularia senomana* Akimez, *T. indistincta* Akimez, *Cibicides lepidus* Plotnikova, *Hedbergella caspia* (Vassilenko).

К чаусской свите, вскрытой в инт. 63,4–143,0 м, отнесена довольно однообразная толща мергельно-меловых пород. По палеонтологическим данным она расчленяется на ярусы, подъярусы и биозоны. Свита характеризуется трехчленным строением.

Нижняя часть свиты (инт. 110,2–143,0 м) представлена пачкой переслаивания светло-серых до белых мелоподобных мергелей и мела глинистого. Породы крепкие, массивные, грубо-плитчатые, включают фораминиферы, фрагменты призматического слоя раковин иноцерамов, единичные зубы рыб и иглы морских ежей. По вертикальному распределению фораминифер эта часть свиты подразделяется на две зоны: нижнюю *Gavelinella nana* (инт. 130,0–143,0 м) раннетуронского возраста и верхнюю *Gavelinella ammonoides* (инт. 110,2–130,0 м), отвечающую среднему турону [2].

Вышележащая (средняя) часть свиты (инт. 73,6–110,2 м) представлена пачкой белого писчего мела, с редкими прослойями светло-серых мелоподобных мергелей. На каротажной диаграмме эта часть разреза характеризуется высокими значениями кажущихся сопротивлений. Из инт. 91,4–110,2 м выделен комплекс фораминифер, в составе которого установлен зональный вид *Gavelinella moniliformis* и характерные позднетуронские таксоны: *Spiroplectammina praelonga* (Reuss), *Gaudryina laevigata* Franke, *Verneuilina muensteri* Reuss, *Heterostomella carinata* (Franke), *Globorotalites multiseptus* Brotzen, *Stensioeina granulata granulata* (Olbertz), *St. granulata kelleri* Hiltermann, *Brotzenella berthelini* (Keller), *Globotruncana lapparenti* Brotzen, *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *G. kelleri kelleri* (Mjatliuk), *Tappannina eouvigeriniformis* (Vassilenko), *Reussella kelleri* Vassilenko, *Eouvigerina regularis* (Keller), *E. cretacea* (Heron et Earland), *Frondicularia angulosa* Orbigny и др. Состав комплекса фораминифер свидетельствует о принадлежности его к верхнетуронской зоне *Gavelinella moniliformis* s.str. верхнемеловой шкалы по бентосным фораминиферам Беларуси и позволяет отнести вмещающие отложения к верхнетуронскому подъярусу ОСШ [2]. Породы инт. 73,6–91,4 м содержат комплекс фораминифер зоны *Gavelinella kelleri*, которая согласно схеме верхнего мела Беларуси отвечает нижнеконьякскому подъярусу ОСШ [2].

В верхней части свиты в инт. 63,4–73,6 м вскрыта пачка переслаивания глинистых мергелей и мелоподобных мергелей, светло-серых, массивных, грублитчатьих. Породы включают верхнеконьякский комплекс фораминифер зоны *Gavelinella costulata*. В его составе установлены виды: *Spiroplectammina praelonga* (Reuss), *Verneuilina munsteri* Reuss, *Ataxophragmium nautiloides* Brotzen, *Heterostomella carinata* (Franke), *Gaudryina coniacica* Akimez, *G. laevigata* Franke, *Stensioeina granulata kelleri* Hiltermann, *Gavelinella kelleri kelleri* (Mjatliuk), *G. giedroyci* Grigelis, *G. moniliformis* (Reuss), *Osangularia whitei praeceps* (Brotzen), *Hedbergella agalarovae* (Vassilenko), *Globotruncana paraventicosa* Brotzen, *Reussella kelleri* Vassilenko, *Eouvigerina regularis* (Keller), *E. cretacea* (Heron et Earland) и др. Кроме фораминифер здесь обнаружены фрагменты иглокожих, рыб, остракод, мшанок и радиолярий [2].

Типовой разрез верхнего мела скважины Уваровичи 110 завершается мелоподобными мергелями *старосельской свиты*, установленной в Гомельской зоне впервые. Свита согласно залегает на чаусской свите и перекрывается с размывом терригенными образованиями четвертичной системы. Свита вскрыта в инт. 50,0–63,4 м и представлена мелоподобными мергелями, светло-серыми, с зеленоватым оттенком, плотными, массивными, комковатыми, слюдистыми, биотурбированными, в различной степени алевритистыми. Породы содержат фораминиферы, фрагменты раковин пелеципод, ростры белемнитов. Наличие вида-индекса *Gavelinella infrasantonica* и присутствие в комплексе характерных раннесантонских видов фораминифер *Spiroplectammina rosula* Mjatliuk, *Neoflabellina rugosa* (Orbigny), *Stensioeina exsculpta* (Reuss), *G. giedroyci* Grigelis, *Globorotalites michelinianus* (Orb.), *Valvularia marie* Vass., *Osangularia whitei whitei* (Brotzen), *Cibicidoides eriksdalensis* Brotzen, *Bolivinita eleyi* Cush. и др. позволяют датировать вмещающие их отложения ранним сантоном [2].

Таким образом, типовой разрез верхнего мела скв. Уваровичи 110 отражает характерные особенности вещественного состава, строения, палеонтологической характеристики, а также границ подразделений верхнемеловых отложений на территории Клинцовского грабена Воронежской антеклизы. Он является стратиграфической основой для дальнейшего изучения, сравнения, стратиграфического расчленения верхнемеловых отложений в пределах западной части Воронежской антеклизы на современном уровне, уточнения возрастных границ и корреляции их с другими разрезами.

Список литературы

1. Стратиграфическая схема Республики Беларусь – Минск. – Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 23.01.2017 № 8.
2. Акимец, В.С. Меловая система / В.С. Акимец, Л.А. Каримова // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси / под ред. С.А. Кручека, А.В. Матвеева, Т.В. Якубовской. – Мин.: БелНИГРИ, 2010. – С. 152–165.
3. Каримова, Л.А. Местная стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Южно-Оршанской структурно-фацальной зоны (Беларусь) / Л.А. Каримова // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Материалы IV Международного симпозиума «Эволюция жизни на земле». – Томск, 2010. – С. 353–354.
4. Каримова, Л.А. Типовой разрез мезозойских отложений западной части Воронежской антеклизы (Клинцовский грабен) / Л.А. Каримова, З.М. Клименко, И.В. Лемешевская // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы Междунар. науч. конф., посвященной 110-летию со дня рождения акад. К.И. Лукашёва; редкол.: С.В. Савченко [и др.]: В 2ч. – Мин.: Право и экономика, 2017. – Ч. 1. – С. 29–31.

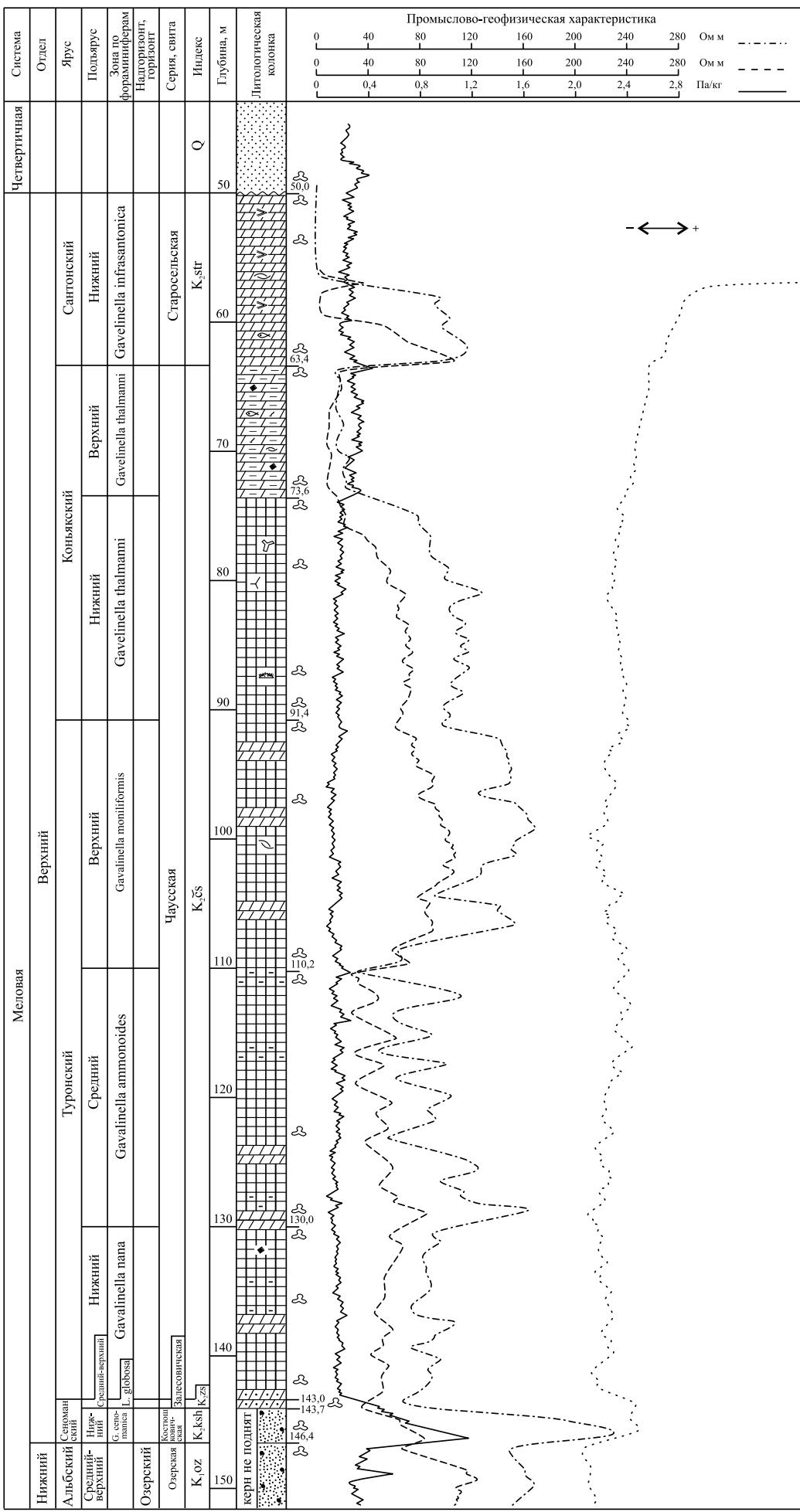


Рисунок 1. Типовой биостратиграфический разрез верхнемеловых отложений скв. Уваровичи 110

МЕЛОВОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

М.С. Ковалчук, Ю.В. Крошко

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: kms1964@ukr.net; ukrosh.79@ukr.net

Меловой континентальный литогенез в пределах центральной части Украинского щита отражает определенные этапы геологического развития территории и охватывает комплекс взаимосвязанных геологических процессов, обусловивших выветривание пород кристаллического основания с образованием элювиальных залежей полезных ископаемых; размыв элювиальных образований и переотложение продуктов размыва в эрозионно-тектонических депрессиях с образованием флювиального комплекса отложений с определенным типом полезных ископаемых.

Ключевые слова: Украинский щит, меловой период, континентальный литогенез, кора выветривания, флювиальные отложения.

CRETACEOUS CONTINENTAL LITHOGENESIS IN THE CENTRAL PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

M.S. Kovalchuk, Yu.V. Kroshko

Institute of geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine

Cretaceous continental lithogenesis within the central part of the Ukrainian shield reflects certain stages of the geological development of the territory and encompasses a complex of interrelated geological processes that conditioned the weathering of the rocks of the crystalline base with the formation of eluvial deposits of minerals; erosion of eluvial formations and redeposition of wash products in erosion-tectonic depressions with the formation of a fluvial complex of deposits with a certain type of minerals.

Keywords: Ukrainian shield, Cretaceous period, continental lithogenesis, weathering crust, fluvial deposits.

Введение. История исследования коры выветривания Украинского щита и его центральной части в частности, а также нижнемеловых продуктов ее размыва связана с именами многих производственников, под руководством которых осуществлялись геолого-съемочные и геолого-поисковые работы, и ученых научных учреждений Национальной академии наук Украины. Значимость исследования гумидного континентального литогенеза связана с тем, что континентальные образования содержат широкий спектр полезных ископаемых и представлены пространственно совмещенными и парагенетически связанными корами выветривания, а также продуктами их размыва и переотложения.

Изложение основного материала. Предпосылкой мел-палеогенового континентального литогенеза в пределах центральной части Украинского щита стали: регрессия морского бассейна; установление в пределах территории континентального тектонического режима; дифференцированные тектонические движения отдельных блоков горных пород фундамента, повлекших расчленение рельефа, образование тектонических депрессий; пенепленизация рельефа [5].

В условиях гумидного тропического климата на разных по генезису, времени образования и петрографического состава породах фундамента сформировались каолиновые и латеритные коры выветривания мощностью до 170 м. Границы распространения, тип, мощность и строение профиля коры выветривания обусловлены петрографическим составом пород кристаллического фундамента, структурными особенностями территории, наличием тектонических зон. Повышенные мощности коры выветривания установлены в зонах тектонических нарушений, зонах контакта пород различного петрографического состава, а также в пределах палеодолин.

На водоразделах мощность коры выветривания уменьшается, вплоть до полного размыва. Мощность элювия при одинаковой степени сохранности неодинакова для разных петротипов фундамента. В частности, мощность элювия по породам основного состава составляет 20–30 м, по породам кислого состава – 10–20 м; по метаморфическим породам – 40–50 м. Мощность элювия на меланократовых и на рассланцеванных породах больше, чем на лейкократовых и массивных [5].

В морфологическом плане коры выветривания представлены площадным и линейным типами (линейно-трещиноватые, линейно-контактовые подтипы). Последний связан с тектоническими нарушениями в породах фундамента и зонами контакта разных по генезису и петрографическому составу пород. На породах основного состава развит четырехчленный профиль коры выветривания, а на других петротипах – трехчленный (зона латеритов отсутствует). Профили полные, сокращенные или неполные. Границы между зонами нечеткие, неровные. Общая картина распространения элювиальных образований пестрая и усложняется частичным или полным ее размывом.

Состав продуктов выветривания различный и зависит от петротипа исходных пород: каолитовый, гидрослюдисто-каолинитовый, гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитовый, монтмориллонит-гидрохлоритовый, гидрогетит-каолинитовый, гидрогетит-гиббситовый, гидрогетит-бёmit-гиббситовый и другие [5]. Глинистые минералы в зависимости от материнских пород и зоны элювия представлены каолинитом, галлуазитом, монтмориллонитом, нонtronитом, бейделлитом, смектитом, хлоритом, гидрослюдами [5]. Среди акцессорных минералов наиболее распространены анатаз, апатит, гранат, дистен, ильменит, лейкоксен, монацит, рутил, циркон.

При корообразовании сформировались залежи бокситов, первичных каолинов, золота, ильменита, циркона, монацита, редких земель, которые имеют тесную пространственную связь с определенными петротипами пород кристаллического фундамента [5].

Размыв и переотложение продуктов размыва коры выветривания в эрозионно-тектонических депрессиях обусловили образование апт-нижнеальбских континентальных флювиальных отложений, которые с размывом залегают на кристаллических породах фундамента, коре выветривания и юрских глинах [1; 5]. Палеодолины в погребенном рельфе коры выветривания выражены не всегда четко. Залегают континентальные флювиальные образования почти горизонтально или со слабым уклоном от верховья до устья долины и от их склонов к центральным частям.

Глубина залегания отложений колеблется от 15–20 м в верховьях палеодолин до 119 м в их приусадебных частях [5]. Глубина врезания речных долин в элювиальную толщу, как правило, 40–50 м [3; 5]. Длина отдельных речных палеодолин достигала 120 км, а ширина – 8,6 км [1]. Мощность флювиальных образований составляет 37,0 м [3; 4; 5].

Литологический состав отложений пестрый (вторичные каолины, каолинитовые глины, разнозернистые каолинитовые пески, местами с гравием и галькой, бокситы, бокситоподобные породы, бурый уголь), невыдержаный по простирации и в значительной степени определяется составом коры выветривания кристаллических пород фундамента, в пределах которых заложены речные палеодолины [1; 5]. Все литологические разности пород переслаиваются между собой или образуют слои, линзы друг в друге. Только глинистые и хемогенные отложения иногда составляют однородную толщу [1].

Образовались апт-нижнеальбские континентальные флювиальные отложения в таких фациальных условиях: *русловых* (плохо отсортированные, преимущественно косослоистые с переменным содержанием глинистой составляющей, гравийные и крупнозернистые пески, местами с галькой и валунами кварца), *пойменных* (разнозернистые, средне-мелкозернистые, хорошо отсортированные, преимущественно горизонтально-слоистые, пески, а также запеченные вторичные каолины), *озерно-пойменных* (хорошо отсортированные, горизонтально-слоистые вторичные каолины, каолинитовые глины, бокситы, разнозернистые пески); *болотно-пойменных* (темно-серые, бурые разнозернистые пески со значительной примесью обугленных растительных остатков, а также лигнит, бурый уголь); *делювиально-аллювиальных* (бокситы, бокситоподобные породы, вторичные каолины в пределах бортовых склонов палеодолин);

пролювиально-аллювиальные (неяснослоистые, несортированные песчано-гравийные отложения, иногда с бобовинами или обломками бокситов, галькой и валунами кварца, залегающие под углом или перпендикулярно к основному руслу) [1; 4; 5].

В строении флювиальной толщи наблюдается определенная ритмичность. Как правило, выделяют три элементарных ритма, каждый из которых начинается псевдо-псаммитовыми или крупно псаммитовыми образованиями русловой фации и заканчивается мелко-псаммитовыми или алеврито-пелитовыми образованиями пойменных, озерно-пойменных, болотно-пойменных подфаций. Иногда наблюдается обратная ритмичность (в нижней части залегают мелко-псаммитовые или алеврито-пелитовые образования, перекрывающиеся крупно-псаммитовыми или псевдо-псаммитовыми). Часто разрез аллювиальной фации осложняется дельювиальными и пролювиальными образованиями. В верховьях и в меньшей степени в средней части палеодолин сохранились реликтовые палеофлювиальные разрезы, в которых в основании залегают глинистые отложения, постепенно переходящие в мелко-, средне-, крупнопсаммитовые и гравийные образования [1; 2]. Такое строение профиля характерно для аллювия, образованного за счет размыва кор выветривания, когда сначала эродировалась верхняя, наиболее выветренная часть элювия, а потом с ее углублением – менее выветренная и более грубоизернистая [2].

Значительная миграция русла в пределах палеодепрессий в сочетании с влиянием тектонических движений обусловили обновление эрозионной деятельности флювиальных потоков, что вызывало перемыв ранее сформированных отложений и формирование сложной мозаичной структуры разрезов.

С континентальными флювиальными отложениями апта-нижнего альба связаны месторождения и рудопроявления бокситов, бокситоподобных пород, вторичных каолинов, каолинитовых глин, ильменита, циркона, золота, монацита [1-5]. Полезные ископаемые имеют пространственно-парагенетическую связь с определенным петрофондом пород кристаллического фундамента, их минерагенией и корами выветривания, а также с определенными этапами развития палеорек, литофациями, подфациями. Большинство полезных ископаемых образовались на стадии седиментогенеза, а часть – на стадии диагенеза (бокситизация вторичных каолинов и каолинитовых глин, отчасти сульфидная и золотая минерализация).

Бокситы, богатые россыпи ильменита, вторичные каолины связаны с породами основного состава и их корами выветривания; вторичные каолины, каолинитовые глины, россыпи золота, циркона, монацита – с породами кислого состава и метаморфическими образованиями и их корами выветривания [3; 5]. Кроме того, богатые россыпи тяжелых минералов связаны с ранними этапами развития гидросети и этапами возобновления эрозионной деятельности, обусловленной изменением базиса эрозии и положением русла в пределах палеодолин. Богатые россыпи золота, ильменита, циркона, монацита связаны с русловыми подфациями; высоко-, среднесортные вторичные каолины, каолинитовые глины – с озерно-пойменными подфациями; бокситы, бокситоподобные породы, низкосортные вторичные каолины – с дельювиально-аллювиальными и пролювиально-аллювиальными подфациями; бурый уголь – с болотно-пойменной подфацией [3; 4; 5].

Выводы. Эволюция континентального литогенеза и связанных с ним полезных ископаемых в меловую эпоху определялась и контролировалась взаимосвязью эндогенных и экзогенных процессов. Это нашло свое отображение в дифференцированных вертикальных и горизонтальных движениях фундамента, приведших к первичному расчленению рельефа с образованием поднятий и депрессий тектонической природы; пенепленизации рельефа и формировании в условиях гумидного тропического климата площадных и линейных каолиновых и латеритных кор выветривания с соответствующим набором остаточных и гипергенных полезных ископаемых; формировании водоразделов (с преобладанием корообразования и денудации) и речных долин (с преобладанием процессов аккумуляции обломочного материала); пространственно-структурно-геоморфологической приуроченности постоянных флювиальных потоков к тектоническим депрессиям и формированию на их месте эрозионно-тектонических депрессий, которые наполнялись континентальными флювиальными отложениями; этапности развития речных палеодолин, пространственной локализации фаций, литофацальных комплексов,

цикличности осадконакопления; связи полезных ископаемых с определенными этапами развития речных долин, фациями и литофациями; частичном или полном размыве палеоаллювиальных отложений на отдельных участках и захоронении их под более молодыми образованиями.

Список литературы

1. Ковальчук, М.С. Літологія нижньокрейдових континентальних відкладів північного схилу центральної частини Українського щита та умови утворення в них розсипіщ важких мінералів: дис. ... канд. геол.-мінерал. наук : 04.00.21 [Текст] / М.С. Ковальчук. – К.: 1993. – 230 с.
2. Ковальчук, М.С. Особливості міграції золота в еволюційно-генетичному ряду залишкових кір вивітрювання і золотоносних розсипів / М.С. Ковальчук. – Геол. журн. – 2001. – № 2 (296). – С. 94–102.
3. Ковальчук, М.С. Апт-нижньоальбські та єоценові річкові долини центральної частини Українського щита / М.С. Ковальчук, Ю.В. Крошко // Вісник львівського ун-ту. Серія геологічна. – 2015. – вип. 29. – С. 67–76.
4. Крошко, Ю.В. Геолого-генетична модель нижньокрейдових континентальних відкладів центральної частини Українського щита. / Ю.В. Крошко // Первый независимый научный вестник. – К., 2015. – № 1. – ч. 2. – С. 49–52.
5. Крошко, Ю.В. Континентальний літогенез крейда-палеогенових осадових утворень центральної частини Українського щита: дис. канд. геол. наук: 04.00.21 [Текст] / Ю.В. Крошко. – К.: 2017. – 250 с.

ЗОЛОТОРУДНАЯ СИСТЕМА СОЛОНЯНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКАЯ ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННАЯ ОБЛАСТЬ)

М.С. Ковальчук¹, В.В. Сукач²

¹Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: kms1964@ukr.net

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования

им. Н.П. Семененко НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: svital@ukr.net

Установлено, что в пределах месторождений золота Солонянского рудного поля Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области сформировался пространственно-парагенетический ряд золотосодержащих формационных единиц, который представляет разногенетическую, разновременную золоторудную систему, обусловленную причинно-следственными связями.

Ключевые слова: Солонянское рудное поле, золото, месторождения золота, кора выветривания, среднезоценовые аллювиальные отложения.

GOLD ORE SYSTEM OF THE SOLONYANSKY ORE FIELD (THE MIDDLE-PRIDNEPROVSKY GRANITE-GREENSTONE REGION)

M.S. Kovalchuk¹, V.V. Sukach²

¹Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

It has been established that a spatio-paragenetic series of gold-bearing formation units has formed within the gold deposits of the Solonyansky ore field of the Middle-Pridneprovsky granite-greenstone region. The series represents a heterogeneic, different-time gold ore system caused by cause-effect relationships.

Keywords: Solonian ore field, native gold, gold deposits, weathering crust, Middle Eocene alluvial deposits.

Введение. Большинство крупных месторождений золота в пределах кристаллического фундамента древних платформ мира, в том числе и на Украинском щите, приурочены к раннедокембрийским гранит-зеленокаменным поясам. В пределах Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области золоторудная минерализация выявлена в большинстве структур. Среди них Сурская структура является одной из наиболее изученных и богатых на золото [0; 0].

Изложение основного материала. Важнейшие золоторудные объекты в пределах Сурской структуры локализуются в ее южной части, в пределах Солонянского рудного поля [6]. Это месторождения золота Сергеевское [0], Балка Золотая [0; 0], более десяти перспективных рудопроявлений (Аполлоновское, Восточно-Аполлоновское, Расчетное, Новое, Татьянино, Дорожное, Андреевское и др.), серия пунктов минерализации золота в кристаллических породах, их коре выветривания [4], а также погребенные россыпи в аллювиальных отложениях среднего эоцена осадочного чехла [0; 0].

Сергеевское месторождение расположено на южном фланге Солонянского рудного поля [0; 0] и является наиболее изученным и перспективным объектом не только рудного поля, но и Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области и Украинского щита в целом. Оруденение приурочено к Сергеевскому субвулканическому телу порфировых метадацитов, которое сечет вмещающую метагаббро-базальтовую ассоциацию и контролируется зоной субширотного Северо-Сергеевского разлома. Руды локализуются главным образом в породах метабазитовой ассоциации и частично в субвулканических метадацитах.

Рудные тела представлены тремя вещественно-морфологическими типами: 1) зоны прожилково-вкрашенной сульфидной минерализации мощностью 10 м и больше, в которых золото равномерно распределено по массе рудных тел; 2) кварц-карбонатные, карбонат-кварцевые и амфибол-кварц-карбонатные жилы и линзовидные тела протяженностью до ста метров и мощностью до 5 м, в которых золото концентрируется в зальбандах и экзоконтактах жильных образований; 3) наиболее типичный случай, когда жилы и линзы 2-го типа содержатся в зонах 1-го типа [0; 9].

Всего на месторождении установлено около 30 рудных тел с содержанием золота больше 1,0 г/т [0; 9]. Содержание сульфидов в рудах изменяется в широких пределах от 1 до 40 % (золото-сульфидно-кварцевая, реже золото-кварцевая формация) [2]. На восточном фланге золотое оруденение постепенно замещается молибденовым. Согласно общепринятой структурной модели месторождения все рудные тела залегают в плоскостях, субпараллельных контактам субвуликанического тела порфировых метадиабазов.

Содержание золота изменяется от единиц до десятков и сотен грамм на тонну. Проба золота от 550 до 930 с преобладанием высокопробного. По данным минералогического и технологического исследования руд основной объем золота (85–90 %) находится в свободном состоянии и локализуется главным образом в кварце, в меньшей степени в карбонате, на стыке зерен кварца и сульфидов (пирит, пирротин, арсенопирит и др.), сульфидов между собой, а также в сульфидах и других рудных минералах по трещинам и пустотам. Связанное и тонкодисперсное золото присутствует в количестве не более 15 %.

Месторождение Балка Золотая расположено в центральной части Солонянского рудного поля [0; 0]. Оруденение пространственно локализуется в широкой зоне наложения северо-восточного и западного экзоконтактов соответственно Солонянского и Восточно-Солонянского субвуликанических тел порфировых метадиабазов. Оно прослежено на расстоянии 2,5 км при ширине до 1,2 км. Рудовмещающими структурами являются минерализованные зоны рассланцевания, которые ориентированы параллельно или субпараллельно контактам тел метадиабазов. В пределах минерализованных зон золоторудными телами, как правило, являются участки максимального развития кварцевых и карбонат-кварцевых маломощных (0,1–2 см) прожилков, иногда отдельных жил мощностью 0,5–3 м. Содержание сульфидов в рудных телах не превышает 5 % (золото-кварцевая формация) [2].

В пределах месторождения установлено 70 рудных тел мощностью от 0,1 до 19,3 м с содержанием золота от 1,0 до 18,9 г/т (среднее 6,2 г/т) [0; 10]. По морфологии, условиям залегания и вещественному составу рудные тела принадлежат к типу крутопадающих прожилков, жильно-прожилковых, линейных и линейно-штокверковых зон. Установлены золото-кварцевый, золото-пирит-кварцевый, золото-теллуридно-кварцевый минеральные типы, которые имеют свои отличия в составе и локализации золота. Вместе с золотом встречаются теллуриды: гессит, алтайт, петцит, сильванит [0].

На докембрийских кристаллических породах широко развита кора выветривания, представленная двумя типами: площадным и линейным. Линейный тип имеет незначительное распространение и развит преимущественно вдоль разломов и зон рассланцевания, где мощность коры достигает 150 м и более. Площадная кора выветривания мощностью от 0,4 до 70 м имеет широкое распространение. В профиле коры выветривания выделяют три зоны: I зона – зона дезинтеграции и выщелачивания; II зона – зона промежуточных продуктов выветривания; III зона – зона устойчивых продуктов выветривания [7; 8]. Преимущественно кора выветривания имеет полный, реже сокращенный профиль (отсутствует одна или две зоны). Состав коры выветривания в зависимости от пород субстрата – гетит-каолинитовый, гетит-сидерит-каолинитовый, кварц-каолинитовый, кварц-серicit-каолинитовый [0; 0; 0]. Цвет элювиальных образований от светло-розового до желто-бурового и кирпично-красного.

Поверхность подошвы и кровли площадной коры выветривания изобилует впадинами и поднятиями, которые являются отражением устойчивости пород разного петротипа к гипергенным процессам. Мощность элювия определяется рельефом кровли и подошвы, а также петротипом кристаллических пород субстрата. Золотоносность коры выветривания зависит прежде всего от таковой в исходных породах субстрата. Значительная часть рудных тел мест-

рождений золота Сергеевское и Балка Золотая продолжаются по восстанию в коре выветривания, вследствие чего контуры распространения рудных зон в коре выветривания примерно соответствуют контурам развития коренной минерализации.

Анализ морфологии и химического состава золота из рудоносных пород фундамента и коры выветривания рудоносных пород показал, что золото в элювии главным образом остаточное и претерпело лишь частичные морфологические изменения [5; 8]. Часть золота в зоне гипергенеза перешла в гидрогенное состояние, мигрировала в профиле коры выветривания и осаждалась на геохимических барьерах, формируя зоны вторичного обогащения в элювиальной толще. Гипергенное золото приурочено чаще всего к верхней зоне коры выветривания.

К западу от месторождения Балка Золотая располагается ряд перспективных, но слабоизученных рудопроявлений золота, на которых также развита золотоносная кора выветривания небольшой мощности (0,4–4,0 м), в которой содержание золота достигает 25,2 г/т [4].

Продуктом размыва и переотложения золотоносного элювия в пределах месторождений золота Сергеевское и Балка Золотая являются флювиальные континентальные образования палеогена, которые выполняют древние речные долины, выработанные в субстрате коры выветривания [0]. Мощность флювиальных континентальных образований среднего эоцена составляет около 40 м. В генетическом отношении среднеэоценовые отложения представлены аллювиальной фацией, в пределах которой установлены русловая, пойменная, озерно-пойменная и болотно-пойменная подфации.

Золотосодержащие отложения представлены галечно-гравийно-песчано-глинистыми образованиями русловой фации [0; 0]. Золото концентрируется в неровностях плотика, а также образует золотосодержащие карманы, струи. Мощность продуктивного горизонта до 5,4 м, а среднее содержание золота в россыпи достигает 10 г/м³. Распределение золота в продуктивном горизонте по вертикали и по площади неравномерно.

Выводы. В пределах территории исследования установлена тесная пространственная и парагенетическая связь коренного оруденения золота в кристаллических породах фундамента, их корах выветривания и золотоносных россыпях, образовавшихся в результате размыва и переотложения продуктов выветривания. В результате дезинтеграции и химического преобразования золотоносных пород фундамента гипергенными процессами на породах кристаллического фундамента образовалась кора выветривания, в которой большинство коренных золотоносных зон хорошо прослеживаются по восстанию. Последующий размыт золотоносной коры выветривания речными водотоками среднего эоцена привел к образованию аллювиальных россыпей золота.

Таким образом, сформировалась пространственно-парагенетическая разновременная и разногенетическая рудоносная система, обладающая значительным ресурсным потенциалом. Комплексный подход к оценке и разработке объектов, которые пространственно и парагенетически объединяют коренную, гипергенную и россыпную минерализацию золота, значительно расширяет перспективы Солонянского рудного поля и, соответственно, повышает его инвестиционную привлекательность, поскольку позволяет вначале разрабатывать неглубоко залегающие, легкообогатимые золотоносные аллювиальные пески, а затем постепенно (с глубиной) переходить к разработке руд коры выветривания и кристаллического фундамента. По нашему мнению, это самый привлекательный в инвестиционном плане объект Украинского щита.

Список литературы

1. Бобров, А.Б. Геология и структура золоторудного месторождения Балка Золотая (Среднее Приднепровье) / А.Б. Бобров, В.В. Сукач, М.М. Малых и др. // Відомості Академії гірничих наук. – 1997. – № 4. – С. 67–74.
2. Ильвицкий, М.М. Исследование золотоносности пиритов рудных и безрудных зон золоторудного месторождения Балка Золотая (Среднее Приднепровье) / М.М. Ильвицкий, Н.А. Приходько // Сб. науч. тр. НГА Украины. – 1998. – С. 137–140.
3. Ковальчук, М.С. Типоморфні особливості розсипного золота з бучацьких алювіальних відкладень Середньопридніпровської граніт-зеленокам'яної області / М.С. Ковальчук, В.В. Сукач, Ю.В. Крошко // Такий різний світ мінералогії: зб. матеріалів наукової конференції присвяченій 100-річчю з дня народження академіка Євгена Костянтиновича Лазаренка. – К., 2012. – С. 83–88.

4. Особливості речовинного складу самородного золота та золотовміщуючих руд зеленокам'яних комплексів Середнього Придніпров'я / Н.М. Гаєва // Звіт про тематичні роботи. Новомосковськ, 2006. – Кн. 1. – 266 с.
5. Сукач, В.В. Золото похованих алювіальних розсипів Українського щита (Сурська структура, Середнє Придніпров'я) / В.В. Сукач, Н.М. Гаєва // Мінерал. журн. – 2001. – Вип. 23. – № 4. – С. 123–128.
6. Сукач, В.В. Типізація золоторудних об'єктів Солонянського рудного поля / В.В. Сукач, Л.В. Ісаков, М.Т. Цима // Наук. вісник НГУ. – 2005. – № 9. – С. 10–15.
7. Сукач, В.В. Золото в системе: коренной источник, элювий, россыпь (на примере месторождения Балка Золотая Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной структуры) / В.В. Сукач, М.С. Ковальчук, Н.М. Гаева // Рудообразующие процессы: от генетических концепций к прогнозу и открытию новых рудных провинций и месторождений: Всерос. конф.: материалы. М.: ИГЕМ РАН, 2013. – С. 245.
8. Сукач, В.В. Типоморфні особливості золота з рудних зон та кори звітрювання родовища Балка Золота / В.В. Сукач, М.С. Ковальчук, Н.М. Гаєва // Мінерал. збірн. – 2014. – № 64. – Вип. 2. – С. 88–94.
9. Bobrov, O.B. Sergiivske gold deposit / O.B. Bobrov [and etc.] // Ukraine: Carpathians and Ukrainian Shield: Geological excursion guidebook. – Kyiv; Lviv: ZUKC, 2006. – P. 139–145.
10. Bobrov, O.B. Balka Zolota gold deposit / O.B. Bobrov [and etc.] // Ukraine: Carpathians and Ukrainian Shield: Geological excursion guidebook. – Kyiv; Lviv: ZUKC, 2006. – P. 147–149.
11. Bobrov, O.B. Gold mineralization in Sura greenstone belt / O.B. Bobrov [et al.] // Main types of rock complexes and mineral deposits in the Ukrainian shield: Geological excursion guidebook. – Kyiv: Geografika, 2002. – P. 123–127.
12. Stepanyuk, L.M. Geology, Radiological Age, Metallogeny of Greenstone Complexes in the Ukrainian Shield / L.M. Stepanyuk [et al.] //Geological Excursion № 52: [33d Intern. Geol. Congr.]. – Lviv: ZUKC LLP, 2008. – P. 45–56.

СВЯЗЬ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН С АКТИВНЫМИ РАЗЛОМАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

М.Е. Комаровский, Е.В. Хилькевич

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: Komarovskiy@mail.ru, katya.xilk@list.ru

В расположении ледниковых ложбин отмечается тесная связь с разрывными нарушениями, активными в новейшее время. Установлены главные формы пространственного соотношения ложбин и активных разломов и сделан вывод о том, что разломы являются основным фактором в пространственном распределении большинства ложбин и обусловленности важнейших особенностей их внешнего облика и характера геологического строения.

Ключевые слова: ледниковые ложбины, активные разломы, плейстоцен, Беларусь.

RELATIONSHIP BETWEEN GLACIAL VALLEYS AND ACTIVE FAULTS IN BELARUS

M.E. Komarovsky, E.V. Khilkevich

Belarusian State University, Minsk, Belarus

One of the most important regularities of the glacial valleys localization is their close connection with fault systems of the consolidated earth crust and platform cover which were active in Pleistocene and recent period. Active faults are a significant factor in localization of the most glacial valleys in Belarus. They also predetermined the main particularities of valleys morphology and geological structure.

Keywords: glacial valleys, active faults, Pleistocene, Belarus.

Интерес к проблеме соотношения ледниковых ложбин с разломами помимо выяснения причин и обстоятельств формирования самих ложбин заключается также в том, что такие соотношения можно использовать для выявления разломов, активных в плейстоцене.

В Беларуси решение ряда важных аспектов этой проблемы было предложено в предыдущих исследованиях [5; 7]. Большинство исследователей сходится на том, что в ледниковые эпохи развивались смещения по разломам, создавались барьеры движению льда и изменялись физико-механические свойства пород субстрата в приразломных зонах. Эти явления обуславливали размах процессов ледниковой экзарации и выдавливания.

При изучении соотношения между локализацией ложбин и положением разломных нарушений использован методический прием сопоставления карты ледниковых ложбин поверхности дочетвертичных пород и карты активных разрывных нарушений. Картирование ледниковых ложбин проводилось в масштабе 1 : 200 000 по общепринятой методике с использованием всех имеющихся (на 2015 год) разрезов буровых скважин. Для составления карты активных разрывных нарушений использовалась карта разломов литосферы по геофизическим данным масштаба 1 : 1 000 000 [1]. При выделении активных нарушений принимался во внимание комплекс прямых геологических и геофизических признаков активных разломов, а также косвенные геофизические, geoхимические, геологические, геоморфологические, сейсмические, дешифровочные, гидродинамические и другие свидетельства неотектонической активности глубинных разломов [2; 3]. Кроме того, были учтены опубликованные схемы активных нарушений, проявлявших активность в четвертичное время [6].

Типы сочетания ложбин с активными разломами в плане и в геологическом разрезе определялись путем сопоставления ложбин с пространственным положением соответствующих разломов, а также посредством сопоставления положения и морфологии разломов и надразломных складок в дочетвертичных отложениях с ложбиной. Это выполнялось на геологических разрезах, вскрывающих строение ложбин и структур в поперечном и продольном сечениях. Одной из наиболее примечательных особенностей пространственного распределения

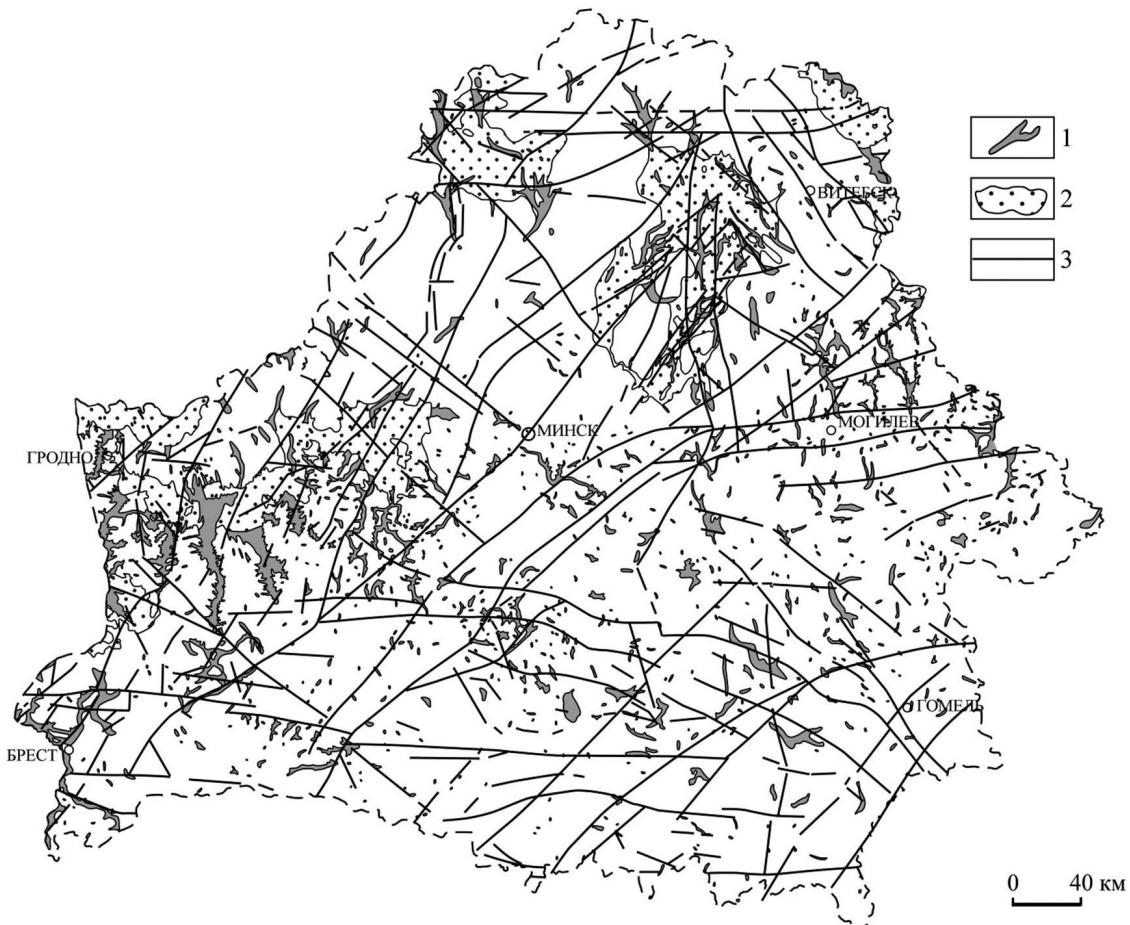


Рисунок 1. Соотношение ледниковых ложбин с разломными нарушениями, проявлявшими активность в четвертичное время (составлен с использованием материалов Матвеева А.В. [6])

1 – ледниковые ложбины; 2 – гляциодепрессии; 3 – активные разломы

ледниковых ложбин является их тесная связь с разновозрастными системами разломов консолидированной земной коры и платформенного чехла, активными в плейстоцене и в современное время [4].

Среди дизъюнктивов консолидированной земной коры ложбины унаследуют разломы СВ, субмеридионального и СЗ направлений (рис. 1). Активным разновозрастным системам платформенных разломов свойственны определенные системы ложбин и свои особенности соотношения, но чаще они регистрируются в герцинской и киммерийско-альпийской системах разломов. В большинстве случаев ложбины расположены над разломами ортогональной ориентировки.

По характеру пространственного соотношения ложбин с разломами выделяются тринадцать групп. Первая группа представлена системами одиночных форм, в которых ложбины расположены поперек разлома. Вторая группа включает ложбины, которые образуют линейные цепи и вытянуты вдоль разлома. В третью группу включены одиночные ложбины и линейные цепочки ложбин, расположенные вдоль центральной части разломной зоны. Четвертая группа объединяет ложбины, ориентированные диагонально направлению разлома. Пятая группа – это ложбины, которые прослеживаются вдоль разломной зоны у противоположных краевых разломов и соединяются ложбиной. К шестой группе отнесены ложбины, вытянутые параллельно разлому на небольшом от него расстоянии. Седьмая группа представлена ложбинами, совпадающими с направлением разломов и движения ледника. Восьмая группа объединяет извилистые ложбины и системы ложбин, расположенные продольно разлома на разных его крыльях. Девятая группа включает ложбины и их системы в зоне сочленения основного и опирающихся разломов. К десятой группе принадлежат ложбины в зонах Т-образного сочленения

разломов, а к одиннадцатой – в зонах крестообразного пересечения магистральных разломов. Двенадцатая группа объединяет ложбины, которые тяготеют к узлам пересечения двух и более разломов. Последняя группа характеризуются сетчатым рисунком. В Беларуси доминируют пространственные соотношения ложбин с разломами первой, шестой, седьмой и двенадцатой групп.

Главные типы соотношения ледниковых ложбин с разломами, установленные в геологических разрезах, сведены к восьми формам. Первая – ложбины в грабенообразной структуре, вторая – ложбины над приподнятым крылом разлома, третья – ложбины над разломом без смещения слоистости, четвертая – ложбины в замковой части отраженной антиклинальной складки, пятая – ложбины на перегибе флексуры, шестая – ложбины над горстообразной структурой, седьмая – ложбины в пределах сброса (взброса) и восьмая форма – ложбины у разлома над опущенным крылом.

Таким образом, активные разломы являются непосредственным фактором локализации значительной части ледниковых ложбин и обусловленности основных особенностей их морфологии и характера геологического строения.

Список литературы

1. Гарецкий, Р.Г. Разломы консолидированной литосферы Беларуси по геофизическим данным / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Карагаев, И.В. Данкевич // Літасфера. – 2005. – № 2 (23). – С. 102–113.
2. Гарецкий, Р.Г. Эколо-тектонофизическая среда Беларуси / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Карагаев. – Минск: Беларуская навука, 2015. – 175 с.
3. Карабанов, А.К. Неотектоника и неогеодинамика запада Восточно-Европейской платформы / А.К. Карабанов, Р.Г. Гарецкий, Р.Е. Айзберг. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 183 с.
4. Комаровский, М.Е. Палеоложбины Белорусского Поозерья / М.Е. Комаровский. – Минск: БГУ, 2009. – 183 с.
5. Левков, Э.А. Гляциотектоника / Э.А. Левков. – Минск: Наука и техника, 1980. – 280 с.
6. Матвеев, А.В. Активизация разрывных нарушений на территории Беларуси в четвертичное время / А.В. Матвеев // Літасфера. – 2014. – № 1 (40). – С. 43–49.
7. Матвеев, А.В. История формирования рельефа Белоруссии / А.В. Матвеев. – Минск: Наука и техника, 1990. – 144 с.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И КЛИНЦОВСКОГО ГРАБЕНА

С.А. Кручек, В.Ю. Обуховская, Т.Ф. Саченко

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: Kruchek@geology.org.by; Veronikaobukhovskaya@yandex.ru; Sachanka@geology.org.by

Приводится характеристика отложений франского яруса Гомельской структурной перемычки и Клинцовского грабена, представленных в объеме желонского, саргаевского, семилукского и речицкого горизонтов. Они охарактеризованы комплексами миоспор и брахиопод, что позволяет провести их корреляцию с одновозрастными образованиями смежных территорий и быть использованными при проведении геологической съемки.

Ключевые слова: Беларусь, девон, фран, горизонт, слои, свита, зона, лона, брахиоподы, миоспоры.

BIOSTRATIGRAPHIC CHARACTERISTIC OF THE FRASNIAN DEPOSITS OF GOMEL STRUCTURAL BRIDGE AND KLINTSY GRABEN

S.A. Kruchek, V.Yu. Obukhovskaya, T.F. Sachanka

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

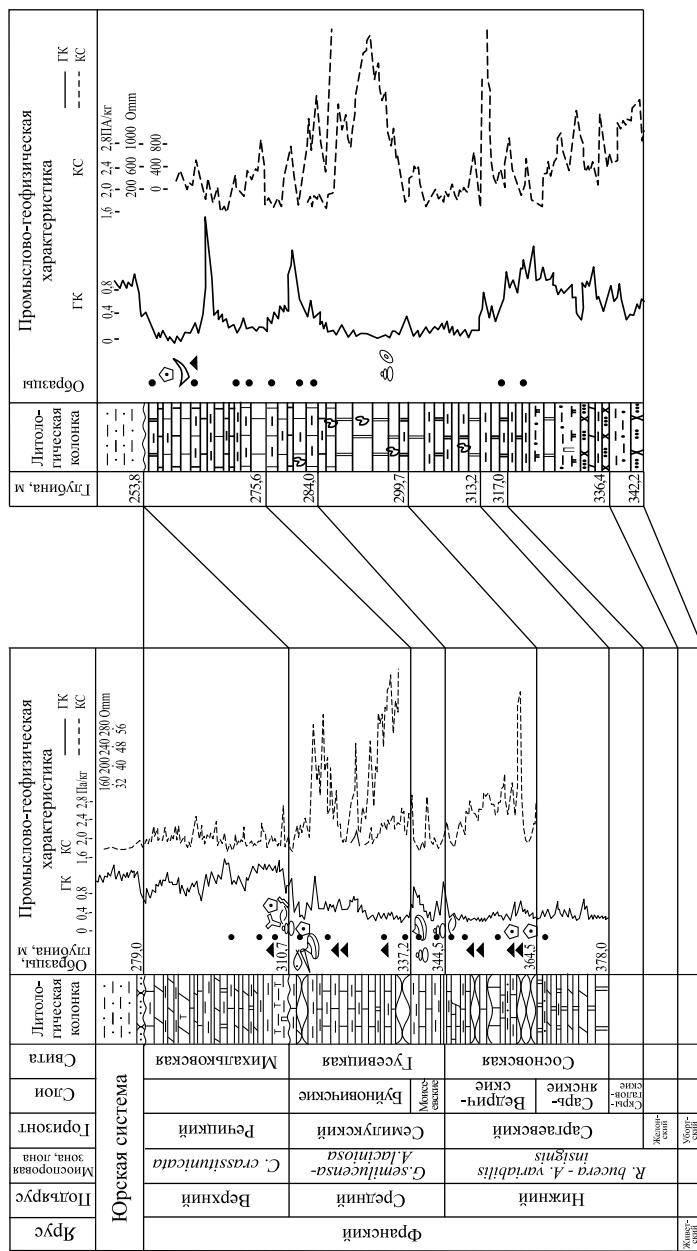
The characteristic of the deposits of the Frasnian stage of Gomel structural bridge and Klintsy graben represented in volume of Zhelon, Sargayev, Semiluki and Rechitsa horizons is given. They are characterized by complexes of miospores and brachiopods. It allows correlating them with formations of the same age of adjacent territories and be used during geological mapping.

Keywords: Belarus, Devonian, Frasnian, horizon, beds, formation, zone, lone, brachiopods, miospores.

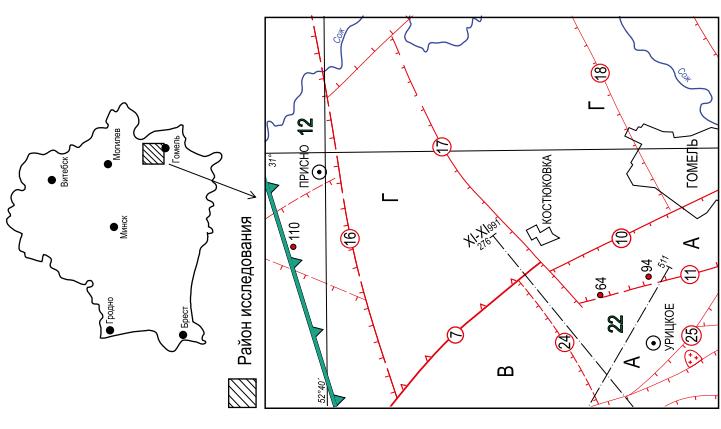
В последнее время в связи с проведением параметрического бурения и глубинного геологического картирования в пределах юго-восточной части Беларуси, включающей Гомельскую структурную перемычку и западный склон Воронежской антеклизы, весьма актуальным является составление типовых биостратиграфических разрезов. В их составе выделяются палеонтологически обоснованные стратиграфические подразделения как региональные (горизонт, слои), так и местные (свита, лона), вошедшие в новую стратиграфическую схему девонских отложений Беларуси 2010 года [1]. В качестве примера такого подхода авторы данного сообщения взяли достаточно полно палеонтологически охарактеризованные разрезы франского яруса Гомельской структурной перемычки (скважины Уваровичи 64 и 94 Урицкого блока) и западного склона Воронежской антеклизы (скв. Уваровичи 110 Присновского блока Клинцовского грабена), разделенных Гомельским субрегиональным разломом. При этом как для перемычки, так и для грабена характерно наличие серии региональных и локальных тектонических нарушений, обусловивших их блоковое строение (рис. 1) [2; 3]. Следует также отметить проявление здесь (Урицкий блок) активной вулкано-магматической деятельности, и, как следствие, повлекший за собой различный литолого-фацевальный состав франских отложений исследуемой территории. Составленные типовые биостратиграфические разрезы представлены преимущественно нормально-осадочными образованиями, вулканические породы имеют в них ограниченное распространение (см. рис. 1).

Разрез франского яруса исследуемой территории начинается отложениями желонского горизонта (*свиты*) нижнефранского подъяруса, вскрытые скважинами 64 (инт. 280,0–300,0 м) на Урицком блоке и 110 (инт. 317,0–336,4 м) на Присновском блоке, залегающими без четко выраженного перерыва в осадконакоплении на глинисто-песчаных образованиях убортского горизонта (*свиты*) живетского яруса среднего девона. В скв. 94 эта часть разреза при бурении не была вскрыта. В отличие от убортских желонские отложения представлены более глинистым составом пород и четко выраженной ритмичностью разреза. Палеонтологически

CKB. 94



C_{KB}. 110



Выкопировка из «Структурной карты поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной пермьанки и сопредельных структур» [3] с упрощениями

А – Гомельская струйная пермька; В – Северо-Принятское плачо; Г – Клиновский грабен
22 – Урицкий блок; **12** – Присновский блок

 = глубинный суперрегиональный Пермско-азиатомы.

Сурожский

7 – Жлобинский региональный

– Гомельский субрегиональный

11 – Западно-Чёнковский субрегиональный

Локальные:

ГРУППА УЧЕНЫХ ПО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

6. *Monetari* *monetary* *monetary* *monetary* *monetary* *monetary* *monetary* *monetary*

ла: 8 — песчаник; 9 — глина доломитовая; 10 — глина опесчаненная; 11 — кавенозность;

14 – желваки водорослей; 15 – брахиоподы; 16 – криноиди; 17 – ихтиофауна; 18 – гастроподы;

планки; 21 — приводные панели; 22 — острокровы; 23 — образцы, отобранные на палеонтологический анализ;

Изучение языка
и языковедения

- Костюковский
- Южно-Веткинский
- Белицкий
- Южно-Урицкий
- – изученные разрезы скважин, вскрывших франкские отложения

горизонт охарактеризован только в скв. 110 (инт. 317,0–324,2 м) комплексом миоспор (определения Обуховской В.Ю.) нижней части зоны *Raistrickia bucera – Archaeozonotriletes variabilis insignis* [4; 5]. Кроме миоспор здесь встречаются створки конхострак («эстериевый» репер), а также раковинки беззамковых брахиопод (лингул), которые остаются пока не изученными.

Выше желонских залегают образования саргаевского горизонта (*сосновской свиты*) нижнефранского подъяруса, которые подразделяются на *скрыгаловские, сарьянские и ведрические слои*, имеющие как на Урицком блоке, так и Присновском блоке сходный литологический состав и палеонтологическую характеристику.

Скрыгаловские слои, соответствующие основанию горизонта, в скв. 64 (инт. 278,0–280,0 м) и скв. 110 (инт. 313,2–317,0 м) представлены глинистыми доломитами с прослойми мергелей и глин. В скв. 94 эта часть разреза горизонта также не вскрыта. Палеонтологически стратон охарактеризован в разрезе скв. 110 (инт. 313,2–317,0 м), где установлен комплекс миоспор верхней части зоны *Raistrickia bucera – Archaeozonotriletes variabilis insignis* [4; 5].

Залегающие выше *сарьянские слои* составляют среднюю часть горизонта. Они сложены доломитами скрытокристаллическими, буровато- и розовато-серыми, прослойми глинистыми, участками брекчиевидными и кавернозными, вскрытыми в скважинах 64 (инт. 266,0–280,0 м), 94 (инт. 364,5–378,0 м) и 110 (инт. 299,7–313,2 м). Из органических остатков в породах изученных разрезов присутствуют многочисленные фрагменты растительной ткани и единичные миоспоры вида *Geminospora parvibasilaria* (Naum.) Ву. Фрагменты макро- и микрофауны в разрезах этих скважин не обнаружены.

Ведрические слои, завершающие разрез саргаевского горизонта, несколько отличаются в изученных скважинах по вещественному составу. Так, в скв. 94 (инт. 344,5–364,5 м) они представлены известняками кристаллическими, прослойми брекчиевидными за счет частых пропластков и разнонаправленных прожилок зеленовато-серой глины. Из органических остатков здесь присутствуют фрагменты криноидей и раковины брахиопод, из которых установлены (определения Т.Ф. Саченко): *Ladogia meyendorfii* (Vern.), *Eleutherokomma novosibirica* (Toll), *Pseudoatrypa velikaja* (Nal.), *Variatrypa (Radiatrypa) tenuisulcata* (Wen.), *Ripidiorhynchus livonicus* (Buch.), *Cyrtospirifer* sp., *Devonoprotuctus cf. sericeus* (Buch.), *Corbicularia cracoviensis* (Balinski), характерные для саргаевского горизонта Припятского прогиба [6]. Миоспоры в этой скважине (инт. 344,5–355,5 м) также представлены видами верхней части зоны *Raistrickia bucera – Archaeozonotriletes variabilis insignis* [1; 4; 5]. Кроме миоспор здесь присутствует небольшое количество акритарх родов *Leiosphaeridia* (Eisenack) Downie et Sarjeant, *Gorgonisphaeridium* Staplin, Jansonius et Pocock, *Micrhystridium* Deff emended Downie et Sarjeant.

В отличие от скв. 94 Урицкого блока в скв. 110 (инт. 284,0–299,7 м) Присновского блока ведрические слои представлены органогенно-аккумулятивными образованиями, которые сложены в основном доломитами буровато-серыми, массивными, местами брекчиевидными, пористыми и кавернозными, в которых присутствуют желваки (онколиты) цианобионт и единичные крупные створки гастропод. В кровле слоев (инт. 284,0–285,0 м) наблюдается частое переслаивание тонкокристаллических и глинистых известняков, с прослоем (до 1 см) кероген-содержащей глины типа горючего сланца. Здесь же в породах ведрических слоев этого разреза определены единичные споры вида *Geminospora parvibasilaria* (Naum.) Ву., а также обильные акритархи родов *Gorgonisphaeridium* Staplin, Jansonius et Pocock, *Dictyotidium* Eisenack emended Staplin, *Deltotosoma* Staplin, *Leiosphaeridia* (Eisenack) Downie et Sarjeant, что является типичным для ведрических слоев Оршанской впадины и Припятского прогиба [4; 5].

В скв. 64 ведрические отложения отсутствуют, и здесь на сарьянских слоях несогласно, с размывом залегают вулканогенные образования, по-видимому, урицкой свиты позднефранского возраста [4].

Выше саргаевского горизонта, возможно, с кратковременным перерывом в осадконакоплении залегают отложения семилукского горизонта (*гусевицкой свиты*) среднефранского подъяруса, в составе которого выделяются *моисеевские и буйновические слои*. Они вскрыты на полную мощность в скв. 94 (инт. 310,7–344,5 м) и скв. 110 (инт. 253,8–284,0 м) и имеют несколько отличную от Припятского прогиба литологическую и палеонтологическую характеристику, что и обусловило выделение в этих разрезах *гусевицкой свиты* [7; 1].

Моисеевские слои, представляющие нижнюю часть горизонта, как в скв. 94 (инт. 337,2–344,5 м), так и в скв. 110 (инт. 275,6–284,0 м), сложены переслаиванием мергелей темно-серых; известняков светло-серых, кристаллических, прослойми темно-серых, глинистых, с пропластками зеленовато-серых и черных глин, и охарактеризованы миоспоровыми ассоциациями нижней части лоны *Geminospora semilucens* – *Ancyrospora laciniosa*, которая характеризуется устойчивым присутствием *Cristatisporites trivialis* (Naum.) Obuch. и *Geminospora semilucens* (Naum.) Obuch. et M. Rask.[5]. Палинокомплексы нижней части лоны, соответствующие *моисеевским слоям*, близки миоспоровым ассоциациям саргаевского горизонта Припятского прогиба, вследствие чего Обуховской Т.Г. эта часть семилукского горизонта включалась ранее в лону *A. variabilis insignis* [8].

Буйновские слои, отвечающие верхней части разреза горизонта, в скв. 94 (инт. 310,7–337,2 м) и 110 (инт. 253,8–275,6 м) представлены известняками глинистыми, светло-зелено-вато-серыми и коричневато-серыми, местами брекчииевидными, с прослойми глины сизой (белесой) и доломитов темно-бурых и серых, глинистых, плотных, очень крепких, с ядрами мелких брахиопод, лингулами, обломками рыб, криноидеями, отпечатками пелеципод и пиритизированными растительными остатками. Породы хорошо охарактеризованы палеонтологически. В скв. 110 (инт. 267,0–274,0 м) определены брахиоподы *Ilmenia* cf. *altovae* Nalivkin. Здесь же по всему разрезу присутствует комплекс миоспор верхней части лоны *Geminospora semilucens* – *Ancyrospora laciniosa*, который отличается растянутым во времени появлением видов: *Lophozonotriletes excisus* Naum., *Convolutispora subtilis* Owens, *Cristatisporites deliquescens* (Naum.) Archang. и большого количества крупных *Archaeozonotriletes variabilis* Naum.. Отложениями буйновских слоев завершается разрез франского яруса в скв. 110, на которых с размывом залегают породы юрской системы.

В скв. 94 разрез буйновских слоев более полный. Он содержит комплекс брахиопод, из которых определены: *Douvillinaria fischeri* (Verneuil), *Spinatrypa krylovae* Furssenko et Kovkhuto, «*Atrypa*» cf. *koloschka* Nalivkin, *Cyrtospirifer disjunctus* (Sowerby), *Productella issensis* Lyashenko, *Pseudoatrypa aff. uralica* (Nalivkin), *Ilmenia* cf. *altovae* Nalivkin, *Chonetes semilukianus* Lyashenko, *Cyrtospirifer schelonicus* Nalivkin, *Schizophoria striatula* (Schlotheim). Из миоспор присутствуют единичные экземпляры билатеральных *Archaeoperisaccus concinnus* Naum., а в верхней части разреза появляются единичные экземпляры *Perotrilites multus* Med. in litt. По всему разрезу лоны в миоспоровых ассоциациях абсолютно преобладают транзитные для франского яруса миоспоры рода *Geminospora* Balme, спорадически присутствуют унаследованные виды: *Chelinospora concinna* Allen, *C. timanica* (Naum.) Loboziak et Streel, *Sinuosporis vermiculatus* (Med. in litt.) V. Obuch. Кроме миоспор в отложениях семилукского горизонта присутствуют акритархи, представленные крупными тонкостенными лейосферами, реже – тасманитесами и мелкошиповатыми *Gorgonisphaeridium* sp. [4; 5].

Выше по разрезу в скв. 94 (инт. 279,0–310,7 м) образования семилукского горизонта перекрываются (см. рис. 1) с перерывом в осадконакоплении (седиментологическое несогласие) отложениями речицкого горизонта (*михальковской свиты*) верхнефранского подъяруса. Здесь, в основании горизонта залегают пестроцветные глины с включениями переотложенных обломков светло-серого семилукского известняка, с остатками криноидей, гастропод, мшанок, пелеципод, остракод, червей, рыб, раковин брахиопод вида *Tenticospirifer tenticulum* (Verneuil). Еще выше следуют пестроцветные глины, зеленовато-серые мергели, переходящие в глинистые известняки, в которых наблюдаются прослои туфогенных пород бурого цвета. Такой вулканогенно-осадочный тип разреза речицкого горизонта в данной скважине близок к разрезам *михальковской свиты* восточных районов Припятского прогиба [7] и Северо-Припятского плеча [4], а также скв. Чёнки 2 (инт. 496,0–565,0 м) Чёнковского блока Гомельской структурной перемычки [3; 9]. Комплекс миоспор, характеризующий отложения речицкого возраста скв. 94 (инт. 289,2–290,4 м), содержит виды, руководящие и характерные для лоны *Convolutispora crassitunicata* [4]. На образованиях речицкого горизонта этой скважины с крупным стратиграфическим несогласием залегают породы юрской системы.

В заключение отметим, что сравнение типовых биостратиграфических разрезов франского яруса скважин Урицкого блока Гомельской структурной перемычки и Присновского

блока Клинцовского грабена западного склона Воронежской антеклизы показало, что они имеют много общего в их литологической и палеонтологической характеристики. Но есть и различия в их строении:

– во-первых, эти типовые биостратиграфические разрезы отличаются по полноте – наиболее полные из них, включающие отложения всех трех подъярусов франа присутствуют в пределах Гомельской структурной перемычки, в то время как в Клинцовском грабене они имеют ограниченное распространение и представлены образованиями нижнего и среднего, реже верхнего подъярусов или отсутствуют вовсе;

– во-вторых, типовые биостратиграфические разрезы частично различаются и по вещественному составу слагающих пород – на Гомельской структурной перемычке в строении верхнефранских отложений наряду с осадочными породами существенная роль принадлежит вулкано-магматическим образованиям, а в Клинцовском грабене верхнефранские вулканиты практически отсутствуют;

– в-третьих, в разрезе скв. 110 Клинцовского грабена в ведрических слоях саргаевского горизонта присутствуют органогенно-аккумулятивные образования возможной органогенной постройки, в то время как в скв. 94 такие отложения не установлены.

Результаты биостратиграфических исследований типовых разрезов франского яруса указанных выше тектонических структур будут использованы при изучении девонских отложений скважин параметрического бурения и глубинного геологического картирования, а также при проведении крупномасштабной съемки и поисковых работ на полезные ископаемые на данной территории.

Список литературы

1. Обуховская, Т.Г. Девонская система / Т.Г. Обуховская, С.А. Кручек, В.И. Пушкин [и др.] // Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларусь: Объяснительная записка / С.А. Кручек, А.В. Матвеев, Т.В. Якубовская и др. – Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. – С. 98–114.
2. Толстошев, В.И. Геологическое строение отложений франского яруса верхнего девона Северо-Припятского плеча и сопредельных структур / В.И. Толстошев, С.А. Кручек, И.Д. Кудрявец, М.Г. Левый // Літасфера. – 2015. – № 2 (43). – С. 76–99.
3. Гарецкий, Р.Г. Структура поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной перемычки и сопредельных структур / Р.Г. Гарецкий [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 19–29.
4. Обуховская, В.Ю. Стратиграфия франских отложений восточной части Северо-Припятского плеча и сопредельных структур / В.Ю. Обуховская, Т.Ф. Саченко, С.А. Кручек // Літасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 29–39.
5. Обуховская, В.Ю. Палинология нижне-среднефранских отложений юго-востока Беларусь / В.Ю. Обуховская // Літасфера. – 2017. – № 2 (47). – С. 43–70.
6. Саченко, Т.Ф. Биостратиграфическая характеристика саргаевского горизонта (нижне-франский подъярус) Припятского прогиба / Т.Ф. Саченко, В.И. Пушкин // Стратиграфия и палеонтология геологических формаций Беларусь. – Минск: БелНИГРИ, 2003. – С. 271–272.
7. Обуховская, Т.Г. Стратиграфическая схема девонских отложений Беларусь / Т.Г. Обуховская, С.А. Кручек, В.И. Пушкин и др. // Літасфера. – 2005. – № 2 (22). – С. 69–88.
8. 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.
9. Кручек, С.А. О возрасте и этапах проявления девонского вулканизма в Северо-Припятской области Беларусь в связи с поисками алмазоносных структур / С.А. Кручек, В.Ю. Обуховская // Анализ современного состояния и направление дальнейших геологоразведочных работ на алмазы в Беларусь: материалы научно-практического совещания. Минск, 14–16 сентября 2005 г. – Минск: БелНИГРИ, 2005. – С. 49–53.

ЛАГУНА В МОРЕ

А.В. Кудельский

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
e-mail: kudelsky@bk.ru

Этот краткий очерк посвящается светлой памяти одного из крупнейших геологов академика Александра Семёновича Махнача, интеллекту и многолетним исследованиям которого Республика Беларусь во многом обязана знанием о своей геологической структуре и полезных ископаемых в своих недрах. Для суверенного государства это очень важно и необходимо.

Ключевые слова: Припятский палеорифт, девон, «лагуна в море».

LAGOON IN THE SEA

A.V. Kudelsky

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

This short essay is dedicated to the bright memory of one of the largest geologists, academician Alexander Semenovich Makhnach, whose intelligence and long-term studies the Republic of Belarus owes much to Knowledge of its geological structure and minerals in its bowels. This is very important and necessary for a sovereign state.

Keywords: Pripyat paleorift, Devonian, «lagoon in the sea».

Изучая горные породы и многое другое геологи хорошо знают, что, где и когда было: аридный климат и пустыни; общее похолодание и оледенения; гумидный климат и болота; дремучие леса и мангры на побережьях теплых морей... Более 370 миллионов лет назад или около того, в позднешигровское время позднего девона (саргаевское время по новой стратиграфической шкале) на территории современного Припятского прогиба в Гомельской области плескалось неглубокое море. В одном месте оно было мельче мелкого и чуть теплее и солоноватее морских вод вокруг. И если бы мы с вами могли присутствовать в то время и в том месте, мы бы обратили внимание, что и поднятия морского дна, большая солоноватость и температура воды носили почему-то кольцевой характер – ну, точь-в-точь, как это бывает в лагунах с пальмами. Нет-нет, мы бы этого не заметили, под водой не видно.

Заметили это выдающиеся белорусские геологи Голубцов Василий Кузьмич и Махнач Александр Семёнович [2]. Они обратили внимание на близкий к кольцевому характер распространения саргаевских доломитов $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ в центре современного Припятского прогиба. По сравнению с чистыми известняками (кальцит CaCO_3) доломиты выпадают в осадок на большем мелководье и чуть-чуть в более теплых ($>30^\circ\text{C}$) и солоноватых морских водах, чем известняки. «Концентрация солей в этой морской лагуне значительно выше, чем в окружающем ее море, что и приводило к накоплению здесь доломитов и ангидритов. Образование осолоненной лагуны внутри моря нормальной или почти нормальной солености следует, по-видимому, связывать с очень малыми глубинами моря..., что объясняется, вероятно, приподнятостью этой части современной территории Припятского прогиба по отношению к более погруженным и мобильным участкам (Слуцко-Старобинский, Петриковско-Шестовичский и Наровлянский) [2, с. 60].

Цитированное здесь мнение авторов [2] о природе феномена «лагуна в море» заслуживает специального комментария. Несомненно, формирование столь мощной аномалии в составе вод открытого моря и локальном тепловом режиме обязано своим происхождением проявлению высоконапорного мантийно-нижнекорового глубинного потока тепловой энергии и вещества. При этом, справедливо ради, следует заметить, что впервые столь явный эффект мантийно-нижнекорового воздействия на общую геолого-геохимическую обстановку в Припятском палеорифте начал проявляться с витебского времени раннего девона (что на 15–20 миллионов лет раньше позднешигровского датирования), когда в составе адревско-наровских

отложений фиксируются доломиты, ангидриты (CaSO_4) и пласт каменной соли (NaCl) мощностью до 16 м [5]. Однако это обстоятельство нисколько не умаляет ни огромного научного значения фундаментального исследования Голубцова В.К. и Махнacha А.С. [2] в целом, ни тех научных акцентов, которые были расставлены ими на очень странном феномене «лагуна в море». Именно удивление от той нелепости, которая, казалось бы, проглядывала за попытками крупных ученых объяснить существование в открытом море ничем не ограниченной локальной гидрохимической и тепловой аномалии, составило проблему, многолетние размышления над которой привели к установлению генезиса мощных толщ каменной и калийной солей Припятского прогиба [5]. Знание же происхождения любого полезного ископаемого – это всегда ключ к познанию его распространения в геологической среде, оценке ресурсов и управлению его добычей.

Геология – это наука о планете Земля, ее происхождении, структуре, физико-химическом составе и общей астрофизической эволюции, обеспечивающей существование жизни в нашей крохотной части космического пространства. Неудивительно, что геология – одна из сложнейших многоотраслевых наук, а ученые-геологи часто представляют разные геологические направления: геофизику и тектонику, литологию и литогеохимию, палеонтологию и стратиграфию, геохимию и вулканологию, гидрогеологию и гидроэкологию, а также множество других, здесь не поименованных научных направлений. В пятидесятые-восьмидесятые годы прошлого столетия – на пике развития геологических наук и геологоразведочных работ в Беларуси, белорусскими геологами открыты промышленная нефть и калийные соли Припятского прогиба, создана отечественная база стройматериалов (пески, глины, мел, щебень, гравийное и цементное сырье и др.), обеспечена лечебными минеральными водами санаторно-курортная служба реабилитации населения страны. Все это стало возможным в результате оригинальных и обобщающих многолетних геологических исследований в области тектоники и истории формирования крупных геологических структур, литологии и геохимии горных пород, палеонтологии и стратиграфии, гидрогеологии, петрологии и вулканологии и др. За всеми этими достижениями просматривается огромный труд не только сотрудников геологической службы страны, но и крупнейших ученых Академии наук, таких как академики Лукашев К.И., Богомолов Г.В., Махнach А.С., Гарецкий Р.Г., член-корр. Айзберг Р.Е. и др. От их мнения зависели не только полнота геологических знаний, но часто и экономическое развитие страны. Так, например, когда стал вопрос о стоимости геолого-поисковых буровых работ на нефть в Припятском прогибе, группа псевдопатриотов обратилась в правительство с требованием прекратить это «бесплодное закапывание денег». И только мнение академиков Лукашева К.И., Богомолова Г.В. и Махнacha А.С. позволило продолжить работы по поиску нефтяных залежей и поставить в конце концов Республику Беларусь в число нефтедобывающих стран.

Как показывает мировой опыт, за каждым открытием – большим или не совсем, стоит огромный труд. У Махнacha Александра Семёновича – это изучение литологии и геохимии верхнего протерозоя, девона, нижнего палеозоя; фациальный и формационный анализ; тектоника и полезные ископаемые (нефти, минеральные соли, железные руды и др.); кристаллический фундамент и развитые на нем коры выветривания; вулканизм. Именно вулканизму посвящено совершенно блестящее исследование академика Махнacha А.С. [3] в соавторстве со своим учеником Корзуном В.П., который еще будучи молодым научным сотрудником установил в разрезе вулканитов Борщевской площади туфы альбитизированных трахитов и сильно хлоритизированных пород спилитового облика, отнесенных им к кератоспилитам [4].

Для автора настоящей статьи исследования Махнacha А.С. и Корзуна В.П. интересны тем, что ими впервые установлено следующее.

1. Начало позднефранского этапа вулканической деятельности и начало этапа мощного соленакопления в Припятском палеорифте совпадают. Завершение позднефранского вулканизма и позднефранского соленакопления также произошло практически одновременно.

2. В породах спилито-кератофировой формации отмечено повышенное содержание суммы щелочей (в среднем 11,6 %) при относительно высоком содержании K_2O (5,3 %). По мнению Корзуна В.П., подобные породы могли сформироваться лишь при наличии «глубоких разломов, достигающих очагов магмы в симатическом или сиалическом слое земной коры» [4].

Структура образующегося в результате подводных извержений спилита сформирована из узких и длинных пластин (лейст) альбитизированного плагиоклаза, массы солей и рудного материала, что свидетельствует о единстве вулканизма и глубинного галогенеза в Припятском палеорифте и, больше того, допускает глубинный **настообразный** вынос соли NaCl по профилю верхняя мантия – осадочный слой литосферы. Это указывает на глубинное вулканогенно-осадочное происхождение солевых толщ в Припятском палеорифте [5].

Поражает высокий уровень и, скажем так, международная «злободневность» геологических исследований академика Махнача А.С. и его сотрудников. Так, в том же 1977 году, когда вышла в свет книга, посвященная вулканизму во внутреннем континентальном Припятском палеорифте [3], публикуется интереснейшая работа Логачева Н.А. [6], в которой рассматриваются вулканогенные и осадочные образования современных внутри- и межконтинентальных рифтовых зон Восточной Африки. Логачев Н.А. разделяет, как и авторы [3], идею Шейнмана Ю.М. (1959) о гетерогенности мантии по глубине и существовании во внутреннем континентальном рифтах условий для формирования особой щелочно-ультраосновной магмы. Так же, как Махнач А.С. и Корзун В.П., Логачев Н.А. полагает, что вся совокупность подкоровых магм материков в виде вертикального ряда глубинности выглядит следующим образом: кимберлитовая > щелочно-ультраосновная (с карбонатитами) > оливин-базальтовая > толеитовая.

Публикацию «Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятского прогиба» Александр Семенович признал одной из лучших своих работ в соавторстве. А всего в списке его работ более 400 научных трудов и, в том числе, 30 монографий. Это просто невероятно, если помнить о том, что академик Махнач А.С. был еще организатором науки и общественным деятелем. С 1969 по 1986 год он – главный ученый секретарь, вице-президент и первый вице-президент АН БССР, в 1971–1990 гг. – депутат и член Президиума Верховного Совета БССР. Но, самое главное, с 1955 по 1989 год он был заведующим созданной им лабораторией литологии и геохимии. Можно еще перечислять и перечислять его должности и обязанности – мешает мучительный вопрос без ответа: где человек брал время и силы? Или он и был той самой «лагуной в море», чья жизнь зависела от передачи тепла и энергии с глубин нашей геологической мантии?

Нет ответа... Но есть две книги [1, 7], которые он, мудрый человек, оставил нам, своим ученикам и последователям, и в которых сохранена вся геология Беларуси.

Список литературы

1. Геология Беларуси / Ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. Голубцов, В.К. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое / В.К. Голубцов, А.С. Махнач. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 183 с.
3. Корзун, В.П. Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины / В.П. Корзун, А.С. Махнач. – Минск: Наука и техника, 1977. – 162 с.
4. Корзун, В.П. О верхнедевонских вулканогенных образованиях района Борщевки / В.П. Корзун // Мат-лы первой научной конференции молодых геологов Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1965. – С. 74–76.
5. Кудельский, А.В. Эксгальвационно-осадочный галогенез в Припятском внутреннем континентальном палеорифте / А.В. Кудельский // Літасфера. – 2017. – № 2 (47). – С. 8–31.
6. Логачев, Н.А. Вулканогенные и осадочные формации рифтовых зон Восточной Африки / Н.А. Логачев. – Минск: Наука, 1977. – 183 с.
7. Основы геологии Беларуси / Под общ. ред. А.С. Махнача [и др.]. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2004. – 392 с.

О БИОГЕННОЙ ПРИРОДЕ КАРБОНАТОВ МАРГАНЦА КАРСТОВЫХ ДЕПРЕССИЙ ПОРОЖИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ): ИЗОТОПНЫЕ ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

В.Н. Кулешов¹, Е.А. Жегалло²

¹Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: vnkuleshov@mail.ru

²Палеонтологический институт РАН, Москва, Россия

Карбонаты марганца карстовых депрессий Порожинской группы месторождений марганца (Енисейский кряж) имеют биогенно-метасоматическое происхождение, характеризуются легким изотопным составом углерода и кислорода ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$: $-14,6 \dots -9,5 \text{ ‰}$ и $18,8 \dots 22,1 \text{ ‰}$, соответственно), образованы в экзогенных условиях при активном участии изотопно-легких метеорных вод и окисленного C_{org} . Обнаружены минерализованные остатки микробиальной природы.

Ключевые слова: геохимия изотопов, углерод, кислород, карбонаты марганца, карст, микробиальные остатки, Енисейский кряж.

ABOUT BIOGENIC ORIGIN OF MANGANESE CARBONATES FROM KARST DEPRESSIONS OF THE POROZHINSKOYE DEPOSIT (YENISEI RIDGE): ISOTOPIC ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) AND STRUCTURE FEATURES

V.N. Kuleshov¹, E.A. Zhegallo²

¹ Geological Institute of RAS, Moscow, Russia

²Paleontological Institute of RAS, Moscow, Russia

Manganese carbonates from karst depressions of the Porozhinskoye group manganese deposits (the Yenisei Ridge) have biogenic and metasomatic origin, are characterized by a light isotope composition of carbon and oxygen ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$: $-14,6 \dots -9,5 \text{ ‰}$ and $18,8 \dots 22,1 \text{ ‰}$, respectively), were formed under exogenous conditions with the active participation of isotopically light meteoric waters and oxidized C_{org} . Mineralized remains of a microbial nature are found.

Keywords: isotope geochemistry, carbon, oxygen, manganese carbonates, karst, microbial remains, Yenisei Ridge.

Порожинское месторождение марганца находится на юге Туруханского района Красноярского края в северо-западной части Енисейского кряжа, в 650 км на север от Красноярска. В геологическом отношении оно расположено в пределах Вороговского прогиба неопротерозойского заложения [1–2, 4, 6].

Первичные карбонатные марганцевые руды приурочены к верхнеподъемской подсвите верхнего протерозоя. На Порожинской площади она представлена ритмично-слоистым туфогенным и терригенным материалом: алевролитами, аргиллитами, песчаниками, туфосилицитами, туфофтанитами, кремнистыми туфоалевролитами; в подчиненном количестве присутствуют мергели, доломиты и известняки.

Мезозойско-кайнозойские континентальные образования представлены плоскими корами выветривания (юра-палеоген), с которыми связывается начало формирования оксидных марганцевых руд. С образованиями этого подкомплекса связаны промышленные скопления оксидных и, частично, карбонатных марганцевых руд, как полагают [3, 5, 7], остаточно-инфильрационного генезиса.

Карбонатное омарганцевание проявлено в метасоматическом замещении доломита родохрозитом и манганокальцитом без изменения форм замещаемых зерен, а также в развитии прожилков и гнезд родохрозита. Процесс этот вторичный, обусловлен инфильтрацией обогащенных марганцем подземных вод через трещиноватые кавернозные доломиты и метасоматозом последних с образованием гипергенного родохрозита и манганокальцита.

В строении крупных рудных тел принимают участие преимущественно оксидные (97 %) и отчасти карбонатные руды (3 %).

Нами были изучены представительные пробы из керна куста разведочных скважин (скв. 2п) Порожинского участка, технологических проб профиля 110 и пробы ТП-1-4 Мохового участка.

Полученные данные по изотопному составу углерода и кислорода приведены на графике (рис. 1). Из них следует, что родохрозитам из карстовой депрессии Порожинского участка свойственны наиболее низкие значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ ($-14,6 \dots -9,5 \text{ ‰}$ и $18,8 \dots 22,1 \text{ ‰}$, соответственно), в то время как вмещающие доломиты, в том числе и со значительными концентрациями марганца (до 6,10 %) характеризуются более тяжелым изотопным составом углерода ($-1,9 \dots 2,0 \text{ ‰}$) и кислорода ($23,3 \dots 27,7 \text{ ‰}$).

Низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ в родохрозитах свидетельствует о преобладающем присутствии в их составе окисленного углерода органического вещества ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}} = -25 \dots -30 \text{ ‰}$).

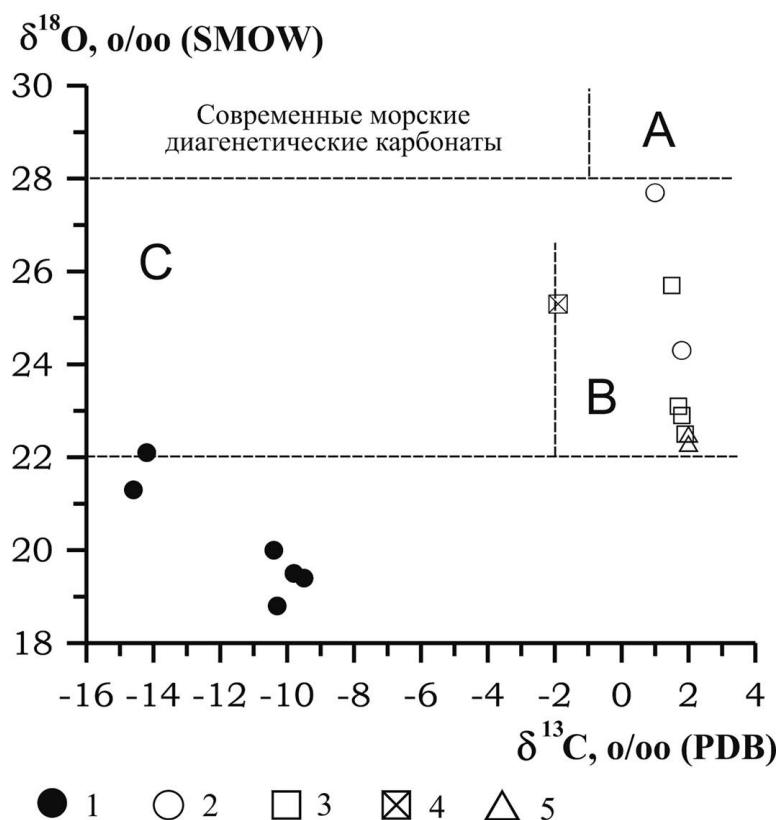


Рисунок 1. $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в карбонатах Порожинского месторождения марганца (Енисейский кряж, Красноярский край)

А – область современных осадочных морских карбонатов, Б – предполагаемая область позднедокембрийских-раннепалеозойских осадочных морских карбонатов, С – предполагаемая область позднедокембрийских-раннепалеозойских диагенетических морских карбонатов. 1–2 – Порожинский участок: 1 – карбонатные марганцевые руды, 2 – вмещающие доломиты; 3–5 – доломиты, Моховой участок: 3 – профиль 110; 4 – технологическая пробы ТП-1-4; 5 – профиль 11012

Хорошо известно, что участие изотопно-легкого окисленного углерода ОВ в процессе рудогенеза приводит к первичной концентрации марганца в форме карбонатов. Это является одной из главных закономерностей образования месторождений карбонатных марганцевых руд и выражается в обратной зависимости содержания MnO в породе и величин $\delta^{13}\text{C}$. Это же наблюдается и в изученных Mn-карбонатах карстовой депрессии Порожинского участка: пробы с наиболее высокими содержаниями марганца характеризуются наиболее низкими значениями $\delta^{13}\text{C}$ (рис. 2).

Биогенная природа родохрозитов карстовых депрессий Порожинского месторождения подтверждается также и наблюдениями под сканирующим электронным микроскопом.

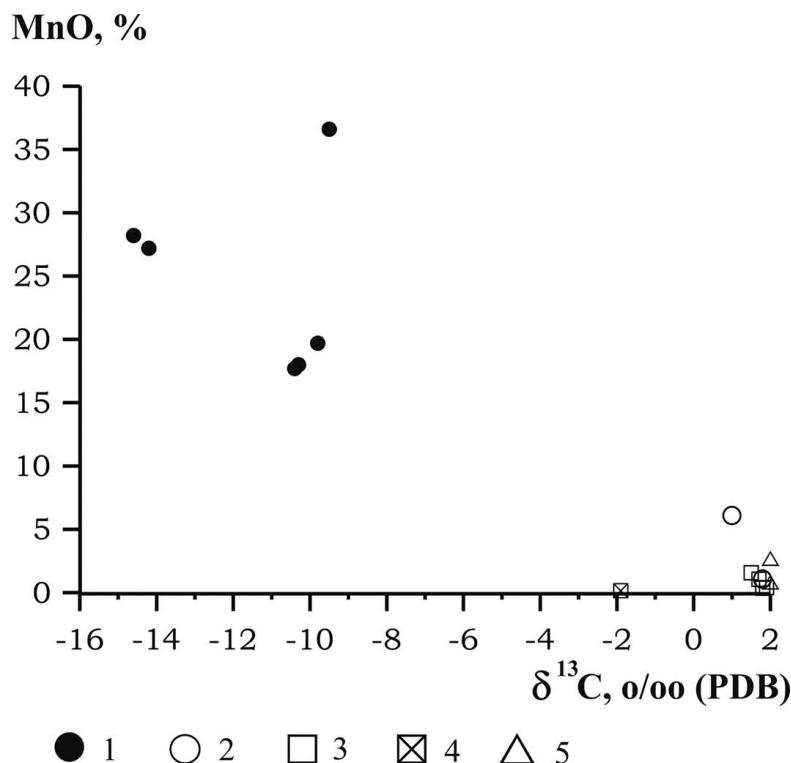


Рисунок 2. Зависимость величин $\delta^{13}\text{C}$ от содержания MnO в породах и рудах Порожинского месторождения марганца (условные обозначения см. на рис. 1)

Практически по всех изученных пробах рудохрозитов и оксидов марганца присутствуют хорошо сохранившиеся микробиальные минерализованные остатки (рис. 3).

Работа выполнена при финансовой поддержке Госпрограммы № 0135-2018-0045 (ППРАН № 48) и грантов РФФИ: № 16-04-00758 и № 17-04-00324.

Список литературы

- Головко, В.А. Марганценосность докембрия Енисейского кряжа / В.А. Головко, М.М. Мстиславский, В.Х Наседкина и др // Геология и геохимия марганца. – М.: Наука, 1982. – С. 94–104.
- Горшков, Г.В. Порожинское месторождение марганцевых руд / Г.В. Горшков // Отечественная геология. – 1994. – № 10. – С. 58–61.
- Мкртычьян, А.К. Марганценосность Енисейского кряжа / А.К. Мкртычьян, Р.А. Цыкин, Ю.В. Саваньяк // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 205–210.
- Мстиславский, М.М. Порожинское месторождение марганца в Енисейском кряже / М.М. Мстиславский, Н.И. Потконен Н.И. // Геология рудных месторождений. – 1990. – № 3. – С. 82–95.
- Цыкин, Р.А. Особенности мезозойско-кайнозойского гипергенеза в марганцево-рудном Порожинском районе (Енисейский кряж) / Р.А. Цыкин // Геология рудных месторождений. – 1992. – Т. 34, № 5. – С. 73–79.
- Цыкин, Р.А. Порожинский марганценосный узел: монография / Р.А. Цыкин, Л.И. Свиридов. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 108 с.
- Цыкин, Р.А. Марганцевые руды месторождения Моховое (енисейский кряж) / Р.А. Цыкин, Л.И. Свиридов, Л.П. Костененко // Геология рудных месторождений. – 1987. – № 1. – С. 112–117.

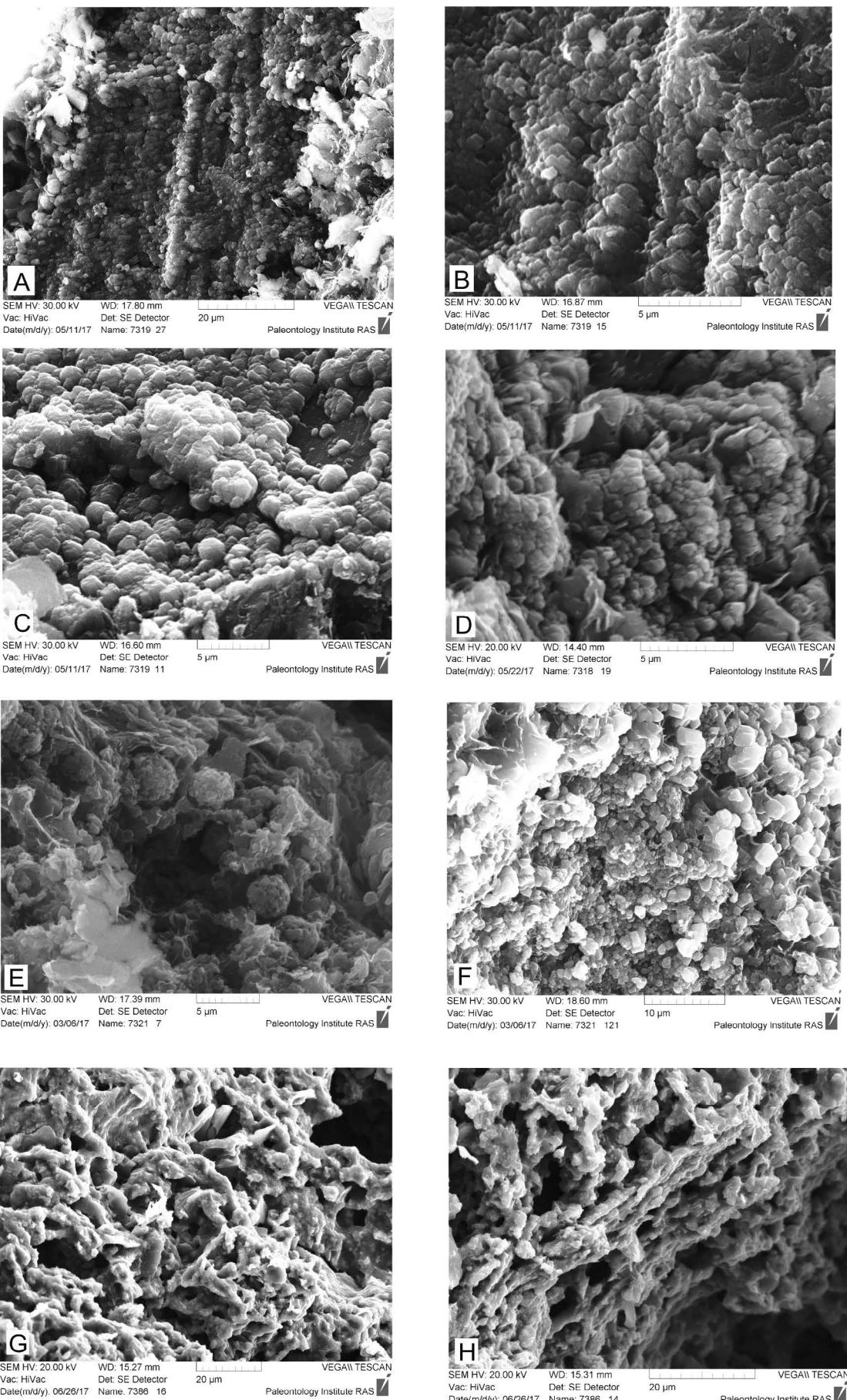


Рисунок 3. Фотографии под сканирующим электронным микроскопом карбонатных (А–Д), песчано-карбонатных (Е–Ф) и оксидных (Г–Н) руд марганца Порожинского месторождения

**ИЗОТОПНЫЕ ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТОВ
ИЗ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В БЛИЗИ ГРАНИЦЫ ПЕРМИ И ТРИАСА
НА СЕВЕРЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

В.Н. Кулешов, М.П. Арефьев

Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: vnkuleshov@mail.ru

В педогенных карбонатах верхневятского подъяруса вблизи границы перми и триаса на севере Восточно-Европейской платформы фиксируется изотопное смещение в сторону отрицательных величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$. Это вызвано, наиболее вероятно, потеплением и гумидизацией климата.

Ключевые слова: геохимия изотопов, углерод, кислород, педогенные карбонаты, пермь, триас.

**ISOTOPIC ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) PECULIARITIES OF CARBONATES FROM CONTINENTAL
DEPOSITS NEAR PERMIAN-TRIASSIC BOUNDARY WITHIN THE NORTH
OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM**

V.N. Kuleshov, M.P. Aref'ev

Geological Institute of RAS, Moscow, Russia

Negative $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ shifts are recorded in the pedogenic carbonates of the Upper Vyatkian substage near the Permian-Triassic boundary within the north of the East-European Platform. This is most likely caused by the warming and humidization of the climate.

Keywords: isotope geochemistry, carbon, oxygen, pedogenic carbonates, Permian, Triassic.

Граница перми и триаса отмечена крупнейшим в фанерозое экологическим кризисом, во время которого на Земле исчезло более 80 % родов морских животных [5]. Более чем в 100 морских разрезах в переходных толщах от перми к триасу в осадочных карбонатах установлена отрицательная аномалия изотопного состава углерода. Эта аномалия является важным стратиграфическим маркером, указывающим на пик биотического события. Предполагается, что она отражает обеднение системы атмосфера-океан тяжелым изотопом ^{13}C вследствие уменьшения биопродуктивности и (или) скорости захоронения органического вещества в осадках [3, 5]. Наиболее вероятной причиной биотического кризиса считается глобальное потепление.

Можно полагать, что изменение изотопного состава CO_2 атмосферы на границе перми и триаса должно было отразиться и в изотопном составе карбонатов в континентальных отложениях, которые широко развиты в пределах Восточно-Европейской платформы.

Для выяснения палеоэкологической обстановки формирования континентальных образований нами был изучен изотопный состав углерода и кислорода в различных генетических типах карбонатов (педогенные, осадочные и органогенные), отобранных на обширной территории Московской синеклизы: от бассейна р. Вятки на востоке до Верхнего Поволжья на западе и до бассейнов рек Сухона и Юг на севере.

Наиболее представительные разрезы переходных толщ перми и триаса расположены на севере изученной площади (бассейны рек Сухона и Юг). Здесь континентальные отложения относятся к вятскому ярусу пермской системы и индскому и оленекскому ярусам триаса Общей Стратиграфической шкалы России [1].

Карбонаты в изученных континентальных отложениях представлены преимущественно педогенными (почвенными) образованиями в виде нодулей. Кроме этого, в некоторых разрезах в значительном количестве присутствуют озерные карбонаты осадочного генезиса. Карбонатное вещество органогенного происхождения изучено по створкам остракод, раковинам и створкам моллюсков.

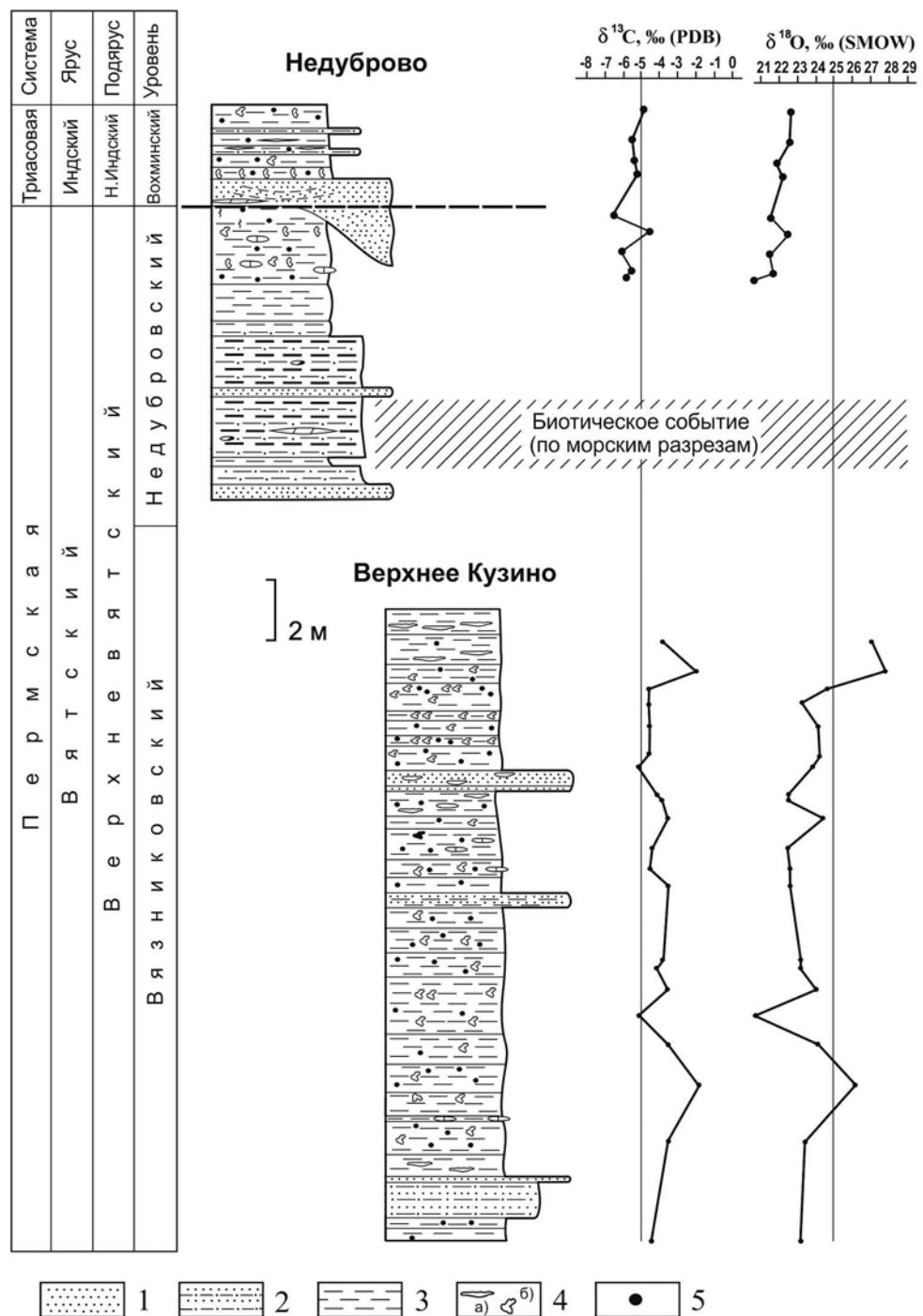


Рисунок 1. Распределение величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в педогенных карбонатах обнажений Недуброво и Верхнее Кузино

1 – пески; 2 – глинистые пески; 3 – глины; 4 – глеевые пятна: а) – линзовидные, б) – изометрические; 4 – почвенные карбонатные нодулы

Общий разброс значений $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в карбонатах изученных разрезов, представленных отложениями верхневятского подъяруса верхней перми и индского яруса нижнего триаса бассейнов рек Сухона и Юг, варьирует в широких пределах – от -8,8 до -0,7 и от 20,6 (PDB) до 27,8 ‰ (SMOW), соответственно.

Распределение величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ неоднородно как по разрезу, так и по выделенным генетическим группам, и имеет ряд особенностей. Наиболее важной из них является то, что в педогенных карбонатах верхневятского подъяруса вблизи границы перми и триаса фиксируется изотопное смещение в сторону отрицательных величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ (рис. 1). Начало этого изотопного тренда соответствует, по всей видимости, уровню массового

вымирания, что хорошо согласуется с имеющимися литературными данными по морским разрезам [4].

Следует также отметить, что педогенные карбонаты вязниковского уровня верхневятского подъяруса верхней перми в целом оказываются наиболее тяжелыми по изотопному составу углерода и кислорода по сравнению с аналогичными карбонатами из пород вышележащего разреза – недубровского уровня верхневятского подъяруса верхней перми и индского яруса триаса (рис. 2). Это может свидетельствовать о том, что начиная с самых верхов вятского яруса (недубровский уровень) изотопно-геохимические условия образования почвенных карбонатов принципиально изменились и стали аналогичными господствовавшим в почвах раннего триаса. Это вызвано, наиболее вероятно, потеплением и гумидизацией климата.

Можно полагать, что изотопная система формирования почвенных и осадочных континентальных карбонатов (речные, озерные) для рассмотренных стратиграфических уровней была принципиально одинаковой. Например, для вязниковского уровня верхневятского подъяруса карбонат этих генетических групп близок по изотопному составу (рис. 3). Изотопный состав кальцита створок и раковин моллюсков, за редкими исключениями, также аналогичен составу осадочных и почвенных карбонатов.

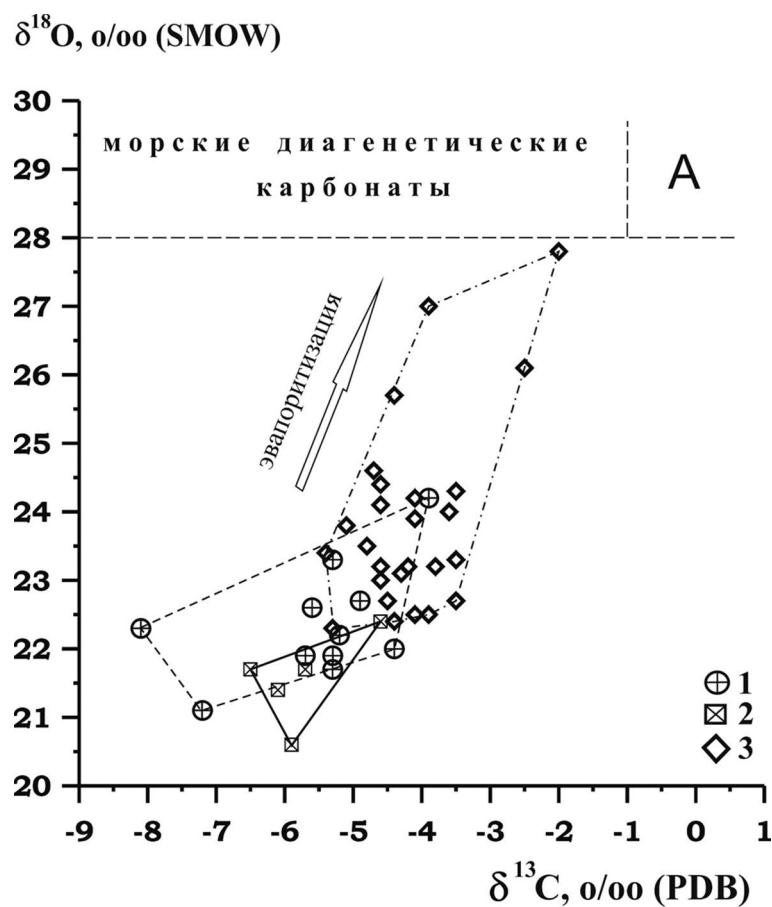


Рисунок 2. $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в карбонатных нодулях из континентальных отложений переходных толщ перми и триаса севера Русской плиты

1 – триасовая система, индский ярус, вохминский горизонт; 2 – пермская система, вятский ярус, верхний подъярус, недубровский горизонт; 3 – пермская система, вятский ярус, верхний подъярус, вязниковский горизонт

В то же время створки остракод по изотопному составу углерода и кислорода существенно отличаются от вышеупомянутых групп. Это обусловлено, по-видимому, своеобразным «жизненным эффектом», влияющим на изотопное равновесие в системе бикарбонат-ион – вода [2].

В некоторых случаях карбонатное вещество разных генетических групп существенно различается по изотопному составу углерода и кислорода даже в пределах одного слоя (рис. 3, образец 42F/26).

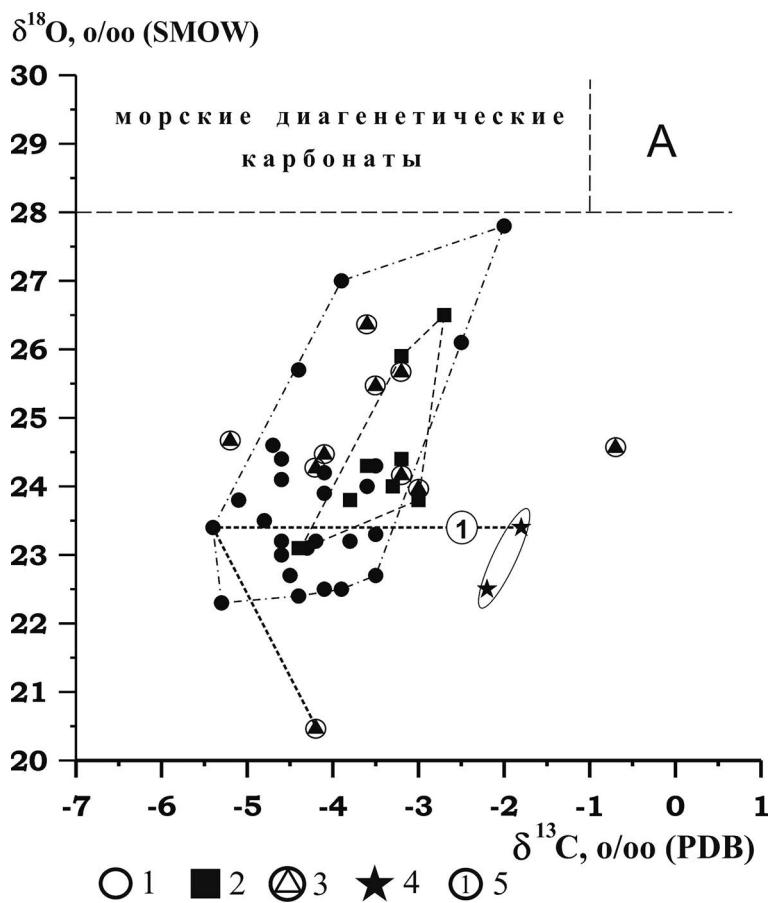


Рисунок 3. Распределение величин $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в карбонатах из континентальных отложений вязниковского горизонта верхневятского подъяруса пермской системы

1 – педогенные нодули; 2 – известняки и мергели; 3 – неморские моллюски; 4 – остракоды (образец 42F/26); 5 – образец 42F/26-1

Аналогичные изотопные закономерности в целом отмечаются также и в разных генетических группах карбонатов вышерасположенных отложений недубровского уровня верхневятского подъяруса верхней перми и индского яруса нижнего триаса.

Таким образом, можно полагать, что в почвенных карбонатах из континентальных пограничных отложений перми и триаса на северо-востоке Московской синеклизы были зафиксированы глобальное экологическое (массовое вымирание в конце перми) и климатическое (потепление в конце перми – начале триаса) события.

Работа выполнена при финансовой поддержке грант РФФИ № 16-05-00706.

Список литературы

1. Уточненная субрегиональная стратиграфическая схема триасовых отложений запада, центра и севера Восточно-Европейской платформы (Польско-Литовская, Московская и Мезенская синеклизы, Вятско-Камская впадина). – Москва: ПИН РАН, 2011. – 32 с.
2. Keatings, K.W. Carbon and oxygen isotope fractionation in non-marine ostracods: Results from a «natural culture» environment / K.W. Keatings, T.H. Heaton, J.A. Holmes // Geochim. et Cosmochim. Acta, 2002. – V. 66. – № 10. – P. 1701–1711.
3. Kump, L.R. The Geochemistry of Mass Extinction / L.R. Kump // Treatise on Geochemistry (Turekian K.K., Holland H.D., eds.). Holland: Elsevier. 2003. – V. 7. – Ch. 7.14. – P. 351–367.
4. Schobben, M. Palaeotethys seawater temperature rise and an intensified hydrological cycle following the end-Permian mass extinction / M. Schobben, M.M. Joachimski, D. Korn et al. // Gondwana Research. 2014. – V. 26. – P. 675–683.
5. Payne, J.L. End-Permian Mass Extinction in the Oceans: An Ancient analog for the Twenty-First Century? / J.L. Payne, M.E. Clapham // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2012. – V. 40. – P. 89–111.

СОЛЯНОЙ ДИАПИРИЗМ В ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЕ

В.С. Куриленко, Е.П. Олейник

Інститут геологіческих наук НАН України, Київ, Україна

e-mail: vskgeo@ukr.net; olgeo@ukr.net

Описан соляной диапиризм как твердое течение солей с учетом понятий реидности и вязкости. Высокая пластичность и низкая плотность солей являются причиной конвективной неустойчивости надсолевой осадочной толщи, что приводит к образованию специфических соляных структур. На течение солей влияют вибрационные силы и высокотемпературные глубинные флюиды. Определена скорость течения солей – 110–150 м/млн лет.

Ключевые слова: соляной диапиризм, реидность, конвективная неустойчивость, адvection, релаксация, вибрация.

THE SALT DIAPIRISM OF THE DNIEPER-DONETS DEPRESSION

V. Kurilenko, O. Oliynyk

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The description of salt's diapirism as solid flow of salt is presented to notions as rheidity and visconsity. High plasticity and low salt density is the reason of convective instability of oversalt sedimentary bulk with respect to the formation of specific salt structures. Vibration forces and high temperature deep fluids influence salt flow too. Velocity of salt flow is definable – 110–150 m/Ma.

Keywords: salt diapirism, rheidity, convective instability, advection, relaxation, vibration.

Введение. Пластическая деформация солей, их «текучесть» под воздействием неравномерных нагрузок обуславливает особый тип складчатости нагнетания – соляной диапиризм. Складки, вызванные и осложненные соляным диапиризмом, широко распространены во многих нефтегазоносных бассейнах мира, включая Днепровско-Донецкую впадину. В ядре большинства антиклинальных складок данной впадины находится соль, и с такими складками связаны сводовые ловушки углеводородов. Соляные диапиры содержат минеральные ресурсы, используемые в народном хозяйстве. В соляных массивах строят хранилища горючих материалов, радиоактивных и токсичных веществ.

Этими обстоятельствами обусловлен научно-практический интерес к механизму формирования и строению диапировых складок, так как знание процессов и особенностей соляной тектоники способствует более качественному моделированию геологических объектов, повышению эффективности геолого-разведочных работ.

Описание галокинеза. Соляной тектогенез является особым видом диапировой складчатости, обусловленной тем, что перераспределению и подъему соляных масс, прорыву их сквозь вышележащие отложения способствуют не только высокая пластичность солей под давлением, но и разница плотностей: у солей она в среднем $2,2 \text{ г}/\text{см}^3$, у перекрывающих их даже малоуплотненных песчано-глинистых пород порядка $2,5\text{--}2,6 \text{ г}/\text{см}^3$. «Течение» солей начинается при толщинах перекрывающих отложений 600–1000 м; на этих глубинах возникают необходимые градиенты плотности и литостатические давления. Современные представления о диапиризме рассматривают его как проявление ограниченной гравитационной конвекции, отличающейся отсутствием завершенности цикла кругооборота вещества и энергии и названной **адвекцией**. Инициирующим началом течения солей могут служить разности литостатических давлений в соляном массиве за счет неровностей рельефа или плотностных неоднородностей в перекрывающей толще [1, 2, 5, 6].

В процессе движения соль деформирует надсолевую толщу с интенсивностью, прямо зависящей от объема соляной массы и перекрывающих отложений. Образуется морфоструктурный ряд соляных структур от «подушек» и куполов до соляных штоков и валов. Соляная масса может приподнимать и прорывать надсолевые отложения, какими бы мощными они ни были.

Известны соляные штоки в виде столбов, поднявшихся с глубин до 14 км, а также сферические отдельности, оторвавшиеся при подъеме вверх от материнского массива [5]. При достаточной площади соленакопления диапировые структуры группируются в кольца и многоугольники, формируя гексагональные пространственные «решетки» [4].

Течение солей – сложный реологический процесс. В соляном массиве под влиянием длительно действующих внешних нагрузок и внутренних напряжений происходит прерывисто-непрерывный релаксационный процесс перестройки его структуры. Этот процесс заключается в упругой, пластической и разрывной деформации кристаллов и самих пластов соли. Если нагрузка кратковременная и не превышает предела прочности, то возникают упругие (обратимые) деформации. За порогом прочности развиваются хрупкие деформации, выражющиеся в растрескивании, дроблении и скальвании кристаллов, в разрывах, будинировании и сбросообразовании отдельных пластов. Пластические деформации занимают промежуточное положение, развиваются при длительно действующих нагрузках, проявляясь через расслоение кристаллов параллельно кристаллографическим граням и скольжение вдоль граней без нарушения сплошности блока. Гипотеза дислокаций зацеплений объясняет пластические деформации в солях как перестройку кристаллической решетки через рекристаллизацию, после которой внутренние динамические напряжения в кристалле исчезают, и в нем восстанавливаются первоначальные механические свойства [2].

Хрушов Д.П. и Шехунова С.Б. [7] связывают начало движения соляных масс с возникновением зон (каналов) течения. В зонах течения происходят пластические (в основном) и хрупкие деформации, а также межзерновые проскальзывания и рекристаллизация. По мере развития хрупких деформаций появляются плоскости соскальзывания, где межзерновые проскальзывания становятся преобладающими. Формируются непрерывно-прерывистые поверхности скольжения, разделяющие соляной массив на отдельные блоки.

Важную роль играет минеральный состав, определяющий физико-механические свойства солей. Согласно [5], в зонах интенсивной деформации соляных пород формируются два основных структурных вида: а) будинированные фрагменты прослоев каменной соли, внутри которых структура и текстура мало изменились, б) зоны течения, сложенные в основном сильвинитом или обогащенными глинистым веществом его прослоями. В зонах течения порода сильно милонитизирована, зерна сильвина полностью видоизменены, развиты плоскости скольжения.

На течение солей активное воздействие оказывают высокотемпературные глубинные флюиды (газы, рассолы, гидротермальные воды). Разбавляя предельно насыщенные межкристаллические растворы, эти флюиды стимулируют растворение солей и ослабляют межкристаллические связи, уменьшают плотность солей, тем самым увеличивая градиенты плотностей и ускоряя адvection, играют важную роль в процессе дробления пород, смачивая и разделяя соляные зерна, растворяя и сглаживая неровности трущихся поверхностей. Проникая под напором в трещиноватые зоны, они осуществляют гидроразрыв соляного пласта. Флюиды являются активными теплоносителями, а увеличение теплового потока и прогрев соляной массы также улучшают пластические свойства солей [3]. Воздействие флюидов может быть настолько значительным, что после их диффузии происходит проседание соляного массива, образуются так называемые «деградирующие» штоки.

Прямое отношение к галокинезу имеет концепция *реидности* – способности горных пород к «течению» в твердом состоянии при наличии достаточного времени. Реидность определяется временем, необходимым для того, чтобы вязкое течение в 1000 раз превышало упругую (обратимую) деформацию при определенных условиях [5, 6]. Реидность льда, например, измеряется неделями (10^7 с), гипса и соли – около 10 лет (10^8 с). Реологический подход к геологической среде позволяет считать ее «вязкой жидкостью», поскольку период релаксации большинства горных пород несизмеримо меньше продолжительности тектонических деформирующих процессов (10^8 – 10^{11} с против 10^{12} – 10^{14} с). **Вязкость** – свойство минералов сопротивляться изменению формы и структуры под воздействием внешних нагрузок и собственного веса. Динамическая вязкость каменной соли – около 10^{18} П.

Тектонические движения можно рассматривать как сумму «медленных» (в геологическом понимании) и «быстрых» составляющих. «Быстрые» движения обусловлены

высокочастотными вибрационными воздействиями космических сил – вращением Земли и гравитационным притяжением Луны и Солнца. **Вибрации** – это механические колебания, период которых значительно меньше характерного промежутка времени, на котором рассматривается движение (в нашем случае частота пульсации космических сил 10^5 – 10^7 с на фоне тектонических процессов 10^{12} – 10^{14} с, размах (амплитуда) значительно меньше характерного размера системы. Из множества эффектов, возникающих при вибрации, кроме упругих деформаций, отметим виброреологические – эффекты виброползучести и вибропластичности, эффекты вибрационного перемещения сыпучих и вязких веществ, сепарация и локализация однородных частиц.

Известно явление **резонанса**, проявляющееся при совпадении собственной частоты колебаний с частотой внешних воздействий и приводящее не только к разрушению целостности физического тела (выведению соли из стабильного пластового состояния в текучее), но и к реорганизации вещества в новом порядке. Течение солей может сопровождаться автоколебаниями – незатухающими колебаниями, подпитываемыми внешними источниками энергии неколебательного свойства (например, давлением надсолевой толщи).

Выведению солей из пластового состояния способствует также явление **усталости** материала. При этом разрушение системы (переход ее в новое состояние) при воздействии знакопеременных или пульсирующих напряжений происходит при значительно меньшем уровне постоянных напряжений.

Совокупным действием перечисленных явлений и эффектов мы объясняем течение солей и упорядоченное расположение соляных структур в виде регулярных симметричных геодинамических систем [1, 4].

Галокинез в Днепровско-Донецком соленосном бассейне. Здесь известны верхнедевонские соляные толщи (воронежская, евлановско-ливенская и данково-лебедянская) и толща нижнепермских солей. Доминирующую роль в галокинезе и формировании структурного плана надсолевых отложений играет евлановско-ливенская соляная толща. Движение соляных масс и формирование структурного плана надсолевых отложений носили циклический характер. Каждый цикл совершался в две фазы – первую, соответствующую опусканию региона, накоплению в его пределах осадков и медленному росту соляных структур, и вторую, отвечающую региональному подъему и толчку в росте этих структур [2]. О циклическом росте соляных поднятий говорит то, что соль в одних случаях только приподняла надсолевые отложения, образовав «соляные подушки» (криптодиапироидные складки), в других – прорвала надсолевые отложения до определенного стратиграфического уровня (криптодиапировые складки) и даже вышла на современную дневную поверхность (диапировые складки с открытым ядром прорыва – соляные штоки в чистом виде). В криптодиапировых складках основными стратиграфическими уровнями остановки соли являются: между девонскими и каменноугольными (D / C), пермскими и мезозайскими (P / MZ), мезозайскими и кайнозайскими (MZ / KZ) отложениями. Соответственно, выделяют четыре основных структурных этажа: надсолевой верхнедевонский, каменноугольно-нижнепермский, мезозайский и кайнозайский.

Представляется возможным оценить скорость течения соли. Элементарный обмер позволяет определить объем Синевского штока: 180–200 км³. Диаметр штока у основания – 10 км, толщина первоначально пластовой соли – 1,5 км. Соль могла поступать не по всему периметру, а только через две трети его длины (об этом свидетельствует асимметричное строение Синевской мульды). Поперечное сечение, через которое соль поступала из мульды в шток, составляло 30–32 км². Продолжительность триасового периода – 45–50 млн лет. Отсюда крайние значения скорости течения соли – от 110 до 150 м/млн лет.

Выводы. Из вышеизложенного следует:

1) течение солей – неравномерный во времени и по объему соляного массива прерывисто-непрерывный релаксационный процесс структурно-кристаллической перестройки через хрупкие и пластические деформации;

2) течение солей определяется их минеральным составом и высокотемпературными глубинными флюидами. К течению солей применимы понятия вязкости и реидности;

3) на течение солей активное воздействие оказывают влияние вибрационные и резонансные явления, ответственные за упорядоченное расположение соляных структур в виде регулярных симметричных геодинамических систем;

4) на примере Синевского штока оценена средняя скорость течения соли – 100–150 м/млн лет.

Список литературы

1. Гончаров, М.А. Введение в тектонофизику / М.А. Гончаров, В.Г. Галицкий, Н.С. Фролова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 496 с.
2. Китык, В.И. Условия образования соляных структур / В.И. Китык. – К.: Изд-во АН УССР, 1963. – 292 с.
3. Кудельский, А.В. Эксграационно-осадочный галогенез в Припятском палеорифте / А.В. Кудельский // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Запада Восточно-Европейской платформы. – Минск: СтройМедиа-Проект, 2017. – С. 167–171.
4. Куриленко, В.С. Влияние геодинамических напряжений на формирование соляных структур Днепровско-Припятской газонефтеносной провинции / В.С. Куриленко, Н.А. Яншина // Геология нефти и газа. – 1988. – № 12. – С. 25–29.
5. Спенсер, Э.У. Введение в структурную геологию. Пер. с англ. / Э.У. Спенсер. – Л.: Недра, 1981. – 368 с.
6. Холодов, В.Н. Элизионные процессы и соляная тектоника. Сообщение 2. К проблеме формирования соляных диапиров / В.Н. Холодов // Литология и полезные ископаемые. – 2013. – № 4. – С. 319–340.
7. Хрущов, Д.П. О механизме движения вещества в солянокупольных структурах по литологическим данным / Д.П. Хрущов, С.Б. Шехунова // Инженерно-геологические проблемы создания подземных хранилищ. – М.: Недра, 1988. – С. 108–115.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ПЕТРОГРАФИЯ ПОРОД ФОРМАЦИИ МАХА САРАКХАМ (ТАИЛАНД)

В.Э. Кутырло¹, В.П. Самодуров², А.И. Друк¹, Ю.Н. Еленский¹

¹ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь

e-mail: vcutirlo@btci.by

²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: Vladimir_Samodurov@tut.by

Исследованы цифровые параметры ультрафиолетовой флюoresценции солей формации Маха Саракхам (Тайланд). Определены явления отражения и поглощения ультрафиолета минералами, а также цифровые параметры флюoresценции карналлита, тахигидрита и боратов. Бораты нерастворимого остатка пород галогенной формации Маха Саракхам являются стронциевыми хилгардитами.

Ключевые слова: ультрафиолетовая петрография, параметры цветности флюoresценции минералов, соленосная формация Маха Саракхам, Таиланд.

ULTRAVIOLET PETROGRAPHY OF MAHA SARAKHAM FORMATION ROCKS (THAILAND)

V.E. Kutyrl¹, V.P. Samodurov², A.I. Druk¹, Yu.N. Yalenski¹

¹Belgorkhimprom JSC, Minsk, Belarus

²Belarusian State University, Minsk, Belarus

Ultraviolet fluorescence digital parameters of the Maha Sarakham Formation (Thailand) salt minerals have been investigated. Reflection and absorption of the ultraviolet in the minerals as well as the digital parameters of fluorescence in carnallite, tachyhydrite and boron minerals have been defined. Borates in the undissolved residue of the Maha Sarakham salt rocks are the strontium bearing hilgardites.

Keywords: ultraviolet petrography, mineral fluorescence color parameters, salt-bearing Maha Sarakham Formation, Thailand.

Введение. Верхнемеловая формация Маха Саракхам, расположенная на плато Кхорат (Таиланд), является одной из крупнейших эвапоритовых систем мира. В ее составе выделяется два солеродных бассейна – Сакон Накхон и Кхорат, которые имеют схожее геологическое строение (рис. 1). В составе галогенных отложений формации Маха Саракхам кроме каменной соли распространены сильвиниты и магнезиальные соли, содержащие карналлит ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), бишофит ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$), тахигидрит ($CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$), а также бораты в небольших содержаниях. Тектоника, стратиграфия, литологическое строение, минералогия и геохимия, включая закономерности распределения бора и брома, изучены к настоящему времени рядом исследователей с момента открытия соленосной формации Маха Саракхам в 1959 году [2, 3].

Целью данной работы является изучение флюoresценции солей формации Маха Саракхам с помощью методов ультрафиолетовой (УФ) цифровой петрографии. К настоящему времени данные по УФ петрографии солей весьма ограничены, а по породам формации Маха Саракхам полностью отсутствуют. Отсутствуют также количественные данные о параметрах цветности флюoresценции минералов, которые позволяют определять эффекты отражения, поглощения и люминесценции минералов.

Методы исследований. Ультрафиолетовая петрография делится на макропетрографию и микропетрографию. Микропетрографические исследования выполняются с помощью ультрафиолетовых микроскопов, при этом размер поля зрения в микроскопе обычно не превышает 5 мм, что ограничивает возможности исследований крупнозернистых пород. Кроме этого, петрографические шлифы горных пород малопригодны для УФ исследований, так как

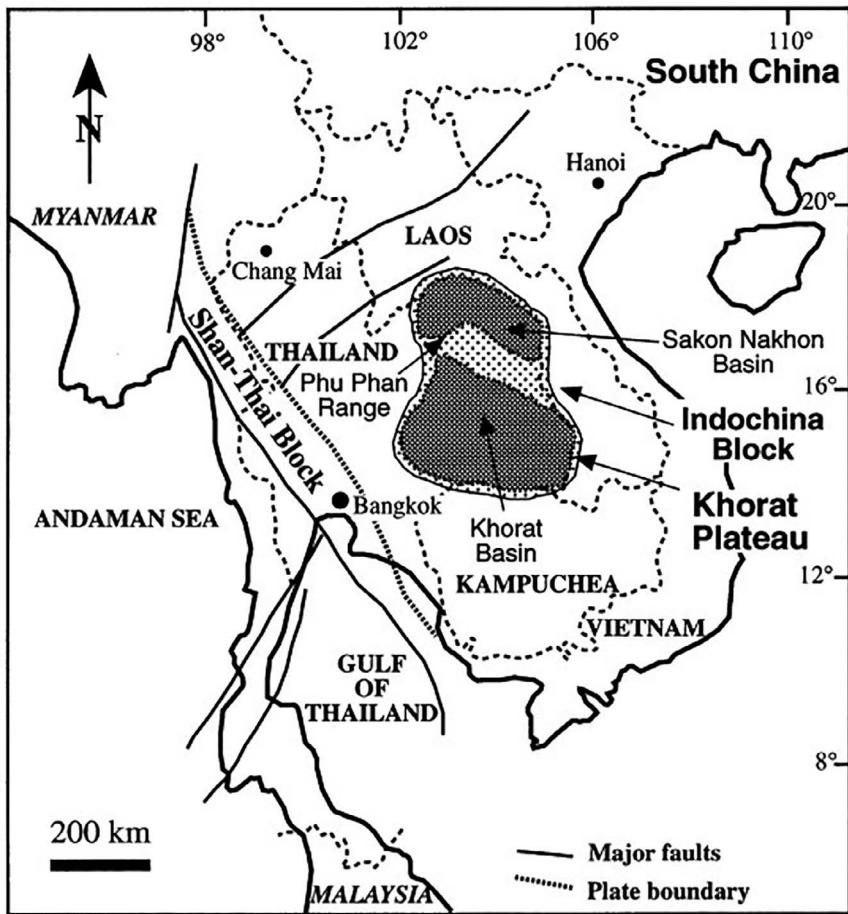


Рисунок 1. Геологическая карта юго-восточной Азии, показывающая основные тектонические элементы и положение бассейнов Сакон Накхон и Кхорат в составе формации Маха Саракхам [1]

покровное стекло и канадский бальзам накладывают дополнительные искажения на результаты. УФ изучение микрозернистых горных пород можно проводить, используя поверхность их сколов, методом фокусирующих стеков. В наших исследованиях использовался цифровой петрографический микроскоп Nikon-E с ультрафиолетовой лампой и моторизованным столиком, позволяющие проводить такие исследования.

Крупнозернистые породы исследуют с помощью их прямого фотографирования под УФ освещением. Источником освещения в наших исследованиях была черная ртутная лампа. Такая лампа покрыта фильтром, который не пропускает свет в видимой области. С другой стороны, цифровые фотоаппараты, наоборот, снабжены фильтром, который не пропускает УФ излучение. Однако в граничной области 400 нм часть мягкого ультрафиолетового излучения проходит через эти фильтры и фиксируется цифровой камерой. В стандартных ртутных УФ лампах доля этого UVV излучения в диапазоне длин волн 395–450 нм составляет 12 %. Доля длинноволнового излучения UVA (320–394 нм) составляет 27 %, UVB (280–319 нм) – 35 %, а мощность коротковолнового излучения UVC (240–279 нм) составляет 26 % [4].

Для того чтобы определить параметры цветности излучения используемой ртутной лампы, которую фиксирует используемая цифровая камера, было выполнено прямое фотографирование источника УФ излучения. Цветовые параметры прямого излучения используемой ртутной лампы составили: $H^o = 282 \pm 3^o$, $S^o = 100 \%$, при разной яркости лампы в диапазоне B^o от 45 до 99%, то есть цветовой тон находится в фиолетовом диапазоне цветового круга H^o [5]. Таким образом, цветность минералов на УФ цифровых фотографиях, отличающаяся от фиолетовых тонов, можно считать цветами флюoresценции, а минералы с фиолетовой цветностью просто отражают УФ свет ртутной лампы.

Результаты. К настоящему времени в сети Интернет существует большое количество сайтов, содержащих цифровые УФ фотографии, ориентированные на коллекционеров руд, пород

и минералов. Однако цветовые характеристики минералов носят описательный характер, а цифровые параметры флюоресценции отсутствуют. В результате многие минералы относят к флюоресцирующим, хотя на самом деле они просто хорошо отражают УФ излучение источника света. Действительно, на рис. 2 можно видеть явления отражения, поглощения и флюоресценции на примере образца трустита.

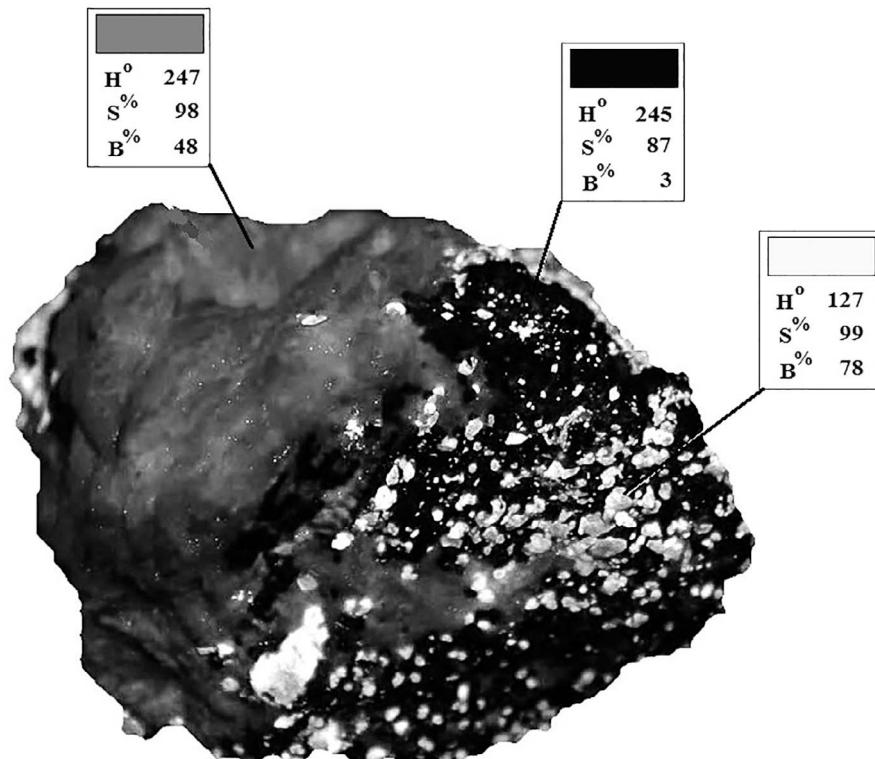


Рисунок 2. УФ фотография трустита

Трустит флюоресцирует зеленым тоном цвета Н° = 127°. Включающая его порода состоит из двух минеральных компонентов. Цветовой тон обоих компонентов Н° составляет 245–247°, то есть является отражённым ультрафиолетом. Отличаются эти минералы яркостью В%. Минерал, сильно поглощающий УФ излучение, имеет параметр яркости 3 %, а минерал с умеренным поглощением выглядит более светлым, так как у него В% = 48 %. Таким образом, ультрафиолетовые цифровые фотографии пригодны для исследования явлений поглощения света минералов в области 400 нм даже при отсутствии в составе породы минералов – люминофоров.

Известно, что флюоресценция многих минералов под ультрафиолетовым освещением зависит от присутствия в них элементов-примесей (активаторов). При избыточных примесях активаторов (> 2 %) они наоборот гасят флюоресценцию. Таким образом, один и тот же минерал в разных месторождениях может быть флюоресцирующим или нет. Это ограничивает возможности данного метода для идентификации минералов. Однако флюоресценция минералов стабильна в конкретных условиях их образования, то есть флюоресценция является надежным типоморфным признаком условий формирования пород.

Солевые породы формации Маха Саракхам отличаются от солей Старобинского месторождения широким распространением карналлита, тахгидрита, примесями бишофита, боратитов. Это создает большое разнообразие ультрафиолетовых эффектов таких пород. Обычно галит в ультрафиолете выглядит синим (фиолетовым), так как он не флюоресцирует, но хорошо отражает ультрафиолетовое излучение. Сульфаты (ангидрит, гипс) обычно также отражают УФ излучение, а их цветовой тон Н° сосредоточен в секторе $270 \pm 5^\circ$ цветового круга, то есть является фиолетовым. Однако в некоторых сульфатных породах гипс флюоресцирует. Этот гипс образовался в результате постседиментационного катагенетического преобразования в результате гидратации исходного ангидрита, при этом происходит поглощение элементов-

активаторов флюоресценции. Примеси органических флюидов также способны вызывать флюоресценцию пород.

Основными минералами карналлититов являются галит и карналлит. В этих породах галит отражает ультрафиолет в области тона H° от 265 до 275° с насыщенностью $S\%$ 70–75 % и яркостью $B\% \approx 50$ %, а карналлит флюоресцирует преимущественно в оранжевой области $H^\circ = 30^\circ$ при $S\% = 50$ % и яркости $B\%$ более 90 %. Эти параметры показывают, что карналлит обладает большой мощностью флюоресценции и поэтому хорошо заметен в составе солей. Тахгидрит флюоресцирует в области тона H° от 202 до 210° при насыщенности $S\%$ около 50 % и яркости менее 30 %. Выход флюоресценции у тахгидрита незначительный, и этот минерал зорительно выделяется в составе солей не так надежно, как карналлит.

Минералы бора имеют специфические цветовые ультрафиолетовые характеристики. Они обладают яркой флюоресценцией, но малой насыщенностью S . Цвета с насыщенностью менее 10 % зорительно кажутся нейтральными (серыми), а тон H при этом всегда имеет значительную дисперсию. Однако среднее значение тона в основном приходится на зеленый сектор цветового круга, где H° составляет в среднем 129°. В результате цвет флюоресценции определяется как зеленовато-белый. В некоторых случаях насыщенность цвета флюоресценции падает до 1–3 % при яркости $B\% = 100$ %. Такая флюоресценция является ярко-белой. Большой квантовый выход флюоресценции позволяет обнаруживать даже незначительные примеси борацитов в составе солей формации Маха Саракхам.

Из-за незначительного содержания борацитов в солях, с помощью рентгенодифрактометрического анализа они обычно не обнаруживаются, однако борациты формации Маха Саракхам являются нерастворимыми в воде, что позволяет их выделить. Дифрактограммы нерастворимых остатков солей показывают (рис. 3), что в составе борацитов преобладает хилгардит ($\text{Ca}_2[\text{B}_5\text{O}_9]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$). Особенностью хилгардитов формации Маха Саракхам является постоянные примеси стронция от 3 до 7 % в их составе. Можно видеть, что стронций в состав хилгардита не входит, однако существует схожий с ним минерал кургантит $\text{CaSr}[\text{B}_5\text{O}_9]\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$, в котором содержание стронция достигает 22,68 %. Эти минералы однотипны и имеют схожие дифрактограммы. По-видимому, они обладают изоморфной смесимостью. Таким образом, изученные минералы бора формации Маха Саракхам являются стронций содержащими хилгардитами.

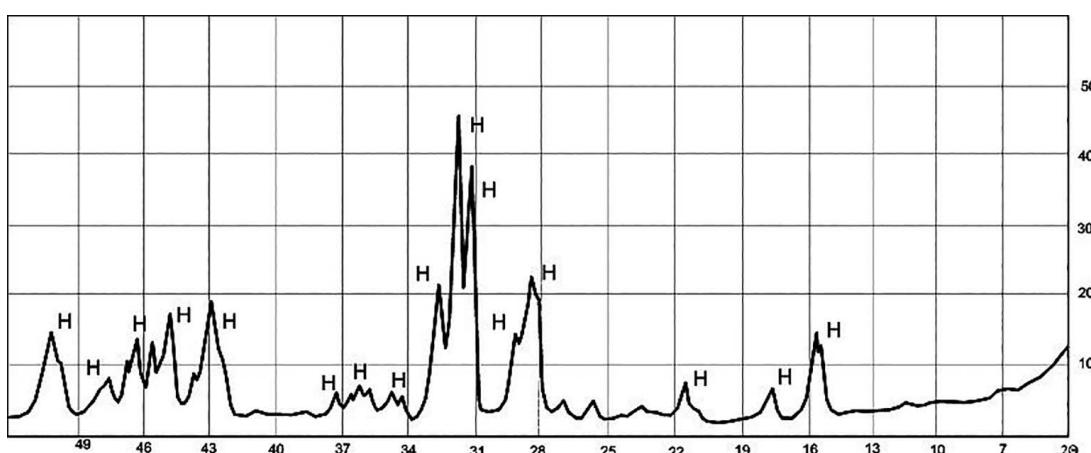


Рисунок 3. Дифрактограмма хилгардита

Заключение. Эффект частичного прохождения мягкого ультрафиолета через фильтры цифровых камер позволяет обнаруживать явления отражения и поглощения ультрафиолетового излучения даже для минералов без их люминесценции. Основными флюоресцентными минералами формации Маха Саракхам являются карналлит, тахгидрит, хилгардит. Они характеризуются специфическим тоном, насыщенностью и яркостью флюоресценции. Хилгардит отличается высоким квантовым выходом флюоресценции, что позволяет обнаруживать этот минерал в солях даже при незначительном его содержании.

Список литературы

1. Mohamed El Tabakh. Sedimentology of the Cretaceous Maha Sarakham evaporates in the Khorat Plateau of northeastern Thailand / Mohamed El Tabakh, Cherdjak Utha-Aroon, D. Charlotte Schreiber // Sedimentary geology 123 (1999), pp. 31–62.
2. Hite, R.J., 1974. Evaporite deposits of the Khorat Plateau, northeastern Thailand / R.J. Hite // Northern Ohio Geological Society, Proc. Fourth Symposium on Salt, pp. 135–146.
3. Hite, R.J. Potash deposits of Khorat Plateau, Thailand and Laos / R.J. Hite, T. Japakasetr // Econ. Geol. 74. – 1979. – pp. 448–458.
4. УФ-лампы GEW//Деп. UV-Service [Электронный ресурс]. URL: <http://uvservice.ru/production/catalog/105>.
5. HSV (цветовая модель) // Деп. Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_\(цветовая_модель\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_(цветовая_модель)).

**RIPHEAN AND VENDIAN OF THE CONJUGATION ZONE
OF THE ORSHA DEPRESSION AND ZHLOBIN SADDLE
(BYKHOV PARAMETRIC BOREHOLE)**

O.F. Kuzmenkova, A.G. Laptsevich, G.D. Streltsova, T.M. Minenkova

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

e-mail: kuzmenkovaof@mail.ru, laptsevich@geology.org.by, gstrel@geology.org.by

The obtained new data on the structure of the Upper Proterozoic deposits of the Bykhov borehole give grounds for assuming the existence of the sublatitudinal elevated region in the Middle Riphean. Its position is inherited by the Belarusian Anteclise and Zhlobin Saddle in the modern structural plan. This region divided the south-west and the north-east zones of the Volyn-Orsha Avlakogene in modern coordinates, and it was the ancient boundary of the final moraine of the Osipovichi-Mogilev-Orsha glaciation stage in the Early Vendian.

Keywords: Riphean, Vendian, glacial deposits, Volyn-Orsha Avlakogene.

**РИФЕЙ И ВЕНД ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ОРШАНСКОЙ ВПАДИНЫ
И ЖЛОБИНСКОЙ СЕДЛОВИНЫ
(ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ СКВАЖИНА БЫХОВСКАЯ)**

О.Ф. Кузьменкова, А.Г. Лапцевич, Г.Д. Стрельцова, Т.М. Миненкова

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

Полученные новые данные о строении разреза верхнепротерозойских отложений скважины Быховская дают основание предполагать существование в среднем рифе субширотной приподнятой области, положение которой в современном структурном плане наследуют Белорусская антеклиза и Жлобинская седловина. Эта область разделяла юго-западную и еверо-восточную (в современных координатах) зоны Волыно-Оршанского авлакогена, а в аннен венде являлась палеограницей конечной морены Осиповичско-Могилевско-Оршанской спадии оледенения.

Ключевые слова: рифей, венд, ледниковые отложения, Волыно-Оршанский авлакоген.

The Volyn-Orsha Avlakogene (VOA) developed on the territory of the west of the East European Platform in the north-east (in modern coordinates) from the Galician Paleorift in the middle Riphean. Here was a shallow epicontinental basin with a low salinity, in which a thick stratum of red-colored fine grained terrigenous sediments was accumulated [2] (Fig. 1).

In the *Pinsk time* the south-western part of the avlakogene was undergone to the maximum bowing. Polymictic sediments of the *Pinsk Suite RF₂pn* with a thickness of up to 600 m accumulated there. At that time the less thick (up to 300 m) predominantly sandy stratum of the *Rudnia Suite RF₂rn* of polymictic composition (Hydrolyzate Module HM = 0,13–0,32), changing upwards along the oligomicitic section (HM = 0,06) was formed in the north-eastern part of the avlakogene (Table 1). The rocks are characterized by oblique, oblique wavy, wedge-shaped and cross bedding. The detrital material is poorly sorted and rounded. Apart from quartz and feldspar, fragments of rocks (quartzites, granites, etc.) are present in the rock composition, the clay component is represented by hydromica, montmorillonite, hematite, and more rarely kaolinite (Fig. 2, 3).

In the *Orsha time* only the north-eastern part of the avlakogene was sinking. The lithologically monotonous sequence (up to 600 m) of mature, almost monomineral quartz sandstones of the *Orsha Suite RF₂or* (HM = 0,07) has accumulated here (see Table 1). The rocks are horizontally bedded, fine-medium-grained, have a high degree of roundness of detrital material; kaolinite and hematite-kaolinite cement of boundary-pore-type is characteristic for them (see Fig. 2, 3).

The north-western and south-eastern parts of the avlakogene are separated by a sublatitudinal elevated region, that in the modern structural plan corresponds to the Zhlobin Saddle and the Belarusian Anteclise.

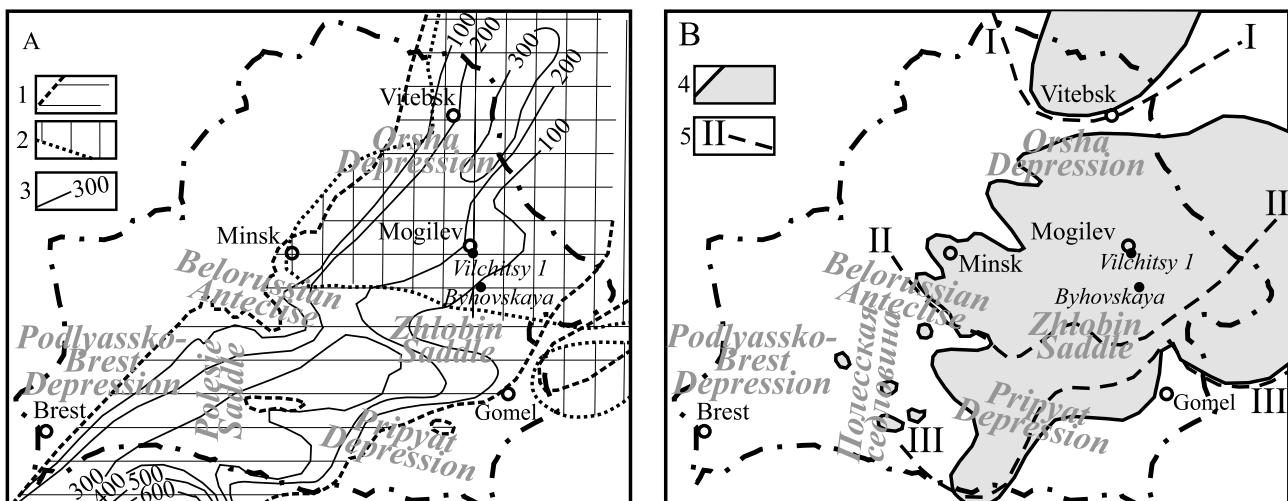


Figure 1. Map-scheme of distribution of the sediments of Riphean (A) and Vilcha Series of Lower Vendian (B) of Belarus [2; 3]

1 – 2 – boundaries of distribution of the deposits: 1 – Pinsk and Rudnia Suites of the Middle Riphean, 2 – Orsha Suite of the Middle Riphean; 3 – isopachites of the deposits of the Pinsk and Rudnia Suites; 4 – the boundaries of distribution of the sediments of the Vilcha Series of the Lower Vendian; 5 – the southern paleogranites of the finely moraine formations of the Mezhin (I), Osipovichi-Mogilev-Orsha (II) and Turov-Klintsy (III) stages

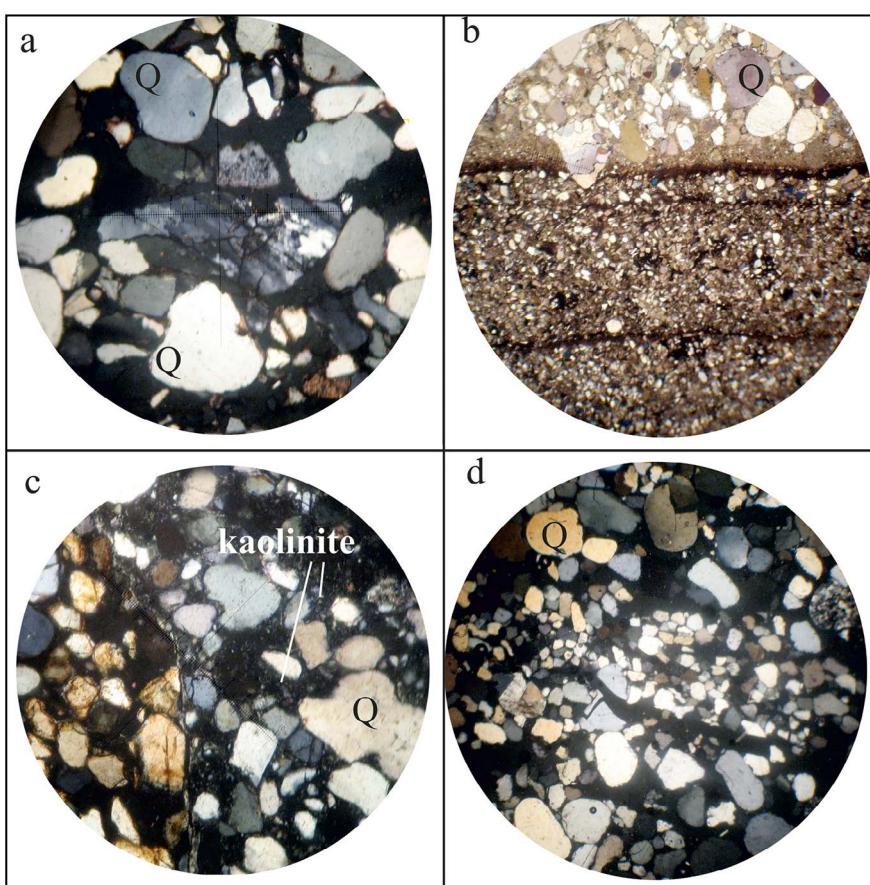


Figure 2. Photos of the petrographic sections of rocks of Bykhovskaya borehole

a – oligomicic sandstone of the *Orsha Suite* *RF_{or}*. Sample 444, depth 705,0 m. In the center of the section – roundness detrit of quartzite, hematite-kaolinite cement of the boundary-pore type; b – oligomicic sandstone of the *Rudnya Suite* *RF_{rn}*. Sample 499, depth 767,0 m. The contact of the different grained (coarse-fine-grained) quartz sandstone with hydromica-kaolinite cement (above) and oligomicic fine-grained aleuritic sandstone (below); c – the sandy tillite of the *Glusk Suite* *V_{gl}*. Sample 352, depth 376,7 m. The fragment of oligomicic sandstone with basal ferrous-clay cement (left) is enclosed in a mass of sandstone with nest-pore kaolinite cement (right); d – oligomicic sandstone of the *Suite* *V_{gl}*. Sample 418, depth 624,0 m. The degree of grains rounding is high; the stratification is emphasized by the grain size. Nicolas crossed. a, c – an increase of 90 times; b, d – an increase of 30 times

Table 1

Chemical composition of the Riphean and Vendian rocks of the Bykhovskaya borehole (mass %)

Depth, m	Rock	Index	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	F	Cl	LIL	HM
354,0	sandy tillite	gV1gl	69,57	0,11	6,94	0,44	0,00	0,23	0,05	2,44	0,20	0,04	0,02	0,04	0,00	0,11	19,81	0,11
564,0	sOl with pore-shell clay cement	fV1gl	67,87	0,11	6,05	0,63	0,00	0,61	0,15	3,90	0,58	0,04	0,10	0,02	0,00	0,58	19,36	0,10
578,6	sOl with pore-shell clay cement	fV1gl	60,98	0,34	9,00	2,02	0,01	1,03	0,21	5,19	1,07	0,01	0,15	0,04	0,00	0,85	19,10	0,19
691,5	sOl with basal gypsum cement	fV1gl	64,78	0,02	2,46	0,30	0,00	0,13	10,87	1,14	0,28	0,03	0,03	9,31	0,00	0,26	10,39	0,04
699,0	ribbon kaolinite-hydromica clay	IgV1gl	45,55	0,62	17,72	8,16	0,04	1,60	0,19	4,59	1,40	0,01	0,13	0,05	0,32	0,94	18,68	0,58
705,0	sOl with border-porous hematite-kaolinite cement	RF2or	73,07	0,15	4,07	1,08	0,00	0,15	0,07	1,09	0,28	0,06	0,04	0,04	0,00	0,27	19,63	0,07
708,5	sPol with kaolinite basal-porous cement	RF2rn	67,04	0,08	8,09	0,73	0,00	0,10	0,03	3,71	0,20	0,09	0,02	0,12	0,00	0,16	19,63	0,13
738,8	sOl with kaolinite cement	RF2rn	62,84	0,05	2,51	1,21	0,00	0,20	0,07	4,43	0,67	0,06	0,02	0,03	0,00	0,85	27,06	0,06
743,5	sPol with hematite-kaolinite basal-porous cement	RF2rn	56,74	0,27	15,28	2,88	0,01	0,46	0,05	3,82	0,44	0,05	0,03	0,02	0,00	0,57	19,38	0,32
765,8	sPol with hematite-kaolinite basal-porous cement	RF2rn	63,54	0,05	10,28	0,60	0,00	0,14	0,04	5,04	0,28	0,07	0,02	0,01	0,00	0,22	19,71	0,17

HM – Hydrolyzate Module = $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{SiO}_2$; sPol – polymictic sandstone; sOl – oligomicitic sandstone. Analyses performed by RFA method, Axios PANalytical, in Belarusian State Technological University (Minsk)

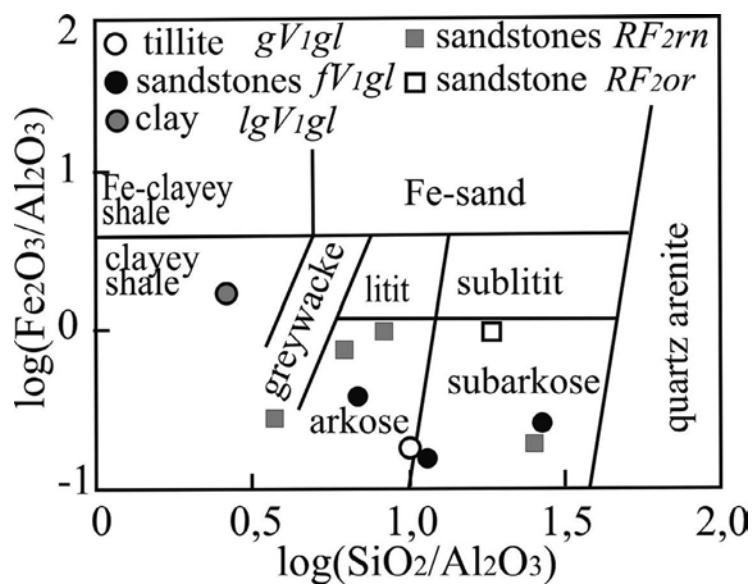


Figure 3. Classification diagram of Herron [4] for the Riphean and Vendian rocks of the Bykhovskaya borehole

It serves as the southern boundary of the distribution of the deposits of the *Orsha Suite*, and the deposits of the *Pinsk and Rudnia Suites* have a minimum capacity within it. It is believed that this «jumper» appeared in the *Baikal stage* of the territory development [2]. However, analysis of the capacities and lithological features of the Riphean deposits that were discovered in 2017 by the Bykhovskaya parametric borehole in the joint zone of the Orsha Depression and Zhlobin Saddle, and their correlation with the deposits in the Vilchitsy 1 borehole indicate an initially reduced section of

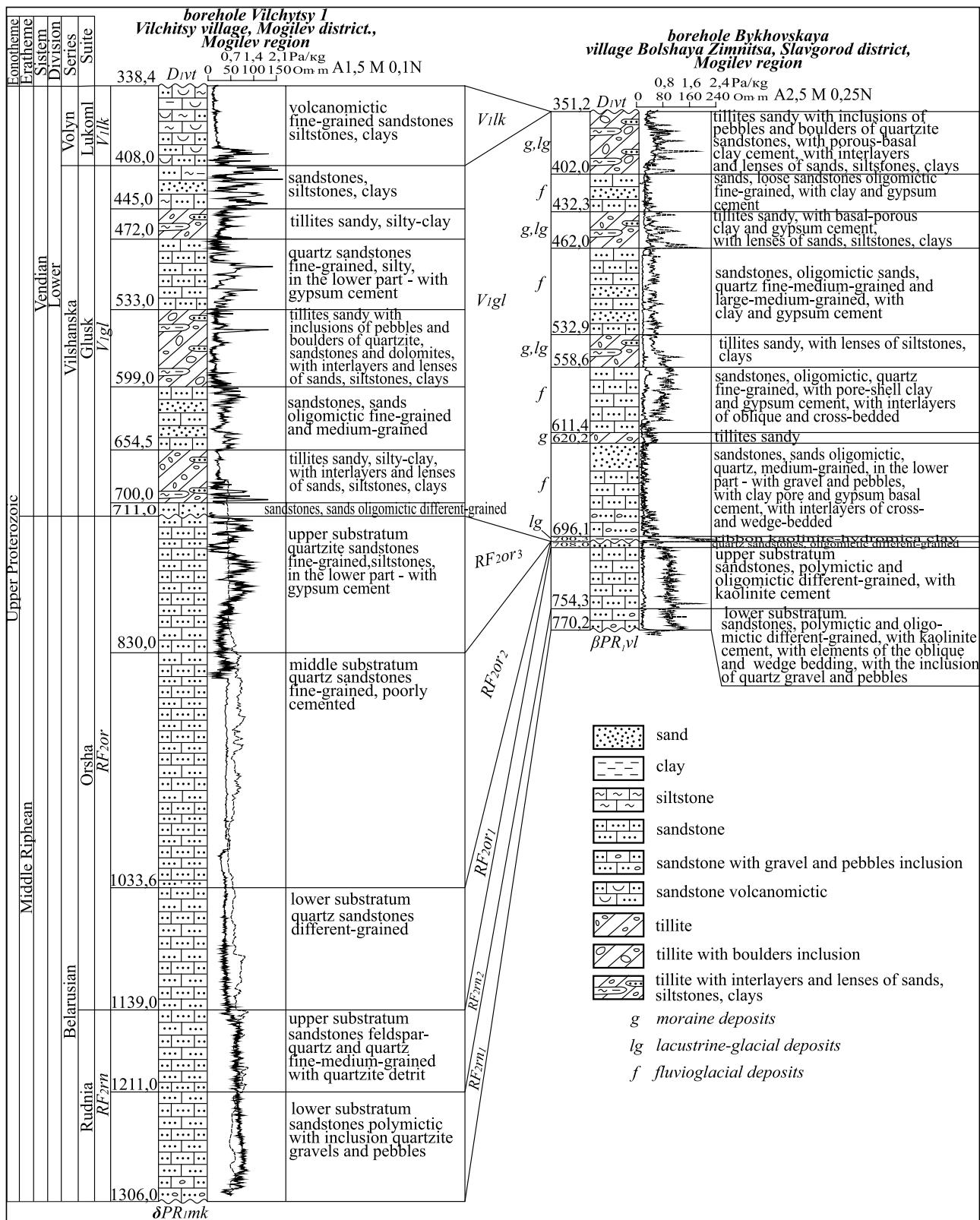


Figure 4. Correlation of the Upper Proterozoic sections of the Vilchitsy 1 [4] and Bykhovskaya boreholes

the thickness of the *Rudnia Suite* lying under the thin bundle of the *Orsha Suite*, which is typical for the onboard parts of the avlakogene (Fig. 4).

This suggests that the elongated sub-latitudinal region, that divide the south-western and north-eastern avlakogene zones, existed here in the *Middle Riphean*.

The continental *Varanger* glaciation came from the north and north-east (in the modern coordinates) and left a thick (up to 483 m) stratum of the cover-glacial formation of the *Vilcha Series V₁vč* in

the *Early Vendian* predominantly within the relict depression of the VOA [1, 2, 3]. The ancient boundary of the final moraine of the Osipovichi-Mogilev-Orsha stage of the glaciation roughly corresponds to the sublatitudinal elevated area that separate the VOA. The Bykhovskaya borehole located near this boundary reveal a more thick strata section (349,1 m) than the Vilchitsy 1 borehole (303,0 m) in the axial part of the avlakogene (see Fig. 1, 4).

The strata section of the *Glusk Suite V_{gl}* of the Bykhovskaya borehole in facial terms is represented by: four intervals of *the moraine deposits gV_{gl}* (reddish-colored tillites predominantly of sandy size, with inclusions of pebbles and boulders of quartzite sandstones, HM = 0,11); four intervals of *the fluvioglacial deposits fV_{gl}* (oligomicic quartz sands and sandstones of different sorting degree, HM = 0,04–0,19) and interval of *the lacustrine-glacial deposits lgV_{gl}* (ribbon kaolinite-hydromic clays of a sealing wax-brown color, HM = 0,58) (see Fig. 2, 4, Table 1). The similar mineral and chemical compositions of sandstones and tillites of the *Glusk Suite* and the underlying sandstones of the *Rudnia* and *Orsha Suites* is the evidence of a significant degree of assimilation the latter by the glacier (see Table 1).

Thus, section of the Upper Proterozoic deposits, revealed by the Bykhovskaya parametric borehole, indicates existence of the sublatitudinal elevated region in the *Middle Riphean* that divided the south-western and north-eastern (in modern coordinates) zones of the VOA. This region was the ancient boundary of the final moraine of the Osipovichi-Mogilev-Orsha stage of glaciation in the *Early Vendian*. Its position is inherited by the Belarusian Anteclise and Zhlobin Saddle in the modern structural plan.

References

1. Veretennikov, N.V. Tillit-like rocks of the Upper Precambrian of Byelorussia and their genesis / N.V. Veretennikov // Lithology, geochemistry and mineral deposits of Byelorussia and the PreBaltics. – Minsk: Science and Technology, 1968. – P. 29–50 (in Russian).
2. Makhnach, A.S. The Riphean and Vendian of Belarus / A.S. Makhnach, N.V. Veretennikov, V.I. Shkuratov, V.E. Bordon. – Minsk: Science and Technology, 1976. – 360 p. (in Russian).
3. Shkuratov, V.I. Paleogeographic conditions of Vendian sedimentation in Belarus / V.I. Shkuratov, A.S. Makhnach // Reports of the National Academy of Sciences of Belarus. – 2003. – V. 47, № 4. – P. 104–106 (in Russian).
4. Herron, M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data / M.M. Herron // J. Sed. Petrol. – 1988. – V. 58. – P. 820–829.

СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ И ПОКРЫШЕК ВЕРХНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ И НИЖНЕГО КЕМБРИЯ ПРИБУГСКОЙ СТРУКТУРЫ В ПОДЛЯССКО-БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЕ

В.Г. Левашкевич¹, С.Е. Шпак²

¹Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

e-mail: levashk@presidium.bas-net.by

²Открытое акционерное общество «Газпром-трансгаз Беларусь», Минск, Беларусь

e-mail: style28@tut.by

На основе данных лабораторных исследований керна установлены особенности вещественного состава и физических свойств пород-коллекторов и покрышек верхнепротерозойских (котлинская свита) и нижнекембрийских (рытская, страдечская и спановская свиты) отложений в пределах Прибугского подземного хранилища газа. Приведен характер изменения исследуемых параметров по разрезу свит.

Ключевые слова: порода-коллектор, покрышка, состав, физические свойства, Прибугское подземное хранилище газа, Подлясско-Брестская впадина.

COMPOSITION AND PHYSICAL PROPERTIES OF RESERVOIR-ROCKS AND TIRES OF THE UPPER PROTEROZOIC AND LOWER CAMBRIAN OF THE PRIBUGSKAJA STRUCTURE WITHIN THE PODLESSE-BREST DEPRESSION

V.G. Levashkevich¹, S.E. Shpak²

¹Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

²Open Joint Stock Company «Gazprom Transgaz Belarus», Minsk, Belarus

The composition and physical properties of reservoir rocks and tires from the Upper Proterozoic (Kotlin Series) and Lower Cambrian (Ryta, Stradech and Span Series) deposits within the Pribugskoie underground gas storage are presented. These features are installed on the basis of data from the laboratory research core. The changes of these parameters in geological section are showed.

Keywords: reservoir-rock, tire, composition, physical properties, Pribugskoje underground gas storage, Podlesse-Brest Depression.

В пределах Прибугской структуры отложения верхнего протерозоя и нижнего кембрия образуют коленчатый изгиб (флексуру) с разрывным нарушением на опущенном крыле [1, 5], что создает благоприятные условия для создания подземного хранилища газа (ПХГ). В качестве основного пласта-коллектора для хранения газа используются отложения страдечской свиты кембрийской системы и частично котлинские породы венда.

В настоящем сообщении рассмотрены результаты исследования и сопоставления состава и физических свойств пород котлинского горизонта венда (V_2 kt), а также рытской (ϵ_1 rt), страдечской (ϵ str) и спановской (ϵ sp) свит кембрия.

Детальное исследование и сопоставление химических и физических параметров горных пород обусловлены необходимостью получения новых знаний о породах-коллекторах и породах-покрышках с целью более эффективного использования порового пространства отложений при создании и эксплуатации газовых залежей в пределах структуры. Кроме того, необходима оценка фильтрационно-емкостных свойств пород и выявление характера их изменения по разрезу отложений, что связано с наличием в теле ряда песчаных отложений (коллекторов) маломощных, практически непроницаемых пропластков, обладающих свойствами локальной покрышки и, наоборот, присутствием в толще глинистых отложений (покрышек) песчаных, проницаемых для газа и воды пропластков. Присутствие таких «аномальных» образований в разрезе может существенно влиять на продвижение газа в вертикальном и горизонтальном направлениях. Исследуемые отложения достаточно полно изучены комплексом геофизических исследований, включая специальные термометрические исследования скважин [3].

Состав и свойства горных пород определены в отделе физико-химических методов исследований государственного предприятия «БелНИГРИ» под руководством Самодурова В.П. по общепринятым методикам в соответствии с действующими ГОСТами. Подробное описание используемых методов дано нами ранее [4]. На рис. 1 приведены фотографии наиболее представительных пород различных горизонтов структуры.



€1 sp, скв. 74, гл. 1080,2 м.



€1 sp, скв. 74, гл. 1091,6 м.



€1 str 3-2, скв. 44, гл. 1163,0 м.

Контакт песчаника среднезернистого и мелкозернистого с каолинит-гидрослюдистым глинистым цементом, охватывающим более 95 % породы 95 % породы

Контакт песчаника мелкозернистого без цемента и с каолинит-гидрослюдистым цементом, охватывающим более 95 % породы

Чередование глины аргиллитоподобной и песчаника мелкозернистого, неравномерно глинистого с каолинит-гидрослюдистым составом глины. Покрышка



€1 str 2-1, скв. 44, гл. 1228 м.



€1 rt, скв. 71, гл. 1235,0 м.



V2 kt, скв. 71, гл. 1249,6 м.

Песчаник, кварцевый, пористый. Цемент доломитовый. Поры выполнены цементом не полностью, создавая свободное поровое пространство. Коллектор

Песчаник мелкозернистый, линзово-видно-слоистый, послойно глинистый, слабопористый. Прослойки глины приурочены к межзерновым порам и цементируют породу

Алевролит песчаный, с глинисто-железистым цементом порового типа, слабопористый

Рисунок 1. Фотографии пород различных стратиграфических подразделений Прибугской структуры и их краткое описание

Для анализа использованы результаты лабораторного исследования химического, минерального, гранулометрического состава пород, их глинистости, плотности, открытой и закрытой пористости, проницаемости по газу и воде, порового пространства пород с помощью цифровых фотографий и другие данные. Исследованы равномерно распределенные по мощности отложений образцы керна из скважин, расположенных в пределах ПХГ: скв. 74 (спановские отложения), скв. 44 (пласты 3-2 и 2-1 страдечских отложений), скв. 71 (рытские и котлинские отложения) (рис. 1).

В ходе анализа лабораторных данных химического состава, физических и гидродинамических параметров горных пород установлены основные особенности их изменения по разрезу исследованных горизонтов.

По мощности спановских отложений (коллектор) породы представлены преимущественно кварцевым песчаником (с содержанием кварца 80–90 %) с преобладанием мелкозернистой

и среднезернистой компонент. Примесь калиевых шпатов, слюд и минералов тяжелой фракции не превышает 10 %. Цемент каолинит-гидрослюдистый, пленочного, базально-порового и порово-базального типов с примесью гидроксидов железа. Наиболее пористые песчаники со значениями общей и открытой пористостей 23,0 и 16,0 % соответственно характеризуются отсутствием цемента, высокой проницаемостью (более 800 мД) и относительно низкой остаточной водонасыщенностью (20–25 %). В наименее пористых образцах пород цемент преимущественно глинистый; карбонатный цемент отсутствует.

По данным исследования образцов из спановских отложений скважины 74 (рис. 1) на глубинах 1068,6, 1080,2, 1091,6 и 1114,8 м, а также в интервале глубин 1089,8–1092,0 м залегают породы с повышенным содержанием алюминия, калия, железа и магния, что обусловлено присутствием глинистых минералов (гидрослюд и каолинит – до 17 %), заполняющих поры, и полевых шпатов. В химическом составе таких пород отмечается резкое снижение кварца. Для наиболее глинистых пород характерно значимое превышение гидрослюд над каолинитом, что приводит к существенному снижению их проницаемости (менее 0,01 мД), высокой остаточной водонасыщенности (50–60 %). Породы с такими свойствами способны быть локальной покрышкой и удерживать значительные объемы газа в пределах структуры. Таким образом, особенностью спановских отложений является наличие преимущественно в верхней половине разреза пропластков пород, обладающих свойствами покрышки, что должно быть должным образом учтено при технологическом планировании создания и эксплуатации искусственной газовой залежи в рассматриваемом горизонте.

Подстилающий спановскую свиту пласт 3-2 страдечских образований (пласт-покрышка) представлен в основном алевролитом полевошпатово-кварцевым с чередованием глинистых и глинисто-слюдистых прослоек (рис. 1). Глинистое вещество приурочено к тонким нитевидным прослойкам, невыдержаным по мощности и по простирианию. Глинистость пород составляет в среднем 12–25 %, повышаясь до 62,4 % и уменьшаясь до 7,5 % для отдельных образцов. Средняя общая пористость пород составляет 15–18 % (открытая 13–15 %), проницаемость – до 1 мД.

Пористость породы обусловлена наличием пор, расположенных преимущественно по напластованию слоев (ленточная пористость), что создает определенную проницаемость по напластованию отложений и определяет ее отсутствие в перпендикулярном направлении (вдоль оси керна), то есть свободное поровое пространство таких пород располагается в основном в области соприкосновения слоев.

Особенностью отложений является наличие пропластков пород с резко пониженными значениями калия, железа, магния, алюминия и повышенными содержаниями кварца, что характерно для пористых песчаников с равномерным гидрослюдисто-каолинитовым цементом контактово-порового типа. Как правило, такие породы не отличаются от соседних по данным радиоактивного каротажа скважин и не выделяются на соответствующих графиках. В скважине 44 такие породы расположены в интервале глубин 1159,6–1161,0 м.

Породы пласта-коллектора (ϵ , str 2-1) представлены песчаником с различным гранулометрическим составом. Они характеризуются малой глинистостью (0–5 %), за исключением образцов пород из кровельной части отложений всех исследованных скважин с повышенным содержанием глинистых минералов группы каолинита и гидрослюд (до 40 %). По вертикали породы характеризуются в основном мономинеральным составом с преобладанием кварца (до 85 %) и низкими значениями химических параметров (K_2O , Al_2O_3 и др.), которые имеют тесную связь с наличием глинистых компонентов в породе.

Несмотря на простоту минерального состава, породы пласта-коллектора отличаются широким спектром фильтрационно-емкостных свойств (открытая пористость 17,0–22,0 %, проницаемость вдоль оси керна по газу от 100 до 800 мД и остаточной водонасыщенностью около 30,0 %), что связано с неоднородностью и разнообразием их порового пространства, определяемого формой зерен и особенностями их упаковки в матрице, распределением цемента и характером катагенетических преобразований в процессе развития отложений.

Отложения рытской свиты представлены в основном песчаником мелкозернистым, кварцевым, с глинисто-железистым цементом порового типа, преимущественно горизонтально-

слоистым. Текстура глины преимущественно ориентированная параллельно напластованию, что приводит к значительному снижению проницаемости породы вдоль оси керна. Расположенные в кровле свиты породы характеризуются повышенными радиоактивностью и содержанием оксидов калия, железа и алюминия, которые концентрируются в основном в полевых шпатах и глинистых разностях пород. Такие породы имеют, как правило, низкие фильтрационно-емкостные свойства и могут быть отнесены к покрышке. В подошве отложений залегают песчаники с максимальными концентрациями кварца (около 90 %), резко пониженными содержаниями K_2O , Al_2O_3 , малой концентрацией радиоактивных элементов и повышенной проницаемостью (до 1200 мД).

Котлинские отложения характеризуются выраженной слоистостью и соответствующими вариациями вещественного состава и физических свойств пород, в том числе, фильтрационно-емкостных параметров.

Одной из особенностей изменения химического состава отложений по глубине всех исследуемых скважин Прибугской структуры является резкое увеличение содержания оксидов фосфора и кальция для пород, перекрывающих верхнепротерозойские образования. Очевидно, это связано с появлением в кембрии впервые в истории Земли организмов с хитиново-фосфатным или известковистым скелетом [2]. Данное обстоятельство может быть использовано для определения границы между кембрийскими (рытская свита) и верхнепротерозойскими отложениями.

Список литературы

1. Зиновенко, Г.В. Балтийско-Приднестровская зона перикратонных опусканий / Г.В. Зиновенко. – Мин.: Наука и техника, 1986. – 215 с.
2. Зиновенко, Г.В. Балтийская серия нижнего кембрия Прибугского поднятия и основные закономерности ее строения / Г.В. Зиновенко, Т.В. Воскобойникова // Літасфера. – 2007. – № 2 (27). – С. 115–120.
3. Левашкевич, В.Г. Геотермия запада Восточно-Европейской платформы / В.Г. Левашкевич. – Мин.: Беларуская навука, 2013. – 153 с.
4. Левашкевич, В.Г. Вещественный состав и физические свойства горных пород нижнего кембрия и верхнего протерозоя Прибугской структуры Подлясско-Брестской впадины / В.Г. Левашкевич // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. – № 1. – С. 89–98.
5. Тектоника запада Восточно-Европейской платформы / Под ред. Р.Г. Гарецкого. – Мин.: Наука и техника, 1990. – 168 с.

ФЛОРЫ ЛОЕВСКОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Г.И. Литвинюк, А.Л. Стельмах, А.И. Косяк

*Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
Минск, Беларусь
e-mail:kaffgeo@mail.ru; anya.stelmah.2013@mail.ru; nastia-kosyakkk@mail.ru*

В статье приводятся результаты палеокарнологического изучения флор лоевского типа на территории Беларуси.

Ключевые слова: *флора лоевского типа, позднеледниковые, Беларусь.*

LOEVIAN TYPE FLORAS IN THE TERRITORY OF BELARUS

H.I. Litviniuk, A.L. Stelmakh, A.I. Kasiak

Belarusian State Pedagogical University of Maxim Tank, Minsk, Belarus

The paper presents the results of paleocarpologic study of the loevian type floras within the territory of Belarus.

Keywords: *loevian type flora, Late Glacial, Belarus.*

Флора Беларуси, как и в целом средней полосы Восточно-Европейской равнины, в течение плейстоцена претерпела ряд существенных преобразований, прежде чем окончательно приобрела современный облик. Одним из важнейших этапов перестройки флоры стал переходный период от среднего плейстоцена к позднему, когда происходило интенсивное вымирание реликтовых плиоцен-плейстоценовых и особенно плейстоценовых видов, на смену которым пришли уже вполне оформленные современные. Многие роды среднеплейстоценовой флоры Беларуси (*Potamogeton*, *Caulinia*, *Eleocharis*, *Carex*, *Alnus*, *Carpinus*, *Brasenia*, *Nymphaea*, *Hypericum*, *Myriophyllum*, *Stratiotes*, *Aldrovanda*) были представлены вымершими видами с древними связями, явившимися тупиковыми ветвями архаичных филогенетических линий либо давшими продолжение родов в виде современных таксонов. Кроме того, в среднеплейстоценовой флоре немало форм, сходных с современными среднерусскими видами, но по ряду морфологических признаков отличающихся от них. Часть видов, уверенно относимых к современным, ныне отсутствует в восточноевропейской флоре, но широко распространена в Восточной Азии, на Дальнем Востоке, в Северной Америке, что свидетельствует о дальних и обширных связях этих флор в плейстоцене.

Развитие мощных и продолжительных среднеплейстоценовых оледенений вело к неуклонному обеднению восточноевропейской флоры, из состава которой в первую очередь выпадали реликтовые и теплолюбивые формы, а затем и многие виды умеренной лесной зоны. Лесные сообщества сменялись лесотундро- и тундроподобными формациями. Последовательные стадии этого процесса можно видеть при смене александрийских межледниковых сообществ обедненными растительными группировками раннеднепровского времени в разрезах Принеманская и Руба. Эти флоры практически лишены древесных пород и травянистых растений бразильевого комплекса, господствующее положение занимает группа видов с широким диапазоном приспособительных реакций – виды *Carex*, *Ranunculus*, *Hippuris*, *Myriophyllum*, некоторые виды *Potamogeton*, как и многие другие, чье присутствие в разрезе безошибочно указывает на значительное ухудшение климатических условий. Дальнейшее обеднение среднеплейстоценовой флоры Беларуси выразилось в широком распространении перигляциальных растительных сообществ. Основу соответствующих флор составляют арктобореальные и аркоальпийские виды, такие как *Salix polaris* L., *S. herbaceae* L., *Dryas octopetala* L., *Betula nana* L., *Polygonum viviparum* L. и некоторые другие, свидетельствующие об обстановке, близкой тундровой. О характере растительного покрова Беларуси вскоре после деградации сожского ледника можно судить по позднеледниковым флорам лоевского типа, представляющим собой одну из важнейших страниц палеонтологической летописи плейстоцена.

Первые сведения о позднеледниковых предмуравинских флорах встречаются в работе польского палеоботаника А. Сродоня [7], который относил их к началу рисс-вюрмского времени. С своеобразие этих флор было замечено также Дорофеевым П.И. [2]; на их таежный облик обратил внимание Величкевич Ф.Ю. [1]. По месту их первоначального детального изучения в разрезе Лоев на Днепре они были названы лоевскими, а вмещающие их отложения – лоевскими слоями. Флоры лоевского типа известны и в других районах Восточно-Европейской равнины, но из-за фрагментарности и недостаточной изученности их пока не отделяют от флор начальных фаз последующего межледникова.

В лоевское время выделяется три фазы развития растительности: тундровая (дриасовая), темнохвойных лесов (еловая) и светлохвойных лесов (сосновая). Каждая фаза имеет свои четко выраженные признаки и отличительные особенности, что позволяет различать вмещающие их отложения в разрезе плейстоцена. Опорным разрезом, на материалах изучения которого удалось связать и скорректировать фрагментарные флоры лоевского типа, является разрез Жукевичи [3], где хорошо представлены все три фазы восстановления растительного покрова после деградации предпоследнего сожского ледника. В других разрезах представлена в основном фаза темнохвойных лесов с господством *Picea obovata* Ledeb. и реже – дриасовая. Флоры подобного типа выявлены не только на территории Беларуси, но и в Литве, в Смоленской и Брянской областях России, что говорит об их широком распространении в средней полосе Восточно-Европейской равнины.

Самые ранние стадии восстановления растительного покрова зафиксированы в отложениях разрезов Жукевичи, Черный Берег, Тимошковичи, Малое Уланово и Белый Ров [4]. Послойное изучение флороносных толщ данных разрезов позволило выявить в их основании флору перигляциального облика с характерным дриасовым комплексом. Наиболее четко он выражен во флоре разреза Жукевичи, где его основу составляют тундроподобные сообщества перегляциальной зоны с *Dryas octopetala* L., *Selaginella selaginoides* (L.) Link, *Betula nana* L., *B. humilis* Schrank, *Salix herbaceae* L., *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. Современные ареалы данных видов в Европе находятся значительно северней, в зоне арктической тундры и в альпийском поясе гор, что свидетельствует о суровых климатических условиях, существовавших в дриасовую фазу. Аналогичная картина наблюдается и в других разрезах. В верхних слоях флороносных отложений дриасовый комплекс может дополняться видами умеренной флоры *Picea obovata* Ledeb. в Малом Уланово, *Nymphaea alba* L. и *Nuphar lutea* (L.) Smith в Черном Береге и т. д. При детальном анализе семенных комплексов снизу вверх по разрезу наблюдается постепенное и неуклонное обогащение их состава, что проявляется как в повышении систематического разнообразия, так и в возрастании количества ископаемых остатков. По сравнению с дриасовой флорой, где идентифицированы 62 формы, еловый комплекс включает 134 таксона, то есть наблюдается существенное обогащение состава растительных ассоциаций, что свидетельствует о быстром улучшении климатических условий. При реконструкции палеотемпературных показателей методом совмещения климатограмм растений, который широко применяют палинологи [5, 6], по составу семенной флоры были получены следующие значения среднегодовых температур (рис.1): июля – от 12,5 до 15,5 °C, января – от -4,5 до -12,0 °C.

Для фазы темнохвойных лесов характерны флоры таежного облика с господством *Picea obovata* Ledeb. Лесные флоры с элементами темнохвойной тайги выявлены в разрезах Лоев, Жукевичи, Черный Берег, Белый Ров, а также Нятесос, Максимонис в Литве, Белоусово, Рясна и Посудичи в России. Наряду с характерным и преобладающим элементом *Picea obovata* Ledeb., древесная растительность представлена *Pinus sylvestris* L., *Juniperus communis* L., *Betula alba* L., *B. humilis* Schrank, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Однако наибольшее количество растительных остатков (семена, хвоя, шишкы) все-таки принадлежит хвойным породам и в первую очередь ели сибирской, а затем сосне. Травянистая растительность представлена значительно более разнообразными видами и более массовыми ископаемыми остатками. В общих чертах она напоминает раннемежледниковую за счет присутствия некоторых теплолюбивых видов (*Salvinia natans* (L.) All., *Najas major* All., *N. marina* L., *Scirpus lacustris* L., *Ceratophyllum demersum* L.). Однако ведущую роль в ней все же играют такие эвритемные виды, как *Potamogeton vaginatus* Turcz., *P. pusillus* L., *P. filiformis* Pers., *Ranunculus sceleratus* L., *Batrachium* sp., *Myriophyllum*

spicatum L. и многие другие. Палеотемпературные показатели для еловой фазы следующие: среднегодовая температура июля находится в диапазоне 15–21 °C, января – от 0 до –12,5 °C (рис. 2).

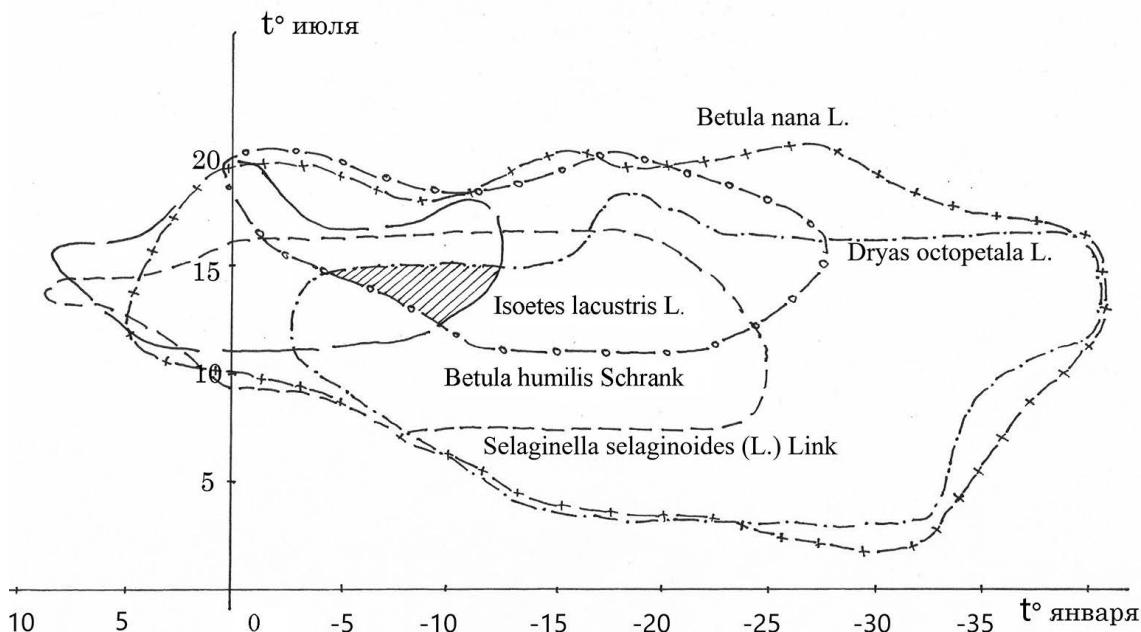


Рисунок 1. Реконструкция палеотемпературных показателей для дриасовой фазы флор лоевского типа

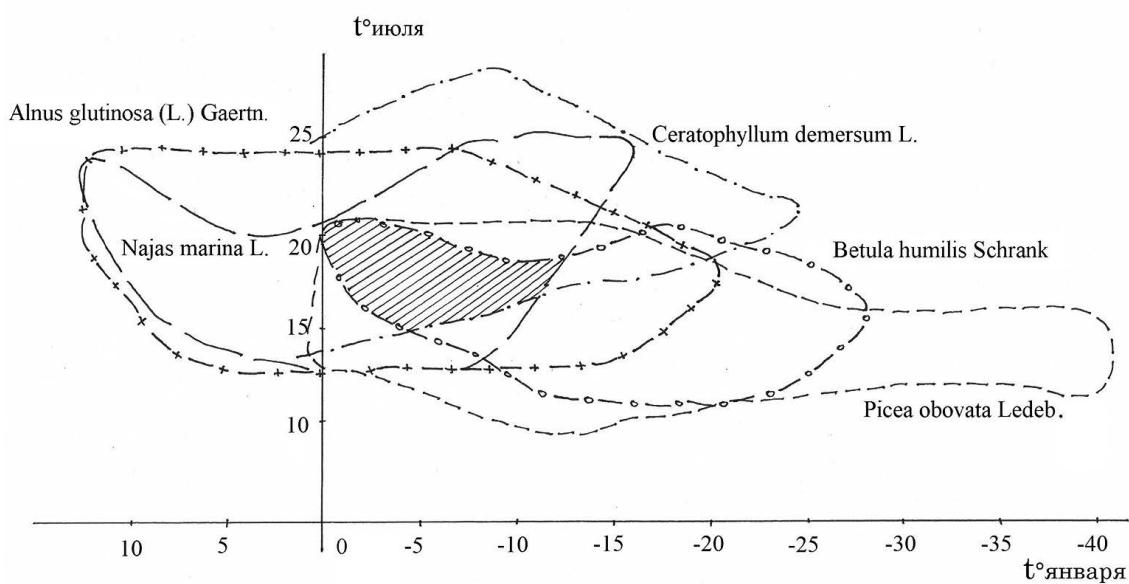


Рисунок 2. Реконструкция палеотемпературных показателей для еловой фазы флор лоевского типа

Завершает этап формирования флор лоевского типа фаза светлохвойно-мелколиственных лесов. Она характеризуется уменьшением роли древесных пород в растительном покрове и некоторыми перестройками в сообществах травянистых растений. Из древесных пород доминируют *Pinus sylvestris* L. и *Betula alba* L., встречены единичные семена *Picea obovata* Ledeb, что указывает на подчиненную роль этого вида в растительных сообществах. Травянистая флора не столько обеднела, сколько изменилась качественно. В ней постоянно присутствуют *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Nymphaea alba* L., *Najas marina* L., *N. major* All., *Scirpus lacustris* L. и многие другие. Более холодостойкие виды из родов *Potamogeton*, *Sparganium*, *Ranunculus* либо отсут-

ствуют, либо очень редки. На завершающих этапах своего развития флора лоевского типа по наличию теплолюбивых форм и особенностям растительности мало чем отличалась от межледниковой. В целом в ее составе насчитывается 195 видов, которые принадлежат к 78 родам и 44 семействам.

В разрезах Белый Ров и Посудичи лоевские слои залегают непосредственно под муравинскими межледниковых отложениями, без какого-либо перерыва или размыва. В других разрезах (Жукевичи, Лоев, Тимошковичи, Черный Берег) перерыв выражен четко в виде горизонта песка разнозернистого, преимущественно крупнозернистого, и тогда можно достаточно хорошо отделить лоевские слои от муравинских. В целом флоры лоевского типа встречаются довольно редко, и каждая их находка уникальна. Это связано с тем, что они могли формироваться в термокарстовых западинах, расположенных на водоразделах или высоких коренных берегах рек.

Список литературы

1. Величкевич, Ф.Ю. Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины / Ф.Ю. Величкевич. – Мн., 1982. – 240 с.
2. Дорофеев, П.И. Новые данные о плейстоценовых флорах Белоруссии и Смоленской области / П.И. Дорофеев // Материалы по истории флоры и растительности СССР. – М.–Л., 1963. – Т. 4. – С. 5–180.
3. Литвинюк, Г.И. Новые данные о флоре Жукевичей (р. Горница) на Немане / Г.И. Литвинюк // Советская палеокарпология (Итоги и перспективы). – М., 1979. – С. 145–160.
4. Литвинюк, Г.И. Роль краеведения в научно-исследовательской работе студентов / Г.И. Литвинюк, Д.Г. Суворов, И.М. Буслаева // Экологическая культура и охрана окружающей среды. I Дорофеевские чтения: матер. Межд. науч.-практ. конф., Витебск, 21–22 ноября 2013 г. – Витебск: ВГУ им. П.И. Машерова, 2013. – С. 60–61.
5. Рылова, Т.Б. Растительность и климат межледниковых интервалов плейстоцена Беларуси по данным палеоботанических исследований / Т.Б. Рылова, И.Е. Савченко // Літасфера. – 2006. – № 1 (24). – С. 12–26.
6. Рылова, Т.Б. Растительность и климат территории Беларуси и Польши в позднеприпятское (поздняя одра), муравинское (эем) и раннепоозерское (ранний вистулиан) время / Т.Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2013. – № 2 (39). – С. 3–23.
7. Srodon, A. Roswoj roslinnosci pod Grodnem w ostatniego interglacjalu / A. Srodon // Acta Geol. Pol. – 1950. – Vol. 1, № 4. – S. 365–390.

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ СМОЛ В УСЛОВИЯХ ТЕРМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О.В. Мартиросян¹, М.А. Богдасаров²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского, Москва, Россия
e-mail: olgakovaleva1977@mail.ru

²Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест, Беларусь
e-mail: bogdasarov73@mail.ru

Изложены результаты изучения особенностей строения ископаемых смол, полученных с помощью метода ИК-спектроскопии. Разработаны научные критерии идентификации ископаемых смол, которые позволяют создавать теоретическую основу для понимания механизма образования ископаемых смол и их последующего метаморфизма в различных геологических обстановках. Представлена классификация ископаемых и современных смол.

Ключевые слова: ископаемые смолы, диагностика, классификация, инфракрасная спектрометрия, структурные особенности, термальный метаморфизм.

STRUCTURAL TRANSFORMATION OF FOSSIL RESINS UNDER THE THERMAL INFLUENCE

О.В. Martirosyan¹, М.А. Bogdasarov²

¹All-russian scientific-research institute of mineral resources named after N.M. Fedorovsky, Moscow, Russia

²Brest State University named after A.S. Pushkin, Brest, Belarus

IR analysis of fossil resin structural features has been presented. The scientific criteria of the fossil resins identification were developed. They allow creating a theoretical basis for the formation mechanism of fossil resins and their subsequent metamorphism in various geological environments. The classification of fossil and modern resins is presented.

Keywords: fossil resin, diagnostics, classification, infrared spectrometry, structural features, thermal metamorphism.

Исследователи янтареподобных смол давно пришли к заключению, что при сравнении ископаемых и современных смол наиболее востребованным методом как для изучения ряда тонких деталей их строения, так и для диагностики этих объектов является инфракрасная спектроскопия (далее – ИКС).

Объектами исследования стали 16 видов ископаемых и современных смол. ИК-спектры поглощения получены при следующих условиях: образцы перетирались с бромидом калия, при помощи пресса изготавливались таблетки, которые исследовали на ИК-Фурье спектрометре Инфраклюм ФТ-801, фирмы «Люмэкс-Сибирь» (Россия), в диапазоне 4000–500 см⁻¹, с разрешением 4 см⁻¹, числом сканирований 32. Образцы ископаемых смол нагревали в муфельной печи. Температура и термического воздействия ископаемых смол была выбрана на основании данных дифференциального термического анализа (далее – ДТА) [1]. Многие из изученных ископаемых смол размягчаются при 100 °C, плавятся при 300–340 °C и полностью выгорают при 500 °C. Поэтому были выбраны температуры, в которых протекают основные их стадии деградации: после размягчения – 105 °C, до плавления 270 и 300 °C и после плавления, но до главной стадии их выгорания – 450 °C. Температура 270 °C была выбрана только для сукцината, поскольку, выше 235 °C расплавленная янтарная кислота, отдавая воду, переходит в янтарный ангидрид, это переход заканчивается при 270 °C. Продолжительность нагревания уменьшалась с увеличением температуры от 3 часов при 105 °C, до 30 минут при 300 °C и до 15 минут при 450 °C.

Инфракрасные спектры поглощения дают информацию о наличии и соотношении разных структурных элементов в ископаемых смолах, которые по современным представлениям, сло-

жены набором большого числа полимерных органических молекул [3]. На основании полученных нами ранее данных [2] были выделены 12 специфических фрагментов их структуры. Такими специфичными фрагментами являются: соотношение связей C = O и C—O карбоновых кислот и их сложных эфиров, связей C—O первичных, вторичных и третичных спиртов, наличие C = C ароматического скелета, связей типа R₁R₂C = CH₂, >C = CH в цикле, R₁R₂C = CHR₃, HC = CH (цис-конфигурация), HC=CH (цис), замещенные метилом в α-положении и эфирной группой (HC = CH-COOR), —O—O— перекисей.

Заметим, что ряд ископаемых смол на ИК-спектрах имеют полосы поглощения ароматических связей C = C (1600 см⁻¹), а для ряда других подобные полосы не характерны. Это является отличительным критерием для подразделения ископаемых смол на хрупкие и вязкие. По нашему мнению, классификация растительных смол должна удовлетворять двум требованиям: 1) она должна наметить их генетические линии и 2) служить рабочим аппаратом для дальнейших исследований, то есть для диагностики конкретных видов смол.

С помощью данных ИКС ископаемых смол, которые могут использоваться в качестве их надежной диагностики, нами были выделены три отдела аморфных смол: янтареподобные, ретинитоподобные, «незрелые» и построена схема их классификации. В ней впервые наряду с химическим составом, строением и физическими свойствами ископаемых смол учитываются условия фоссилизации смол и данные ИКС.

К отделу так называемых **янтареподобных смол**, нами отнесены: сукцинит, гедано-сукцинит, румэнит, бирмит, шрауфит, симетит, беккерит, стантинит. Общим для них является вязкость, они содержат янтарную кислоту и имеют полимерную структуру на основе лабданового скелета с регулярной конфигурацией. Как правило, все они встречаются совместно с сукцином. По данным ИКС их можно разделить на две группы.

Первая группа образует отдельное семейство – сукцинина, куда входит собственно сукцинит и гедано-сукцинит. Они встречаются всегда в переотложенном состоянии, вне связи с буровогольными залежами, как правило, в глауконитово-кварцевых песках и глинах. На ИК-спектрах характерным для них является наличие «балтийского зубца», состоящего в присутствии широкого плеча, обусловленного поглощением связей C—O карбоновых кислот в сочетании с острым пиком при 1160 см⁻¹, характерного для связей C—O сложных эфиров. Следует заметить, что гедано-сукцинит («гнилой янтарь») микроскопически не отличается от сукцинина, однако по данным ИКС отличается от него более ярко выраженной полосой поглощения группы C—O карбоновых кислот в «балтийском зубце», при этом интенсивность экзоциклических непредельных связей типа C = CH₂ слабее, чем у сукцинина.

Вторая группа, представляющая собой продукты глубокого изменения смоляного вещества образует два семейства, различных по характеру преобразований: 1) семейство румэнита (куда входит румэнит и бирмит, встречающиеся в зоне орогенеза, где такие факторы, как давление и температура, проявлялись в полной мере [1] и 2) семейство окисленных смол, куда относятся шрауфит, симетит, беккерит, стантинит – смолы, богатые кислородом, содержание которого достигает 25 % (эти смолы показывают следы сильного выветривания [5], окраска меняется от красно-буровой до буро-черной и черной). Группа неоднородная по составу – вязкие и хрупкие (частью связанные с бурыми углами) смолы. Общим для этих двух семейств является наличие связей >C = CH в цикле, при этом окисленные смолы на ИК-спектрах имеют перекисные связи —O—O—.

На основании данных ИКС можно наметить ряды переходов ископаемых смол, образование которых обусловлено различным воздействием геохимической обстановки (аэробной на стадии диагенеза для сукцинина и гедано-сукцинина), температуры и давления – на стадии катагенеза для перехода сукцинина – румэнита, кислорода и воды – на стадии гипергенеза для ряда: румэнит – шрауфит – симметит – беккерит – стантинит. На стадии диагенеза образование ископаемых смол семейства янтаря (сукцинина, гедано-сукцинина) происходит преимущественно в морской глауконите содержащей среде, где происходят химические превращения ископаемой живицы, сопровождающиеся появлением в ней разных кислородных соединений в основном эфиров карбоновых кислот, в том числе янтарной кислоты и ее эфиров. В процессе субаэрального диагенеза в смоле начинается формирование пространственного полимерного

каркаса, благодаря возникновению в макромолекуле ряда кислородных связей. Далее попадание смол типа сукцинита в условия с повышенными температурами и давлением вызывает перестройку полимерного каркаса, которая выражается в уменьшении двойных экзоциклических связей и образования непредельных связей в цикле. При гипергенном окислении ископаемых смол строение пространственного каркаса эволюционирует за счет увеличения числа связей типа $-O-O-$ с образованием перекисей, гидроперекисей, а также связей OH. Вследствие этого возрастает содержание кислорода, убывает содержание углерода и водорода, повышается хрупкость. Известно, что подобные превращения румэнита приводят к образованию шрауфита, как показывает сравнение его образцов с окисленной зоной образцов румэнита.

Второй отдел ископаемых смол образуют **ретинитоподобные смолы**, которые составляют одно семейство ретинита, куда входят геданит, глессит, ретинит, валховит. Это хрупкие смолы, встречающиеся непосредственно в буроугольных залежах. Янтарную кислоту не содержат. Геданит и глессит имеют полимерную структуру, а ретинит и валховит не имеют. При этом ретинит состоит из углеводородов, имеющих abiетиновый и пимаровый скелеты, а валховит – цедреновый скелет. Однако характерным для них является наличие в их ИК-спектрах непредельных связей типа $R_1R_2C = CHR_3$ и то, что полосы, оставляющие «балтийский зубец», имеют одинаковую интенсивность. Несмотря на совместное нахождение с сукцинитом, хрупкость геданита и глессита, а также отсутствие в них янтарной кислоты, позволили отнести их к отделу ретинитоподобных смол. Это отличие вязких смол от ретинитоподобных (хрупких) можно объяснить особенностями условий фоссилизации смолистого вещества, в результате которых они образовались [4].

Третий отдел – **«незрелых» смол** составляют копалы, кранцит, зигбургит, встречающиеся обычно непосредственно в буроугольных залежах и живица современных хвойных деревьев. По своим физическим свойствам (легкоплавкость, растворимость в хлороформе и сероуглероде и нерастворимость в других органических растворителях) относятся к неглубоко измененным («незрелым») смолам. Они имеют в своей структуре довольно значительное содержание связей $CN = CN$ с цис-конфигурацией при двойной связи, замещенные как эфирными группами $CN = CN - COOR$, так и метилом в α -положении. Эти связи отсутствуют в других ископаемых смолах. Подобные связи характерны для коричной кислоты, которая была выделена при дестилляции зигбургита [5]. Однако их химическая составляющая различна. Копалы имеют в своем составе скелет из лабдановых дитерпенов с энантио-конфигурацией, кранцит и зигбургит имеют кадиненовый и стирольный скелет, а живица современных хвойных имеет abiетиновый и пимаровый скелеты. Отметим, что отнесенный в эту группу мягкий, эластичный кранцит при нагревании около 100 °C становится хрупким.

Согласно данным ИКС нагретых образцов геданитов установлено, что при нагревании до 105 и 300 °C в течение 3 часов геданиты по своим спектроскопическим характеристикам так и не стали похожи на гедано-сукцинит. Однако, на наш взгляд, этого и не должно было быть, поскольку условия фоссилизации смолистого вещества, в результате которых образовался хрупкий геданит, привели к образованию комплекса свойств отличных от вязких смол, к которым относится гедано-сукцинит [1; 4]. При этом, заметим, что продукты нагрева геданита при 300 °C в течение 30 минут становятся схожи с прогретыми при таких же условиях ретинитами, отличаясь лишь соотношением связей C–O в сложноэфирных группах и карбоновых кислотах, которое у геданитов после прогрева стало схожим как у вязких ископаемых смол ($1700 < 1730$), в то время как для ретинитов оно не изменилось. Это косвенно доказывает, что ретинит и геданит несмотря на различное химическое строение относятся к одному семейству ископаемых смол.

Что касается гедано-сукцинита, то его условия фоссилизации были близки к тем, которые были при образовании сукцинита. Установлено, что термическое воздействие при 105 °C в течение 3 часов на гедано-сукцинит, привело к увеличению содержания сложных эфиров и уменьшению содержания связей C–O карбоновых кислот, что выражается в появлении так называемого «балтийского зубца» на их ИК-спектрах. Увеличивается интенсивность непредельных связей типа $R_1R_2C = CH_2$. Полученный продукт по спектроскопическим характеристикам стал похож на природный сукцинит.

Воздействие на сукцинит температуры 105 °С в течение 3 часов не приводит к изменению характера их ИК-кривых. Тогда как нагревание до 270 °С в течение 3 часов приводит к существенному изменению его первоначальной структуры, а именно появлению связей $>\text{C} = \text{CH}$ в цикле, при одновременном уменьшении содержания связей типа $\text{R}_1\text{R}_2\text{C} = \text{CH}_2$ и связей С–О в эфирах. Спектроскопические характеристики показывают, что полученное при таком нагревании сукцинита вещество становится схоже с румэнитом. Сокращение доли непредельных связей типа $\text{R}_1\text{R}_2\text{C} = \text{CH}_2$ в строении макромолекулы румэнита полученного в эксперименте вероятно обусловлено процессом дегидрогенизации двойных экзоциклических связей с образованием именно связей $>\text{C} = \text{CH}$ в цикле. Следовательно, румэнит действительно представляет собой продукт эволюции сукцинита, что подтверждается также идентичностью кривых ДТА этих смол и меньшим по сравнению с сукцинитом содержанием янтарной кислоты в продуктах сухой перегонки румэнита [1].

Гретые румэниты при 105 и 300 °С не обнаруживают сходства ни с одним из известных ИК-спектров ископаемых смол. Установлено, что в процессе нагревания при высоких температурах (450 °С) происходит образование ароматических структур (полосы при 1600, 1430 cm^{-1}) в сукцинатах, гедано-сукцинатах и румэнатах и увеличение их содержания в хрупких смолах – ретинатах и геданатах, что можно объяснить тем, что изначально присутствующие в смолах в значительных количествах полиметилены преобразуются именно в ароматические углеводороды, благодаря тому, что они при распаде образуют дивинил, который в дальнейшем переходит в ароматические соединения.

Таким образом, в результате проведенных исследований экспериментально подвержено существование генетического ряда: гедано-сукцинит \rightarrow сукцинит \rightarrow румэнит, обусловленного термическими процессами.

Список литературы

1. Богдасаров, М.А. Янтарь и другие ископаемые смолы Евразии / М.А. Богдасаров; М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Брест: БрГУ, 2017. – 216 с.
2. Мартиросян, О.В. Ископаемые смолы: диагностика, классификация и структурные преобразования в условиях термального воздействия / О.В. Мартиросян, М.А. Богдасаров // Вестн. Ин-та геол. Коми науч. центр. Уральс. отделен. РАН. – 2014. – № 4 (232). – С. 10–15.
3. Мартиросян, О.В. Факторы и механизмы структурной эволюции органических минералов и минералоидов / О.В. Мартиросян. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 241 с.
4. Мацуй, В.М. Эволюция смолопродуцирующей растительности и формирование залежей ископаемых смол / В.М. Мацуй. – Киев: Наукова думка, 2016. – 144 с.
5. Орлов, Н.А. Минералогия каустобиолитов / Н.А. Орлов, В.А. Успенский. – М.; Л.: АН СССР, 1936. – 198 с.

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО ВЕРОЯТНОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯМ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВИДОВ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ

А.В. Матвеев

*Институт природопользования НАН Беларусь, Минск, Беларусь
e-mail: matveyev@ecology.basnet.by*

На основании анализа особенностей проявления современных опасных геологических процессов на территории Беларуси и разработанных критериев оценки возможных последствий экстремальной геодинамики построены две схемы районирования региона. На одной из них выделено шесть градаций территории, различающихся по риску развития опасных процессов, на второй – шесть градаций с разной степенью неблагоприятных последствий возможной реализации этого риска.

Ключевые слова: геологические процессы, риск, неблагоприятные последствия, районирование.

ZONING OF THE TERRITORY OF BELARUS ON THE PROBABILITY AND CONSEQUENCES OF THE EXTENSION OF THE EXTREME SPECIES OF MODERN GEODYNAMICS

A.V. Matveyev

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

On the base of the analysis of the peculiarities of modern dangerous geological processes manifestations in the territory of Belarus and the developed criteria of the estimation of possible consequences of extreme geodynamics, two schemes of region zoning are created. 6 territorial gradations, different on the risk of dangerous processes development are marked in one of them. The second scheme shows 6 gradations with different degree of the adverse consequences of the possible realization of that risk.

Key words: geological processes, risk, adverse consequences, zoning.

На территории Беларуси довольно разнообразно проявляются современные геологические процессы, причем некоторые из них могут представлять угрозу для населения, объектов хозяйствования и природы и в связи с этим рассматриваются в качестве опасных (экстремальных, природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса). К этой категории относятся сейсмичность, другие процессы в геоактивных зонах, экстремальные формы плоскостной и линейной эрозии, суффозии, карста, дефляции (пыльные бури), гравитационных процессов, подтоплений и техногенной преобразованности отложений и рельефа. Для обоснования мероприятий по минимизации последствий подобных процессов важное значение имеет районирование территории по риску их проявления. Исследованию этой проблемы уделяется много внимания в странах Западной Европы, в которых изучение рисков регламентируются рядом директивных документов [12]. Серьезные работы по природным и природно-антропогенным опасностям выполнены в Украине и России [7; 8; 11], есть соответствующие публикации и по территории Беларуси [1–4; 10]. Однако чаще всего в перечисленных и многих других статьях и монографиях вопросы риска проявления опасностей литосферного класса далеко не всегда являются приоритетными. В приемах их картографирования существует большое разнообразие, поэтому при рассмотрении этой проблемы по каждому конкретному региону, учитывая специфику его природных особенностей, хозяйственного освоения, целесообразно уточнять методику работ и суть используемых понятий.

В связи с этим необходимо отметить, что автором настоящей публикации под «риском» понимается прежде всего ожидание (вероятность) проявления определенных видов процессов. Исходя из такого подхода следует, чем большее количество процессов может развиваться на каждой конкретной площади, тем выше вероятность их проявления. Карттирование же возмож-

ных неблагоприятных последствий реализации опасностей проводилось отдельно с использованием, как это практикуется и за рубежом, количественных и качественных показателей в зависимости от степени изученности [7–9].

Основным фактическим материалом для выполнения исследований послужили опубликованные схемы опасностей литосферного класса [3; 4; 10], учитывались также теоретические разработки зарубежных коллег, ссылки на которые приведены выше, а также собственный опыт и результаты работ по районированию территории региона по геологическим, геоморфологическим, геодинамическим и геохимическим показателям [5].

Для выявления особенностей дифференциации территории региона по вероятности развития опасных геологических процессов построенные схемы их проявления были разбиты на систему из 553 квадратов площадью 400 км² каждый. В пределах этих квадратов рассчитывались средние значения картируемых показателей (один процесс равен одному баллу), которые относились к центрам квадратов и по этим величинам составлялась схема районирования, на которой вся территория Беларуси разделена на следующие таксоны: с незначительной, умеренной, повышенной, высокой и весьма высокой степенями вероятности проявления природных и природно-антропогенных опасностей (рис. 1).

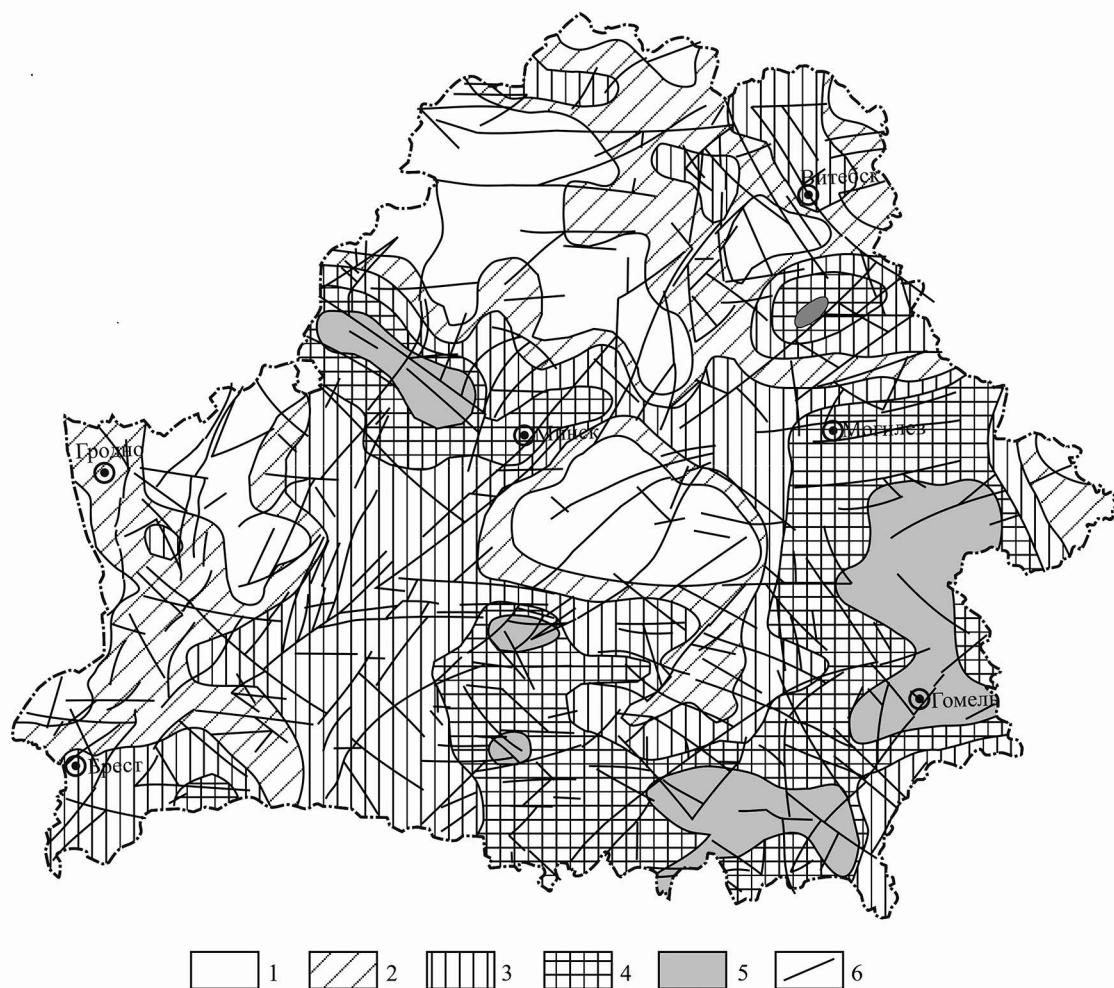


Рисунок 1. Районирование территории Беларуси по вероятности проявления природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса. Степень вероятности (преобладающая оценка в баллах): 1 – незначительная (1), 2 – умеренная (2–3), 3 – повышенная (4–5), 4 – высокая (5–6), 5 – весьма высокая (более 6), 6 – весьма высокая (более 6) в зонах активных разломов

Для определения неблагоприятных последствий проявления природных и природно-антропогенных опасностей выбраны следующие критерии (с оценкой в условных баллах): повторяемость процесса (примерно раз в столетие – 1, раз в несколько лет – 2, сезонная – 3, постоянная – 4), площадь проявления (локальная – 1, примерно в пределах административного

района – 2, субрегиональная – 3), влияние на здоровье населения (незначительное – 1, повышенное – 2, высокое – 3, очень высокое – 5), материальные затраты на минимизацию нарушений природно-техногенных комплексов (незначительные – 1, умеренные – 2, повышенные – 3, высокие – 5), степень нарушенности природных комплексов (незначительная – 1, средняя – 2, сильная – 3, формирование «бедленда» – 5), загрязнение территории (среднее – 3, высокое – 5, зона эколого-геохимического кризиса – 7). По перечисленным показателям рассчитана степень неблагоприятности возможного проявления наиболее распространенных геологических процессов (или их комплексов, влияние которых на экологическую обстановку в регионе рассмотрены ранее [2; 5]). В результате в зависимости от интенсивности проявления получены следующие величины (в баллах): сейсмичность – 3–10, процессы в зонах активных разломов – 16–19, овражная эрозия – 6–7, плоскостная эрозия – 7–8, селеподобные потоки – 6, пыльные бури – 10–11, подтопление – 10, гравитационные процессы – 6–8, карст – 6, суффозия – 5–7, интегральная оценка проявления экзогенных процессов – 8–9, техногенная трансформированность земной поверхности – 9–17, интегральная оценка проявления техногенных процессов – 6, загрязнение территории – 15–23.

С использованием этих данных и с учетом того, что площади проявления различных процессов почти всегда в той или иной степени перекрывают друг друга, было проведено районирование территории Беларуси по возможным неблагоприятным последствиям развития основных видов экстремальной геодинамики (рис. 2). На приведенной схеме по степени неблагоприятности выделено 6 градаций территории: незначительная (суммарная оценка до 5 баллов), умеренная (6–15 баллов), повышенная (16–26 баллов), высокая (26–35 баллов),

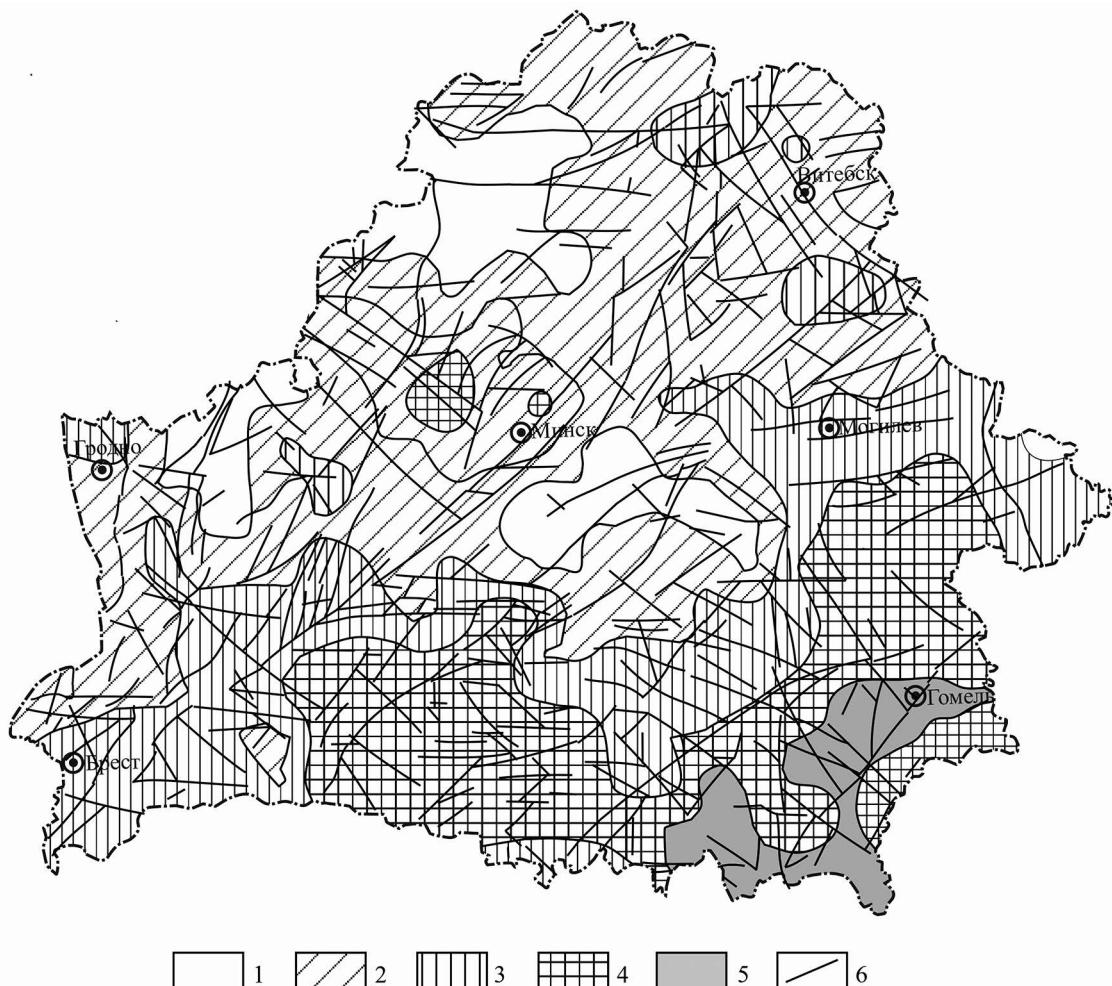


Рисунок 2. Районирование территории Беларуси по степени неблагоприятности проявления природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса. Степень неблагоприятности (оценка в баллах): 1 – незначительная (1–5), 2 – умеренная (6–15), 3 – повышенная (16–25), 4 – высокая (26–35), 5 – весьма высокая (более 35), 6 – весьма высокая (более 35) в зонах активных разломов

весьма высокая (более 35 баллов) и весьма высокая (более 35 баллов) в зонах активных разломов. Перечисленные таксоны различаются по особенностям изменения природных комплексов и сельскохозяйственных угодий (от локальных до полного разрушения), уровню загрязнения покровных отложений (от несколько вышеекларкового до выше предельно допустимого), воздействию на здоровье населения (от маловероятного до заметного увеличения заболеваемости), развитию различного типа аварий (от отсутствия до существенного роста), объемам материальных затрат, которые необходимы для реабилитации территорий (от незначительных до высоких).

Результаты проведенных исследований могут использоваться при геоэкологических оценках территории, обосновании мест размещения крупных инженерных сооружений, разработке комплекса конкретных мер по минимизации возможных неблагоприятных проявлений опасных современных геологических процессов.

Список литературы

1. Калинин, М.Ю. Чрезвычайные ситуации и их последствия: мониторинг, оценка, прогноз и предупреждение / М.Ю. Калинин, А.А. Волчек, П.В. Шведовский. – Минск, 2010. – 275 с.
2. Матвеев, А.В. Интегральная оценка особенностей проявления современных экзогенных геологических процессов на территории Беларуси / А.В. Матвеев // Природопользование. – 2014. – Вып. 25. – С. 131–138.
3. Матвеев, А.В. Опасные эндогенные процессы на территории Беларуси / А.В. Матвеев // Международная научная конференция «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования», посвященная 215-летию со дня рождения И. Домейко. Минск. 2017. – С. 188–191.
4. Матвеев, А.В. Природные и природно-антропогенные опасности экзогенного типа на территории Беларуси / А.В. Матвеев // Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды». Ч. 1. Брест, 2017. – С. 12–15.
5. Матвеев, А.В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А.В. Матвеев, В.Е. Бордон. – Минск, 2013. – 191 с.
6. Палиенко, В.П. К проблеме неогеодинамического риска / В.П. Палиенко // Новые географические знания и направления исследований. – Киев, 2006. – С. 232–241.
7. Проблемы снижения природных опасностей и рисков // Материалы междунар. научно-практ. конф. «Геориск-2012». В 2-х т. Т. 2. – М., 2012. – 311 с.
8. Руденко, Л.Г. Оцінювання й картографування ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні – Європейський контекст / Л.Г. Руденко, О.Л. Дронова // Український географічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 53–60.
9. Рудько, Г.І. Наукові та методичні основи оцінки геоморфологічного ризику території / Г.І. Рудько // Фізична географія та геоморфологія. – 2006. – 51. – С. 86–93.
10. Современная динамика рельефа Белоруссии / А.В. Матвеев [и др.] // НАН Беларуси, Ин-т геохимии и геофизики; под. ред. Б.Н. Гурского, А.В. Матвеева. – Минск, 1991. – 102 с.
11. Ясаманов, Н.А. Степень риска природных катастроф / Н.А. Ясаманов, О.П. Иванов // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1992. – № 4. – С. 16–30.
12. Council Directive 96/82 EC of 9 December 1996 on the control of major-ident hazards involving dangerous substances. – 10 p.

ГИПС В ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕНДА И КВАРТЕРА БЕЛАРУСИ

А.А. Махнач¹, Б.Г. Покровский², О.Ф. Кузьменкова¹, А.Г. Лапцевич¹,
Г.И. Литвиюк³, Т.М. Миненкова¹

¹Институт геологии, Минск, Беларусь

e-mail: amahnach@geology.org.by

²Геологический институт РАН, Москва, Россия

e-mail: pokrov@ginras.ru

³Белорусский государственный педагогический университет, г. Минск, Беларусь

С использованием изотопного анализа серы установлено происхождение гипса в вендских и четвертичных ледниковых отложениях Беларуси. Причиной гипсообразования в песчаниках вильчанской серии раннего венда была инфильтрация концентрированных рассолов из среднедевонского эвапоритового бассейна. Гипс в супесчаных отложениях сожского подгоризонта (средний плейстоцен) формировался в результате замораживания-размораживания пресной воды.

Ключевые слова: венд, квартер, ледниковые отложения, гипс, изотопы серы.

GYPSUM IN GLACIAL DEPOSITS OF THE VENDIAN AND QUARTER OF BELARUS

А.А. Makhnach¹, B.G. Pokrovsky², O.F. Kuzmenkova¹, A.G. Laptsevich¹,
G.I. Litviuk³, T.M. Minenkova¹

¹ Institute of Geology, Minsk, Belarus

² Geological Institute of the RAS, Moscow, Russia

³ Belarusian State Pedagogical University, Minsk, Belarus

The origin of gypsum in Vendian and Quaternary glacial deposits of Belarus has been established using sulphur isotope analysis. The cause of gypsum formation in sandstones of Vilcha Series (Early Vendian) was the seepage of concentrated brines from the Middle Devonian evaporate basin. Gypsum in sandy loam deposits of Sozh Subhorizon (Middle Pleistocene) formed as a result of fresh water freezing and defrosting.

Keywords: Vendian, Quarter, glacial deposits, gypsum, sulphur isotopes.

Мало кто знает, что когда будущему академику Махначу А.С., пришедшему в самой середине прошлого века на работу в Институт геологических наук АН БССР, предстояло выбирать специализацию, он был направлен в экспедицию под руководством Цапенко М.М. для изучения четвертичных отложений. Они ему не понравились: «Все смешано, перепутано; что ни разрез, то новое строение». И он, так и не постигнув всей прелести исследования самых молодых осадочных образований, переключился на самые древние – верхнепротерозойские. Именно они стали на всю жизнь его главной научной любовью. И может быть, неслучайно последняя статья Махнача А.С. называется «Венд (неопротерозой) Беларуси и Польши» [5].

В память об этом факте научной биографии Махнача А.С. мы в настоящем сообщении приводим результаты исследований и верхнего протерозоя, и квартера, соединяющим предметом которых стал гипс в ледниковых образованиях вильчанской серии раннего венда и сожского подгоризонта среднего плейстоцена – минерал, которому, как будто бы не место в подобных фациях.

Вильчанская серия. Параметрическая скважина Быховская, пробуренная в 2017 году в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины, вскрыла на глубине 351 м под отложениями эмского яруса нижнего девона терригенную толщу вильчанской серии мощностью 350 м. Толща представлена чередованием собственно ледниковых, потоково-ледниковых и озерно-ледниковых литофаций (тиллиты, олигомиктовые разнозернистые песчаники, гравелиты, алевролиты, глины). В целом ряде интервалов разреза песчаники cementированы гипсом (рис. 1). Цемент пойкилитовый, поровый, иногда базальный. Аутигенный характер цементации сомнений не вызывает. Но когда и с участием каких растворов она осуществлялась?

Отложения вильчанской серии Беларуси считаются классическим примером континентальной покровно-ледниковой формации, накопившейся на денудационной слаборасчлененной равнине после длительного существования континентального режима [6]. Поэтому нет оснований допускать участие в гипсообразовании венской морской воды, которая в результате вымораживания могла бы быть сконцентрирована до насыщения по гипсу. Если же все-таки допустить невероятное, то окажется следующее.

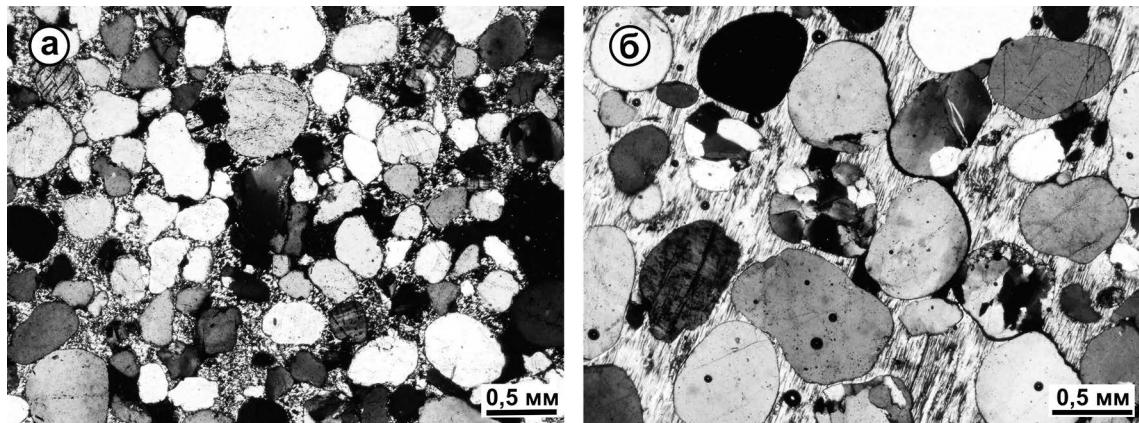


Рисунок 1. Гипсовая цементация песчаников вильчанской серии венда из разреза параметрической скважины Быховская (фотографии шлифов, н+): а – поровый цемент выполнения, гл. 441,8 м; б – пойкилитовый цемент, гл. 505,5 м

Вильчанское оледенение было в начале раннего венда, который охватывает временной интервал 650–620 млн л. н. [2]. Вероятно, что оледенение соответствует гляциопериоду Марино (640–630 млн л. н.) в конце криогения [10]. В возрастном диапазоне этого гляцио-периода, судя по глобальной серно-изотопной кривой, построенной на основании изучения эвапоритов, изотопный состав серы морской воды характеризуется значениями $\delta^{34}\text{S}$ около 25 ‰ [11]. Эти значения ощутимо выше, чем те, что определены нами в гипсе вильчанской серии (табл. 1). Вместе с тем он имеет изотопный состав серы (17,3–21,4; среднее 19,6 ‰) такой же, как пластовый гипс залегающего выше освейского горизонта эйфельского яруса среднего девона (17,7–21,2; среднее 19,6 ‰), который является продуктом эвапоритового бассейна, занимавшего большую площадь на территории Северной и Средней Беларуси. Именно такой порядок значений $\delta^{34}\text{S}$ (~19 ‰) отмечен для морских сульфатов среднего девона на глобальной изотопной кривой (~19 ‰) [11]. Все это свидетельствует о катагенетическом происхождении гипса в ледниковых образованиях вильчанской серии под влиянием нисходящих рассолов эйфельского бассейна галогенеза.

Стоит коснуться двух фактов, которые, казалось бы, противоречат нашему выводу о генезисе вильчанского гипса.

Как мы уже отмечали, иногда в шлифах отмечается базальный тип гипсового цемента, который свойственен не катагенетическому, а седиментационному характеру цементации. Однако присутствие «плавающих» обломочных зерен может быть объяснено либо таким срезом породы при изготовлении шлифов, когда контакты зерен остаются «за кадром», либо силой кристаллизации гипса, раздвигающей обломки.

Гипсодержащие образования вильчанской серии в разрезе скважины отделены от освейского горизонта с эвапоритами почти 60-метровой толщиной терригенных и карбонатных пород витебского горизонта эмского яруса нижнего девона и адровского горизонта эйфельского яруса среднего девона. В отложениях этой толщи проявления гипса отсутствуют за исключением одного интервала в ее нижней части. Изотопный состав серы этого гипса такой же, как в освейских и вильчанских образованиях (табл. 1). Таким образом, получается, что источник гипсообразующих рассолов отделен от места кристаллизации гипса мощным экраном. Это «противоречие» снимается следующим образом. Мы имеем дело с разрезом одной скважины, диаметр керна которой не более 10 см, а нисходящая фильтрация рассолов

Таблица 1

**Изотопный состав серы гипса в вендских и девонских отложениях параметрической скважины
Быховская (изотопные определения для венда, девона и квартера выполнены в ГИН РАН)**

Глубина, м	Литология	$\delta^{34}\text{S}$, ‰ (CDT)
Освейский горизонт эйфельского яруса среднего девона		
254,1	Мергель с гипсом	19,8
258,0	Мергель с гипсом	19,7
259,3	Мергель с гипсом	20,5
270,7	Глина с гипсом	21,2
272,3	Мергель с гипсом	20,3
283,5	Глина с гипсом	17,7
291,0	Глина с гипсом	18,1
292,0	Гипс	18,3
293,6	Гипс	20,7
Витебский горизонт эмского яруса нижнего девона		
336,4	Гравелит с глинисто-доломитово-гипсовым цементом	21,5
Вильчанская серия нижнего венда		
351,4	Песчаник с гипсовым цементом	17,3
425,6–426,2	Песчаник с глинистым и гипсовым цементом	19,5
434,0	Песчаник с гипсовым цементом	19,5
441,8	Песчаник с гипсовым цементом и гнездами каолинита	20,1
444,0	Песчаник с гипсовым цементом и гнездами каолинита	20,5
468,0	Песчаник с гипсовым цементом и гнездами каолинита	19,1
505,5	Песчаник с гипсовым цементом и гнездами каолинита	20,0
607,2	Песчаник с гипсовым цементом	18,6
686,0	Песчаник с гипсовым цементом	21,4

из эвапоритового бассейна далеко не всегда идет сплошным фронтом и строго вертикально. Она осуществляется по наиболее водопроницаемым зонам, изучить распределение которых можно, лишь имея густую сеть скважин.

Сожский подгоризонт. В отложениях перигляциальной зоны сожской фазы припятского оледенения, вскрытых на востоке Новогрудской возвышенности в овраге у д. Тимошковичи (Кореличский район Гродненской области), одним из авторов этого сообщения (Литвинюк Г.И.) при обработке материала для палеокарологических исследований был обнаружен гипс. Отложения с гипсом представлены буровато-серой супесью с карманами песка и включениями пирита. Залегают они на глубине около 13 м от поверхности. Гипсосодержащий слой мощностью 1,2 м подстилается пластичным суглинком, под которым залегает сожская морена, перекрывается торфом сожского позднеледникового, межледниковых муравинскими мергелями, торфом и супесью и преимущественно лессовидными супесчаными образованиями поозерского перигляциала.

Гипс представлен бледно-оранжевыми кристаллами пластинчатой, иногда копьевидной формы и их сростками (рис. 2). Размер выделений до 3 мм. Отмечается замещение гипсом древесных остатков или налипание гипса на них. Морфология проявлений гипса и его взаимоотношения с остатками древесины свидетельствуют о его аутигенном характере. Эта находка представляется нам весьма интересной.

Изучив большой объем соответствующей литературы, нам удалось обнаружить лишь одно упоминание о гипсе в ледниковых четвертичных образованиях Беларуси. Астапова С.Д. [1], изучавшая минеральный состав морен как отражение особенностей питающих провинций, пишет, что в моренах Ошмянской возвышенности (на северо-западе Беларуси) «характерными аутигенными минералами... являются кальцит, глауконит, пирит, фосфаты, с примесью сидерита, гипса и барита из нижнекембрийских отложений» (с. 107). Правда, остается неясным, для каких отложений гипс является аутигенным минералом – для моренных или нижнекембрийских.

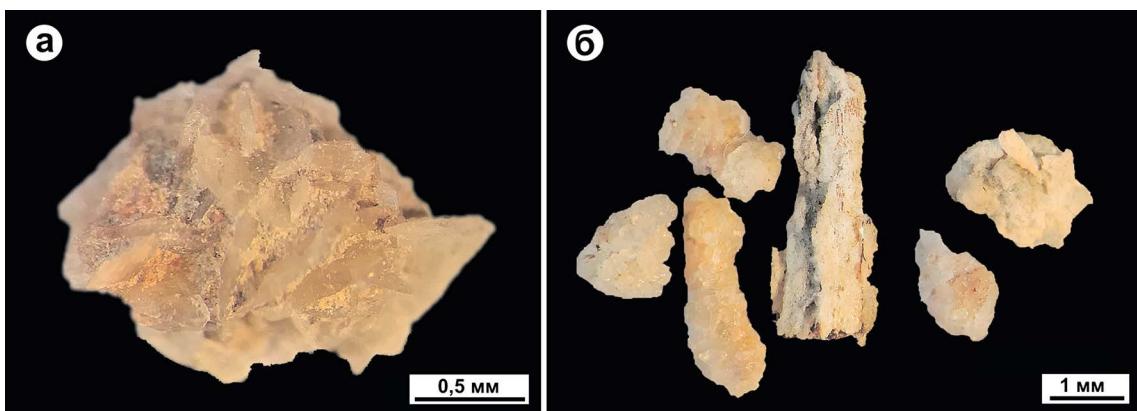


Рисунок 2. Гипс из сожских отложений разреза Тимошковичи

а – сросток кристаллов пластинчатой и копьевидной формы; б – в середине кадра древесный остаток с элементами замещения гипсом

Представляется загадкой механизм образования гипса из пресной воды. Иванова В.В. и Анисимов М.А. [3] сообщают о находках кристаллов гипса в мерзлых четвертичных лагунных отложениях на острове Жохова (архипелаг Новосибирских островов в Восточно-Сибирском море) и объясняют гипсообразование концентрированием воды при вымораживании. Но в этом случае в процессе так или иначе участвует морская вода, в которой концентрация сульфат-иона в 100 раз выше, чем в природной пресной воде. Кажущаяся недостижимость состояния насыщенности пресной воды по гипсу (примерно 2/л CaSO_4) за счет вымораживания или испарения заставляет усомниться в том, с аутигенным ли гипсом мы имеем дело, несмотря на как будто бы бесспорные морфологические признаки именно такой его природы. Не перенесен ли он ледником вместе с нижнепалеозойскими или девонскими породами, в которых встречается в коренном залегании? Все вопросы на этот счет снимаются измерениями изотопного состава серы четвертичного гипса. Он гораздо более легкий ($\delta^{34}\text{S} = -6,9 \dots -6,7 \text{‰}$), чем у морских сульфатов кальция [11]. Объяснить такой изотопный состав гипса можно с учетом трех вероятных в нашем случае и, вполне возможно, совместно действовавших источников серы. Во-первых, это континентальная сера пресных вод, которая обычно существенно более легкая, чем морская. Так, значения $\delta^{34}\text{S}$ сульфатной серы воды р. Неман, в бассейне которого находится место наших исследований, изменяются от $-0,5$ до $+8,7 \text{‰}$ [7]. Во-вторых, источником серы мог быть окислявшийся пирит, включения которого отмечены в породе, вмещающей гипс: пирит, образующийся в процессе бактериальной сульфатредукции, обычно характеризуется высокими и весьма высокими отрицательными значениями $\delta^{34}\text{S}$ [8]. В-третьих, учитывая, что выше гипсонасного интервала в нашем разрезе залегает торф, не исключено, что органическая сера могла окисляться до сульфата с участием тионовых бактерий. Подобный процесс, развивающийся на основе битумов в Киндерлинской пещере карбонатного карста на Урале, обуславливает образование вторичного гипса со значениями $\delta^{34}\text{S}$ от $-23,5$ до $-15,3 \text{‰}$ [9].

Единственно возможный, как мы думаем, механизм образования гипса в ледниковых четвертичных отложениях разреза Тимошковичи нам подсказан опытом, описанным В. Матюком [4] в связи с обсуждением феномена «аномальной» воды. При замораживании-размораживании колодезной или родниковой воды наблюдался осадок, состоящий из копьевидных кристаллов гипса.

Криолитогенное формирование четвертичного гипса могло происходить и в сожскую стадию припятского оледенения, и во время поозерского оледенения.

Список литературы

1. Астапова, С.Д. Литолого-палеогеографическое районирование ледниковых отложений Беларуси / С.Д. Астапова // Доклады НАН Беларуси. – 1993. – Т. 37, № 4. – С. 105–108.
2. Геология Беларуси / ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.

3. Иванова, В.В. Особенности криолитогенеза в лагунных отложениях острова Жохова / В.В. Иванова, М.А. Анисимов // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2009. – № 2 (82). – С. 95–105.
4. Матюк, В. Еще раз о талой воде / В. Матюк // Наука и жизнь. – 2014. – № 7. – С. 65–66.
5. Махнач, А.С. Венд (неопротерозой) Беларуси и Польши / А.С. Махнач // Літасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 3–13.
6. Махнач, А.С. Венд Беларуси – один из приоритетных стратотипов вендинской системы Восточно-Европейской платформы / А.С. Махнач, Н.В. Веретенников // Доклады НАН Беларуси. – 2001. – Т. 45, № 2. – С. 123–126.
7. Никаноров, А.М. Стабильные изотопы в гидрохимии / А.М. Никаноров, Ю.А. Федоров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 247 с.
8. Фор, Г. Основы изотопной геологии: Пер. с англ. / Г. Фор. – М.: Мир, 1989. – 590 с.
9. Червяцова, О.Я. Изотопный состав серы сульфатных отложений карстовых пещер Урала / О.Я. Червяцова, С.С. Потапов, С.А. Садыков // Известия УГГУ. – 2016. – Вып. 2 (42). – С. 32–36.
10. Чумаков, Н.М. Оледенения Земли / Н.М. Чумаков // Природа. – 2017. – № 7. – С. 17–29.
11. Claypool, G.E. The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation / G.E. Claypool, W.T. Holser, I.R. Kaplan [et al.] // Chemical Geology. – 1980. – 28. – P. 199–260.

ЯНТАРЬ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ: ГЕНЕЗИС И ПРОГНОЗ РОССЫПЕЙ

В.М. Мацуй, Е.А. Ремезова, У.З. Науменко

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: v_matsui@ukr.net; elena.titania2305@gmail.com; uznaum@gmail.com

На основе анализа современного состояния изученности янтаря-сукцинита рассмотрены некоторые положения теории происхождения янтаря-сукцинита, критерии поисков россыпей и факторы прогноза крупных типов россыпей янтаря.

Ключевые слова: янтарь-сукцинит, Полесье, бурье угли, россыпи, янтареносный песок, кайнозой.

AMBER OF UKRAINIAN POLESIE: GENESIS AND FORECAST OF PLACERS

V.M. Matsui, E.A. Remezova, U.Z. Naumenko

Institute of Geological Sciences of the NASU, Kiev, Ukraine

Based on the analysis of the current state of the study of amber succinate, certain positions of the theory of the origin of amber succinate, the criteria for searching for the required placers and the forecasting factor for large types of amber placers are examined.

Keywords: amber-succinate, Polissya, brown coals, placers, amber sand, Cenozoic.

В связи с возросшим мировым спросом на янтарь-сукцинит и появлением новых уникальных возможностей и перспектив его применения в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и медицине резко возросло потребление янтаря и особенно научный интерес к проблемам геологии рассматриваемого полезного ископаемого. Научные интересы связаны прежде всего с задачами выяснения вещественного состава, генезиса, классификации ископаемых смол, обоснованного прогноза и рациональных поисков промышленных залежей.

В настоящее время в Украине сложилась ситуация, когда разрабатываемые в северо-западной части Украинского щита (далее – УЩ) средние и мелкие по запасам приповерхностные нижнеолигоценовые россыпи янтаря не удовлетворяют потребностям производства. Незаконная добыча янтаря в Украине превосходит легальную, что наносит огромный вред экономике государства и не только. Уничтожается природный ландшафт Полесья, беднеют земные недра. Необходимо освоение крупных промышленных залежей янтаря-сукцинита, значительно пре-восходящих известные ныне, что позволит сосредоточить на этих объектах все современные технические средства разработки месторождений, исключающие потери и расхищения.

Есть основания полагать, что крупные месторождения янтаря-сукцинита промышленного типа представлены погребенными, преимущественно верхнеэоценовыми россыпями первых промежуточных коллекторов. Сложенены они песчано-глинистыми глауконитовыми осадками («голубой землей»), вероятно сформировавшихся в удаленных частях палеошельфа, а также различного рода локальных понижениях морского дна, где создавались особо благоприятные условия для накопления ценного компонента.

К сожалению, глубина проработки и степень разрешения кардинальных вопросов геологии янтаря на сегодняшний день неоднозначна и противоречива. Так, казалось бы в стройной и общепризнанной классической теории происхождения янтаря и его россыпей, изучаемой учеными многих стран на протяжении более столетия, вопрос о генетическом типе и пространственном положении коренного первоисточника россыпей янтаря-сукцинита (в отличие от всех известных видов россыпей полезных ископаемых) не имеет объективного и окончательного решения.

Авторы придерживаются битумно-буроугольной гипотезы образования янтаря, согласно которой смоляные тела, как основной концентратор буругольного битума, являются начальной формой протоянтаря [1, 4]. Согласно этой гипотезе в начале среднего эоцена в понижениях рельефа обширных прибрежных пространств Украинского и Скандинавского щитов и примыкающих к ним территорий (в том числе и на Самбийском полуострове), где широким распространением пользовались тропические болотные леса и торфяники, шло накопление

смоляных тел, обильно выделяемых преимущественно хвойными деревьями. Смоляные тела накапливались в палеоторфяниках, которые впоследствии постепенно преобразовывались в пласты битумосодержащих бурых углей. В пределы низменных заболоченных приморских равнин смоляные тела поступали также с возвышенных водораздельных участков, которые в свою очередь частично заболачивались в результате подземного подтопления водами окружающих морей. В результате наступания самых обширных за всю историю региона в мезозое и кайнозое морских трансгрессий в конце среднего и позднем эоцене, раннем олигоцене значительная часть Балтийско-Днепровской янтареносной субпровинции была затоплена водами обширного моря-пролива, соединявшего северные и южные моря Балтики и Тетиса. В условиях интенсивного разрушения бучакской суши в акваторию морского бассейна вместе с продуктами размыва торфяников выносился и протоянтарь. Снос терригенного материала в море осуществлялся не только из Скандинавии, сколько из обширных размываемых площадей юго-западной части Восточно-Европейской платформы. Свидетельством этому служат уцелевшие от размывов участки бучакской поверхности (эоценовые битуминозные буроугольные пласти) в пределах Украинского щита (Днепробасса), Польши, Германии, фрагментарно Беларуси. Следуя положениям рассматриваемой гипотезы, необходимо продолжить исследования по установлению возраста и географического распространения палеоплощадей накопления россыпей образующих минералов, выяснению особенностей их аккумуляции в палеоторфяниках, пути миграции в конечные водоемы стока (морские бассейны).

Содержания россыпей всецело определяются объемом поступающего в береговую зону протоянтаря и фациальными условиями его концентрации на различных участках морского дна. Разрабатываемые в настоящее время средние, небогатые по запасам, месторождения северо-западной части УЩ накапливались преимущественно в прибрежной части шельфа палеобассейна. Для них характерно крайне неравномерное распределение янтаря в продуктивных горизонтах.

Так, на изучаемом в настоящее время месторождении «Владимирец Восточный» (0,5 км восточнее п.г.т. Владимирец Ровенской области) янтаревмещающие отложения представлены мелководно-морскими и прибрежными фациями межигорской свиты. Мощность 0,4–4,8 м. Характер локализации янтаря в продуктивных толщах относится к гнездовому типу с крайне неравномерным распределением полезного компонента. Наибольшая продуктивность янтаря на месторождении отмечается в северо-западной (229,73 г/м³) и юго-западной (147,93 г/м³) частях изучаемой площади. Для сравнения, крупнейшие в мире промышленные месторождения янтарных россыпей на Самбийском полуострове (к западу от г. Калининград), не имеющие аналогов в мире по разведенным запасам, превышающим 100 тыс. т, содержат до 2 кг/м³ янтаря-сукцинита в продуктивной толще.

Авторы приходят к выводу, что выявленная связь скоплений янтаря Самбийского полуострова с фацией открытой части шельфа повышает перспективы янтареносности обширных площадей развития палеогеновых отложений Украины, Беларуси и Польши.

В пределах янтареносных площадей украинского Полесья установлено два уровня горизонта «янтареносного песка», разделенных слоем плотных темно-зеленых и темно-серых до черного глин. Верхний «янтареносный песок» объединяет россыпи морского и континентального генезиса широкого возрастного диапазона от раннего олигоцена до неогена и антропогена. Залегает он вблизи от дневной поверхности и имеет мощности порядка 2–5 м. Олигоценовые и частично неогеновые россыпи верхнего горизонта являются основным объектом легальных и нелегальных разработок янтаря.

Нижний янтареносный песок изучен крайне недостаточно. Исходя из стратиграфического положения этих песков в разрезе кайнозоя региона можно предположить, что они формировались с начала размыва бучакских среднеэоценовых битумно-буроугольных толщ до конца позднего эоцена.

Несомненно, некоторая часть фрагментов россыпей янтаря (первых промежуточных коллекторов), уцелевших от позднейших размывов в олигоцене, неогене и антропогене, могут представлять значительный промышленный интерес.

Янтарь в силу своего растительного происхождения и специфики формирования как полезного ископаемого в континентальных условиях крупных промышленных россыпей не образует,

а локальные россыпи с небольшими промышленными содержаниями чаще всего приурочены к пойменным фациям аллювия [2, 6], аллювиально-озерным и ледниково-озерным осадкам. С прибрежно-морскими фациями древних (раннеолигоценовых) бассейнов связаны выявленные в северо-западной Украине россыпные проявления и месторождения типа Владимирца-Восточного, причем куски янтаря в них приурочены к любой части разреза продуктивной толщи.

Прогнозируемые в северо-западной Украине крупные промышленные залежи янтаря-сукцинита могут быть связаны с глубоководной частью шельфа – глауконитовыми песчано-алеврито-глинистыми осадками («голубой землей»). Последние, вероятно, могут быть встречены в небольшом удалении от береговой зоны, в так называемых перспективных «ловушках» – различного рода углублениях морского дна с застойной гидродинамикой вод, выполненных преимущественно глауконитовыми осадками.

Для успешного прогнозирования наиболее богатых по содержанию россыпей янтаря необходимо установить россыпебобразующие коренные источники (эоценовые палеоторфяники Днепровского буруугольного бассейна) и определить особенности их размыва и переноса в морской бассейн, картографически установить участки палеоразмывов россыпебобразующих коренных источников, питающих минералами промежуточные коллекторы. Для этого необходимо составление палеогеографических карт начальных и завершающих этапов бучакского, киевского и обуховского времени.

Вопросы о причинах и механизме оседания янтареподобных смол на дно морского бассейна совершенно не изучены, хотя никто из исследователей не отрицает, что они только в условиях среды аутогенного глауконитообразования окончательно приобретают свойства янтаря-сукцинита. Именно в этих условиях янтареподобные смолы приобретают янтарную кислоту (один из важнейших диагенетических признаков), вязкость и другие отличительные признаки [7].

В заключение подчеркнем, что россыпи янтаря-сукцинита контролируются размещением коренных источников полезного компонента и береговой зоной омывавших его морей в среднем-позднем эоцене – раннем олигоцене. В свете современных представлений коренными первоисточниками искомых россыпей являются битуминозно-буруугольные пласти бучакской свиты, вмещающие протоянтарь. Содержание россыпей всецело определяется объемом поступающего в береговую зону протоянтаря и фациальными условиями его концентрации на различных участках морского бассейна.

Средние и мелкие по запасам месторождения и проявления характерны для прибрежной части палеобассейна, которые в настоящее время разрабатываются в северо-западной части УЩ (приповерхностные россыпи нижнего олигоцена).

Есть основания полагать, что более крупные залежи янтаря промышленного типа связаны с верхнеэоценовыми песчано-глинистыми глауконитовыми осадками удаленных частей палеошельфа, а также различного рода локальными понижениями морского дна, где создавались особо благоприятные условия для накопления янтаря (погребенные россыпи первых промежуточных коллекторов).

Список литературы

1. Мацуй, В.М. Эволюция смолопродуцирующей растительности и формирование залежей ископаемых смол / В.М. Мацуй. – Киев: Наук. думка, 2016. – 143 с.
2. Мацуй, В.М. Основные проблемы геологии янтаря на современном этапе / В.М. Мацуй // Сучасні проблеми геології: зб. наук. пр., присвячений 155-річчю з дня народження акад. П.А. Тутковського. – Київ: Олевськ, 2013б. – С. 243–247.
3. Мацуй, В.М. Морской этап фоссилизации смоляных выделений хвойных на пути преобразования в янтарь-сукцинит / В.М. Мацуй // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2013а. – № 2 (27). – С. 101–108.
4. Лебедь, М.І. Про можливу участь буровугільного бітуму у формуванні корінних першоджерел розсипів бурштину / М.І. Лебедь, В.М. Мацуй // Геолог України. – 2007. – № 3. – С. 62–68.
5. Мацуй, В.М. Походження бурштину-сукциніту: від міфів до сучасних теорій / В.М. Мацуй, У.З. Науменко // Вісник НАН України. – 2017. – № 2. – С. 60–69.
6. Мацуй, В.М. Континентальные олигоцен-неогеновые и антропогеновые россыпи янтаря Украинского Полесья / В.М. Мацуй, У.З. Науменко // XXXI Міжнародна зустріч з дослідженням бурштину. – Варшава: Музей Землі ПАН, 2017.
7. Савкевич, С.С. Янтарь / С.С. Савкевич. – Л.: Недра, 1970. – 191 с.

МЕДЕНОСНОСТЬ НИЖНЕВЕНДСКИХ ТРАППОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Б.Г. Мельничук

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, Украина
e-mail: v.g.melnichuk@nuwm.edu.ua

Исследована меденосность нижневенденских трапповых комплексов юго-западной части Восточно-Европейской платформы. Показано, что специализированным на медь является вехнеприпятский комплекс. Изучены минеральный состав и морфологические типы медных руд.

Ключевые слова: траппы, нижний венд, Восточно-Европейская платформа, самородная медь.

COPPER-BEARING CAPACITY OF THE LOWER VENDIAN TRAP COMPLEXES WITHIN THE SOUTH-WESTERN PART OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM

V.G. Melnychuk

National University of Water Management and Natural Resources, Rivne, Ukraine

The copper-bearing capacity of the Lower Vendian trap complexes within the south-western part of the East-European Platform has been studied. It has been shown that the Verkhnepripyatskiy Complex is the copper-bearing one. The mineral composition and morphological types of copper ores have been investigated.

Keywords: Lower Vendian traps, East-European platform, copper ores.

Рассматриваемые магматические комплексы выделены по примеру траппов Сибирской платформы [1], с целью унификации петролого-стратиграфического расчленения нижневенденских трапповых образований, распространенных на сопредельной территории Украины, Беларуси и Польши на площади более 100 тыс. км² и для удобства межрегиональных корреляций. Ими являются родственные ассоциации изверженных и субвуликанических пород, объединенные общностью вещественного состава, происхождения и пространственно-временной позиции. Эти комплексы удовлетворительно идентифицируются в стратиграфических схемах нижнего венда упомянутых государств. Их выделение открывает новые возможности в поисках среди траппов региона залежей меди, что распространена преимущественно в самородной прожилково-вкрашенной форме в Волынском меднорудном районе.

Западнобугский трапповый комплекс [5] занимает самую нижнюю позицию в разрезах нижнего венда. Распространен в основном в бассейне р. Западный Буг (рис. 1). К нему отнесены численные покровы оливиновых базальтов и связанные с ними вулканокластические образования, известные в современных стратиграфических схемах нижнего венда Украины как заболотьевская свита волынской серии, а в Восточной Польше – нижняя часть славатской серии.

Составляющими комплекса являются также локальные покровы пикритов и апооливиновых базальтов, которые местами раскрыты скважинами среди олигомиктовых отложений горбашевской свиты, а также ассоциации субвуликанических базальтовых порфириотов (пикропорфириотов) и верлитовых габбро, что встречаются в нижней части разреза волынской серии.

Покровы оливиновых базальтов мощностью до 65 м образуют крупное палеовулканическое сооружение ареального типа площадью около 43 тыс. км², срезанное юго-западным краем Восточно-Европейской платформы – зоной Тейссейра-Торнквиста (Т-Т). Количество эфузивных покровов в разрезе этого сооружения закономерно увеличивается до восьми в части, которая прилегает к краю платформы. Соответственно, в краевой части платформы мощность траппового комплекса возрастает до 230 м.

Верхнеприпятский трапповый комплекс [4] занимает более высокое стратиграфическое положение относительно западнобугского. Распространен в Брестско-Волынской структурно-фацальной зоне (СФЗ) в бассейне верхнего течения р. Припять на площади свыше 50 тыс. км². Нижнюю часть разреза комплекса составляют туфовая бабинская свита мощностью до 210 м

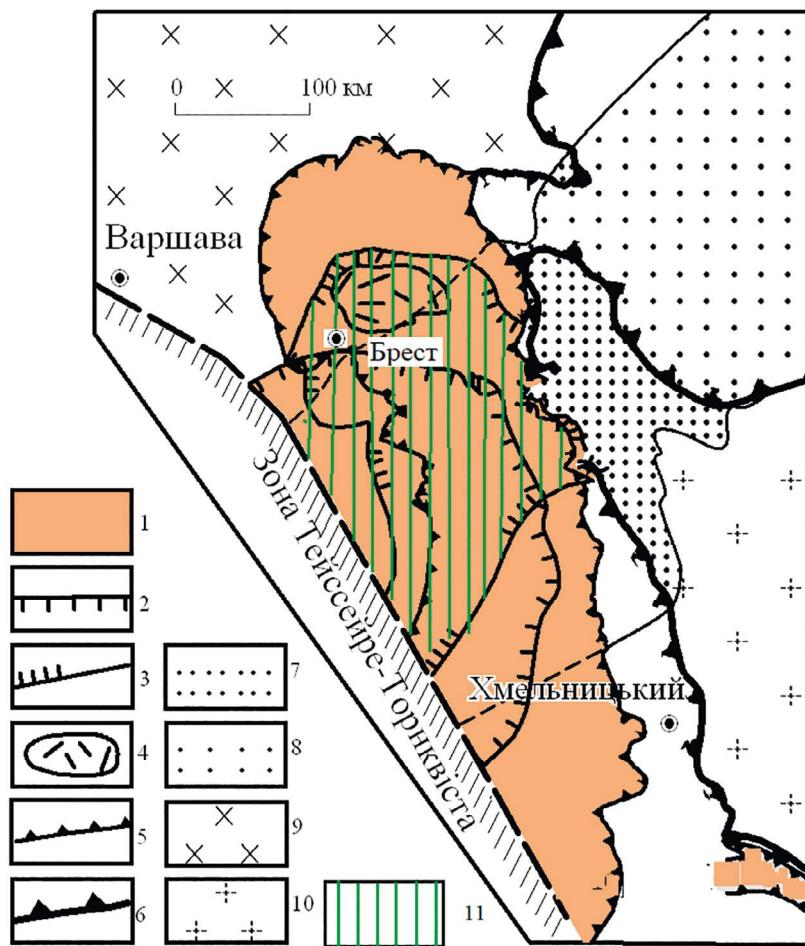


Рисунок 1. Траповые комплексы нижнего венда в юго-западной части Восточноевропейской платформы (домеловой и доверхневенденский срезы)

1 – траповые комплексы нижнего венда, 2–5 – контуры распространения траповых комплексов (2 – западнобугского, 3 – верхнеприпятского, 4 – брестского, 5 – беловежско-подольского), 6 – восточный контур распространения волынской серии, 7–8 – рифейские терригенные отложения Волино-Оршанского авлакогена (7 – на домезозойской, 8 – донижневенденской поверхностях), 9–10 – архейско-нижнепротерозойский кристаллический фундамент (9 – Фенноскандинавский, 10 – Сарматский мегаблоки), 11 – распространение самородно-медной минерализации в трапах

с покровами (1–2) толеитовых базальтов (до 48 м) посередине. Верхняя часть разреза представлена многочисленными (до 5) покровами толеитовых базальтов и базальтовых вулкано-кластитов лучичевской свиты мощностью до 117 м. К верхнеприпятскому комплексу отнесены также средняя часть славатицкой серии (Восточная Польша) и первая толща ратайчицкой свиты (юго-западная Беларусь).

Эффузивные покровы верхнеприпятского комплекса в сумме образуют щитообразные сооружения. От их краев к центру количество базальтовых покровов и, как следствие, общая их мощность закономерно увеличиваются. Нижние покровы имеют наибольшее распространение, а верхние локализованы. Площадь сооружений составляет приблизительно 1000–2000 км².

Брестский комплекс кислых изверженных пород представлен ассоциацией небазальтовых вулканитов (вторая толща ратайчицкой свиты), развитых на площади 2,4 тыс. км² в Подлясско-Брестской впадине. Эффузивы и туфы кислого состава мощностью 57–112 м занимают в разрезе четкое положение между трапами верхнеприпятского и беловежско-подольского комплексов. Однако это справедливо лишь для периферийных участков области кислых эффузивов, поскольку в ее центральной части, которой отвечает палеовулкан субаэрального типа, покрывающие плато-базальты отсутствуют. Кислые эффузивы (1–3-е покровы) представлены четырьмя петрохимическими типами [2]: андезитоидными дацитами, пижонитовыми дацитами, риодацитами нормального ряда и трахириодацитами субщелочного ряда.

Беловежско-подольский трапповый комплекс [3] самый верхний в разрезах нижнего венда и наиболее распространен на площади около 100 тыс. км² от Беловежья в Польше до Молдовы (рис. 1). В Брестско-Волынской СФЗ он включает якушовские слои ратновской свиты мощностью до 135 м и третью толщу ратайчицкой свиты мощностью до 200 м, сложенные зональными покровами (до 7) титанистых базальтов и ферробазальтов, переслоенных буроцветными вулканокластическими брекчиями. Субвулканическими составляющими комплекса являются, по нашему мнению, силлы титанистых габбро и габбро-долеритов, распространенные, в основном, среди отложений рифейской полесской серии, вблизи подошвы волынской серии.

В других СФЗ исследуемый комплекс представлен покровами (до 4) титанистых плато-базальтов, которые известны в составе слуцкой свиты, грушинской свиты и вишницкой серии.

Гидротермально-метасоматические изменения в траппах региона за типоморфными минеральными ассоциациями и температурными параметрами (до 335 °С) минералообразования соответствуют цеолитовой и пренит-пумпелиитовой фациям метаморфизма. Ассоциации гидротермальных минералов здесь имеют зональное распределение. Выделяются региональные карбонатная, цеолитовая и пренитова концентрические зоны, последовательная смена которых прослеживается от краев к центру трапповой провинции.

Основными ассоциациями типоморфных гидротермальных минералов в пренитовой зоне является хлорит + смектит + ломонтит + пренит ± анальцим (вайракит) ± медь; в цеолитовой зоне – хлорит + смектит + стильбит (± гейландит) + морденит + халцедон ± медь; в карбонатной зоне – хлорит + смектит + кальцит + кварц (± барит ± анальцим) ± сульфиды меди.

Самородномедная минерализация распространена в региональных цеолитовой и пренитовой зонах, а сульфиды меди – преимущественно в карбонатной. В базальтовых покровах самородномедное оруденение локализовано во фронтальной морденит-халцедоновой зоне колонны гидротермально-метасоматических изменений.

Меденосность трапповых комплексов изучена скважинами на участках неглубокого (до 500 м) их залегания. Рудные тела имеют преимущественно субпластиовую и линзовидную формы и характеризуются весьма изменчивыми содержаниями меди и неравномерной мощностью от 0,2–0,3 до 3–6 м.

В минеральном составе медных руд доминируют выделения самородной меди, которая образует многогранники, их сростки, дендриты и агрегаты различных форм. Менее распространены сульфиды, гидроксиды, силикаты, сульфаты, фосфаты меди. Из сульфидов наиболее развит халькоzin.

Морфотипы самородномедных руд характеризуются широким разнообразием форм: рассеянно-вкрашенные, гнездово-вкрашенные, прожилковые руды, желваки самородной меди и их комбинации.

Медное оруденение в траппах западнобугского комплекса приурочено к эфузивным покровам заболотьевской свиты. В нижнем базальтовом покрове медные руды представлены в основном халькоzinом, в верхнем – преимущественно самородной медью. Содержание меди в них лишь изредка превышает 1 % при мощности 1 м, но в отдельных случаях достигает 4,5 %. В 50 % случаев самородная медь содержится во вкрашениях среди основной массы базальтов, в 16 % – среди гидротермальных прожилков, в 9 % – в миндалинах, а в 25 % – морфотипы медного оруденения образуют различные комбинации.

В западнобугском трапповом комплексе установлено наименьшее количество интервалов керна с медной минерализацией (табл. 1), но удельный вес интервалов с содержанием меди $\geq 0,1\%$ и мощностью ≥ 1 м среди них наибольший.

Медное оруденение в траппах верхнеприпятского комплекса распространено преимущественно в самородной форме. Преобладает вкрашенность в основной массе базальтов и туфов, а также комбинированный морфотип с подчиненной вкрашенниками меди в миндалинах. Среди лавокластичных брекций встречаются также желваковые самородки до 8–10 см.

Медные руды обнаружены практически во всех базальтовых покровах комплекса, а также в отдельных пачках туфов. Из них самыми перспективными на медь являются покровы толеитовых базальтов и слои зеленоцветных туфов бабинской свиты.

Таблица 1

**Характеристика миленосности трапповых комплексов нижнего венда
в Волынском меднорудном районе**

Трапповые комплексы	Количество интервалов керна из медной минерализацией		Количество проб с содержанием меди (%)			Количество и процент интервалов с содержанием меди $\geq 0,1\%$ и мощностью $\geq 1\text{ м}^*$
	всех	мощностью $\geq 1\text{ м}$	0,05-0,1	0,1-0,5	$\geq 0,5$	
Беловежско-подольский	444	147	174	99	8	34 (23%)
Верхнеприпятский	5591	1159	790	460	54	90 (8%)
Западнобугский	49	10	14	13	4	7 (70%)

* – минимальное промышленное содержание меди в подсчетных блоках Южнорадзинского рудопроявления – 0,107 %, минимальная мощность рудного тела, которая включается в контур запасов – 1,0 м

В верхнеприпятском комплексе установлено на порядок больше, по сравнению с другими (таблица 1), интервалов керна из самородномедной минерализацией, получено максимальное количество проб с промышленным содержанием меди $\geq 0,1\%$ и зруденелых интервалов мощностью $\geq 1\text{ м}$, но удельный вес последних за счет доминирования бедного рассеянно-вкрапленного оруденения выходит незначительной.

Медное оруденение в траппах беловежско-подольского комплекса распространено в тех же контурах, что и в нижележащем верхнеприпятском комплексе. Медь встречается в основном в самородной форме (рассеяно-вкрапленный, прожилковый и комбинированный морфотипы) среди фанеритовых разновидностей базальтов. В прожилках медь ассоциирует с кварц-халцедоновой, цеолитовой и хлорит-смектитовой минерализацией.

В беловежско-подольском комплексе по сравнению с верхнеприпятским выявлено на порядок меньше интервалов керна из медной минерализацией и с содержанием меди $\geq 0,1\%$ при мощности оруденелых интервалов $\geq 1\text{ м}$ (табл. 1), однако удельный вес последних за счет доминирования богатого оруденения комбинированного морфотипа является существенным.

Выводы. Таким образом, рассмотренные трапповые комплексы нижнего венда проявляют различную продуктивность на медь. Наиболее перспективным в этом отношении верхнеприпятский комплекс, который на наш взгляд, является рудогенерирующим, поскольку в нем установлено на порядок больше интервалов из самородномедной минерализацией и промышленными содержаниями меди. От него, вероятно, произошло заражение медью сопредельных трапповых комплексов в процессе ее перераспределения гидротермальными растворами.

Список литературы

1. Гоньшакова, В.И. Трапповая формация Юго-Восточной части Сибирской платформы / В.И. Гоньшакова // Петрография Восточной Сибири. – Т. 1. – С. 118–207.
2. Кузьменкова, О.Ф. Петрография магматических пород венда Беларуси / О.Ф. Кузьменкова // Літасфера, 2007. – № 2 (27). – С. 81–95.
3. Мельничук, В.Г. Біловез’ко-подільський траппний комплекс нижнього венду та його міленосність / В. Г. Мельничук // Геол. журн. – 2009. – № 4. – С. 59–68.
4. Мельничук, В.Г. Верхньоприп’ятський траппний комплекс нижнього венду та його міленосність / В.Г. Мельничук // Геол. журн. – 2009. – № 3. – С. 14–22.
5. Мельничук, В.Г. Західнобузький траппний комплекс нижнього венду та його міленосність / В. Г. Мельничук // Геол. журн. – 2009. – № 1. – С. 42–49.

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПОРОД БЕЛАРУСИ. РЕЗУЛЬТАТЫ 25-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Л.И. Мурашко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: laris@tut.by

Подведены итоги комплексных двадцатипятилетних исследований минералов группы глауконита и глауконитовых пород Беларуси. Дан анализ современного состояния их изученности и оценены перспективы освоения глауконитового сырья.

Ключевые слова: глауконит, палеоген, Беларусь.

STATE OF STUDY AND PROSPECTS OF GLAUCONITE DEPOSITS DEVELOPMENT IN BELARUS. RESULTS OF THE 25-YEARS RESEARCH

L.I. Murashko

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The results of complex twenty five years research of the minerals from the glauconite group and glauconite rocks of Belarus are summarized. An analysis of the current state of their studies is given and the prospects of the development of glauconite raw materials are estimated.

Keywords: glauconite, palaeogene, Belarus

Прошло 25 лет с начала первых в Институте геохимии и геофизики АН БССР комплексных исследований минералов группы глауконита и глауконитовых пород Беларуси. Обращение к этому широко распространенному в платформенном чехле минералу было обусловлено в первую очередь **научно-теоретической** задачей – необходимостью *геохронометрической привязки* палеонтологически «немых» горизонтов палеогеновой системы Беларуси к Международной хроностратиграфической шкале. Полученные к тому времени Матрунчиком Л.И. изотопные определения калий-argonовым методом по глаукониту [2] давали завышенные (юра-мел) результаты, что свидетельствовало в первую очередь о присутствии в палеогеновых породах переотложенного из более древних слоев минерала, и в то же время вселяло надежду, что при анализе только аутигенных разновидностей глауконита можно получить более корректные результаты. Разработанная автором классификация позволила выделить пять типоморфных разновидностей минерала, две из которых были отнесены к группе аутигенных, что впоследствии было подтверждено геохронометрическими датировками 38,5–52,0 млн лет [3]. Для изученных аутигенных зерен характерны отсутствие признаков переотложения, физического или химического выветривания; темно-зеленая окраска; овальная, круглая или гроздевидная форма; ровная, гладкая до глянцевой поверхность; относительно высокая твердость; увеличенный по сравнению с терригенными частицами размер; способность раскалываться на две чешуи, обнаруживающая полость, заполненную зернами пирита, полевых шпатов или кварца [4].

Опыт идентификации аутигенных минералов группы глауконита позволил приступить к другим не менее важным задачам – *палеогеографическим реконструкциям*, и прежде всего определению времени регрессии с территории республики последнего моря и повсеместного установления на ней геократических условий. Задача осложнялась тем, что в кровле харьковского горизонта, самого верхнего из морских палеогеновых, аутигенный глауконит не обнаружен. Сравнивая глубины отбора монофракций этого минерала с полученными по ним изотопными датировками, удалось измерить скорости седиментации глауконитово-кварцевых песков и алевритов в непрерывных разрезах Переделка и Страдубка (обнажения на правобережье Днепра, Лоевский район Гомельской области), Сметаничи (скважина № С-030, Петриковский район Гомельской области) и Малые Красники (скважина № 1, Пружанский район Брестской области). Далее расчетным путем было определено время регрессии последнего морского бассейна. Оно во всех изученных разрезах совпало и составило 28–30 млн лет назад (середина

олигоцена) [3]. Этот хорошо заметный в разрезах рубеж считается началом неотектонической стадии киммерийско-альпийского этапа геологического развития территории Беларуси.

Использование ряда известных методик интерпретации химического состава глауконита (методики Казакова Г.А., Николаевой И.В., Ясаманова Н.А. и др.), а в нем насчитывается более 40 минералообразующих и сорбированных элементов, позволило реконструировать основные показатели климата (температура, влажность), а также глубину, температуру и соленость воды в позднеоцен-раннеолигоценовых морях на территории республики [5].

Развитие **экспериментально-прикладных** аспектов глауконитовой тематики были направлены на вовлечение глауконитовых пород в сферу хозяйственного использования. Этому способствовали их практически неограниченные запасы, достаточно высокое содержание полезного компонента, благоприятные для освоения горно-геологические условия: небольшие глубины, пластовое залегание, значительные мощности, а также необходимость утилизации глауконитовых отвалов на действующих меловых карьерах. Поскольку для различных практических целей могут быть использованы не только порода в целом, но и различные ее модификации (глауконитовый концентрат, глинисто-глауконитовый слив), возникла проблема обогащения сырья. На оборудовании Государственного предприятия «БелГЕО» автором и другими сотрудниками этой организации под руководством опытного технолога Виноградовой И.Н. была разработана оригинальная и эффективная для палеогеновых пород Беларуси технологическая схема, позволявшая получать достаточно чистые (до 94 %) глауконитовые концентраты [7].

Наиболее значимые результаты изучения прикладных свойств белорусского глауконита получены по трем направлениям: 1) изучение возможности использования пигментных свойств минерала в лакокрасочной промышленности и производстве строительных материалов; 2) исследования сорбционной активности различных составляющих глауконитовых пород по отношению к приоритетным загрязнителям окружающей среды; 3) использование мелиоративных возможностей глауконитового сырья.

Поводом для обращения к изучению *красящих* свойств минерала послужили положительные результаты первых экспериментов по изготовлению цветной облицовочной глазурованной плитки с использованием глауконита, выполненные в 1993 году Махначем А.А., Гулисом Л.Ф., Михайловым Н.Д. и Шимановичем В.М. совместно с ПО «Минскстройматериалы». Дальнейшие технологические испытания глауконитового пигмента проводились по инициативе профессора Левкова Э.А. в Белорусском реставрационно-проектном институте (г. Минск) и Центральной исследовательской лаборатории Московского завода художественных красок (АООТ «Гамма»). Как показали исследования заведующей лабораторией БРПИ Цейтлиной М.М., белорусский глауконит вполне пригоден для изготовления качественных масляных, клеевых и известковых красок разных оттенков зеленого, розового и коричневого цвета, обладающих высокой светостойкостью и другими свойствами, которые отвечают требованиям промышленного производства. Обладающий активной адсорбционной поверхностью глауконитовый пигмент может быть подведен другими красителями анилинового ряда, например, бриллиантовым зеленым, метил-фиолетом, фуксином и другими. В рецептуре доля глауконита должна составлять не менее 10 и не более 50 % [6]. Хорошие колористические и прочностные характеристики позволяют использовать глауконитовый краситель при реставрационных работах. При восстановлении красочных слоев настенной живописи таких памятников архитектуры Беларуси, как Софийский (XI век) и Спасо-Преображенский (XII век) соборы в Полоцке, Благовещенская церковь в Витебске (XII век), Никольская церковь в Могилеве (XVII век) и многих других глауконит незаменим, поскольку является единственной зеленой краской, использовавшейся при росписи.

Исследования глауконитового сырья, проводившиеся на кафедре технологии стекла и керамики Белорусского государственного технологического университета Левицким И.А. и Павлюкевичем Ю.Г., доказали его пригодность для производства *керамических облицовочных материалов* различного назначения (плитки для полов и стен, разнообразные архитектурные изделия). В керамических массах глауконитовые породы кроме окраски способны обеспечить роль флюсующего (глауконитовая составляющая) и отщающего (кварцевая составляющая) компонентов [9]. Полученные опытные образцы строительной керамики и посуды неоднократно

экспонировались на международных и республиканских выставках. В настоящее время с ними можно ознакомиться в геологическом кабинете географического факультета БГУ.

Экспериментально доказана *сорбционная* активность различных модификаций глауконитового сырья по отношению к ряду токсичных радиоизотопов, тяжелых металлов и других загрязнителей природной среды (исследования Кольненкова В.П.). Теоретически это предполагает возможность применения глауконитовых пород в качестве геохимического барьера в инженерных защитных сооружениях, а также в аналитической практике для разделения и концентрирования микроэлементов из водных сред и технологических растворов [1].

Исследования *мелиоративных* свойств глауконита проводились под руководством профессора Клебановича Н.В., в те годы сотрудника Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии. Они включали серию полевых и вегетационных опытов в четырехкратной повторности с различными почвами, дозами и видами глауконитового сырья. Изучалось влияние глауконита на урожай 14 наиболее распространенных на полях республики сельскохозяйственных культур, химический состав растений, агрономические свойства почв. Установлено, что в большинстве случаев глауконит не оказывает достоверного влияния ни на урожай и химический состав культурных растений, ни на показатели эффективного и потенциального плодородия окультуренных минеральных почв республики. Более перспективно его применение на торфяных почвах, где чаще наблюдается положительный эффект по влиянию на урожай и качество продукции, и глауконит как минеральный субстрат способен улучшить целый комплекс водно-физических и агрохимических свойств. Установлена возможность утилизации глауконитовых шламов после извлечения из них ряда ценных полезных ископаемых на близлежащих полях. На минеральных почвах это (в дозах до 500 т/га) хотя и не приведет к росту эффективного или потенциального плодородия, но и не изменит основных свойств почвы, а на торфяно-болотных будет иметь даже положительный эффект по урожаям и качеству продукции [8].

Параллельно экспериментам проводились работы по выявлению перспективных на глауконит участков. Следует отметить, что на территории Беларуси существуют в целом благоприятные для постановки специальных геолого-поисковых и геологоразведочных работ на глауконит. Тем не менее добыча глауконитового сырья наиболее рациональна из вскрытых пород действующих меловых карьеров, где оно в значительных количествах уходит в отвалы. Целесообразным представляется также попутное его извлечение при возможном перспективном освоении ряда других полезных ископаемых, содержащихся в глауконитсодержащих породах территории Беларуси (титан-циркониевые россыпи, фосфориты, вторичные каолины и др.), с обязательным условием комплексной разработки всех пород, вскрываемых в разрезе.

Таким образом, предложенные методики можно рекомендовать для использования в стратиграфии других систем и палеогеографии других, не только палеогена, периодов (в первую очередь, кембрия, юры и мела). Без сомнений, возможно более широкое применение глауконитового пигmenta в лакокрасочной промышленности и реставрационно-художественном творчестве.

Результаты остальных экспериментов следует признать, скорее, нейтральными или даже отрицательными. Отсутствие достоверного положительного влияния глауконита на показатели почвенного плодородия препятствует использованию глауконитовых пород в растениеводстве. Применение же глауконитовых пород для очистки различных объектов от вредных загрязнителей сдерживается принципиальной нерешаемостью проблемы утилизации отработанных сорбентов. Также неубедительны преимущества глауконита и в производстве строительной керамики.

Исследования, выполненные в рамках глауконитовой тематики, несмотря на перманентный интерес последователей, по мнению автора, являются законченными. В земной коре территории Беларуси достаточно пород и минералов, заслуживающих такого же пристального внимания исследователей, как и глауконит.

Список литературы

1. Кольненков, В.П. Геоэкологические аспекты использования глауконита как сорбента долгоживущих радионуклидов / В.П. Кольненков, Л.И. Мурашко // Минерально-сыревая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Мин.: БелНИГРИ, 1997. – С. 246–247.

2. Матрунчик, Л.И. Состав, строение и условия образования палеогеновых отложений Белоруссии: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. Наук / Л.И.Матрунчик. – Мин., 1981. – 22 с.
3. Мурашко, Л.И. Изотопный возраст глауконитово-кварцевых пород палеогена Белоруссии / Л.И. Мурашко // Літасфера. – 1994. – № 1. – С 182–184.
4. Мурашко, Л.И. Глауконит в палеогеновых отложениях Беларуси / Л.И. Мурашко // Літасфера. – 1996. – № 4. – С 111–120.
5. Мурашко, Л.И. Палеогеновый период / Л.И. Мурашко [и др.] // Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А.В. Матвеева. – Мин.: Институт геологических наук НАН Беларусь, 2002. – С. 6–31.
6. Мурашко, Л.И. Новые данные о перспективах использования глауконита в народном хозяйстве Беларуси / Л.И. Мурашко [и др.] // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Мин.: БелНИГРИ, 1997. – С. 118–119.
7. Мурашко, Л.И. Методика обогащения глауконитовых пород / Л.И. Мурашко, Т.Е. Колосова // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси. – Мин.: РУП «Белгео», 2005.– С. 105–111.
8. Мурашко, Л.И. Мелиоративные свойства белорусского глауконита / Л.И. Мурашко, Н.В. Клебанович // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование. – Мин.: БГУ. – 2018.
9. Павлюкевич, Ю.Г. Использование глауконита для получения облицовочных керамических материалов / Ю.Г. Павлюкевич, И.А. Левицкий, Л.И. Мурашко. – М.: «Техника и технология силикатов», № 12. – 2000.

О НАХОДКЕ КОНОДОНТОВ СРЕДНЕГО ДЕВОНА В РАЗРЕЗЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ БЫХОВСКАЯ НА ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ

О.В. Мурашко¹, Д.П. Плакс²

¹Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь
e-mail: volum@tut.by

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь
e-mail: agnatha@mail.ru

Приведены новые данные о фауне конодонтов из костюковичского горизонта эйфельского яруса среднего девона на востоке Беларуси.

Ключевые слова: конодонты, эйфельский ярус, костюковичский горизонт, восток Беларуси.

MIDDLE DEVONIAN CONODONT FIND IN THE PARAMETRIC BYKHOV BOREHOLE SECTION IN THE EAST OF BELARUS

O.V. Murashko¹, D.P. Plax²

¹State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

²Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

New data on the fauna of conodonts from the Kostyukovichi Regional Stage of the Eifelian Stage in eastern Belarus are presented.

Keywords: conodonts, Eifelian Stage, Kostyukovichi Regional Stage, the East of Belarus.

Находки стратиграфически значимых окаменелостей в платформенном чехле территории Беларуси вызывают большой интерес и имеют несомненную научную ценность. Особенно это касается параметрического бурения, в число основных задач которого входит уточнение данных о стратиграфической принадлежности вскрытых горизонтов, их региональной и глобальной корреляции.

В 2017 году в зоне сочленения Оршанской впадины и Жлобинской седловины у д. Большая Зимница Славгородского района Могилевской области пробурена параметрическая скважина Быховская 1. Скважиной в интервале глубин 129,3–351,2 м (описание Кручека С.А., Кузьменковой О.Ф., Лапцевич А.Г. и Стрельцовой Г.Д.) вскрыта мощная (221,9 м) толща отложений нижнего и среднего девона. В Беларуси девонским отложениям традиционно уделяется повышенное внимание, поскольку эта система не только доминирует по мощности, распространению и стратиграфической полноте сводного разреза, но и содержит важнейшие для республики полезные ископаемые.

При палеофаунистическом опробовании керна данной скважины в интервале глубин 201,4–202,4 м в пачке карбонатно-глинистых пород были обнаружены конодонты. Их элементы светло-желтого цвета, почти прозрачные (индекс окраски 1–1,5), слегка силикатизированы, немногочисленны и не имеют идеальной сохранности. Тем не менее удалось определить их принадлежность к родам *Icriodus* и *Polygnathus* и с достаточной уверенностью установить следующие виды и один подвид: *Icriodus stephensi* Sparling, *Polygnathus linguiformis klapperi* Clausen, Leuteritz et Ziegler, *P. linguiformis* Hinde, *P. webbi* Stauffer (рис. 1). Перечисленные таксоны входят в состав установленного ранее в других районах Беларуси конодонтового комплекса [2, 4], который коррелируется с зоной *Polygnathus xylus ensensis* биостратиграфического стандарта по конодонтам [5]. Они позволяют отнести вмещающие отложения к костюковичскому (*D₂ks*) горизонту наровского (*D_{2nr}*) надгоризонта эйфельского яруса среднего девона Региональной стратиграфической схемы девонской системы Беларуси [1]. Следует отметить, что в процессе обработки находится еще одна серия проб, отобранная Кручеком С.А. и Мурашко О.В. с целью находок конодонтовых элементов в отложениях костюковичского и городокского горизонтов наровского надгоризонта. Есть надежда на возрастную конодонтовую привязку других стратиграфических уровней опробованной скважины и пополнение установленного комплекса дополнительными видами.

Параметрическая скважина Быховская 1 – неединственный разрез, в костюковичском горизонте которого устанавливалась фауна конодонтов. Ранее конодонтовые элементы были описаны в пределах Жлобинской седловины (скв. Рогачев 1), Бобруйского погребенного выступа (Глуск 339 и 370, Бобруйск 40), Оршанской впадины (скв. Оршанская 2), Старобинской (Пинск 10, Житковичи 2, Старобинская 184, Клецк 4с, Гаврильчицы 45) и Туровской (скв. Пинск 54, Пинск 26, Ольманы 3267) центриклиналей Припятского прогиба, других районах распространения костюковичского горизонта [2, 3, 4].

Конодонты обычно приурочены к прослою доломитизированного известняка с ядрами и отпечатками раковин брахиопод, створок остракод, раковин тентакулитов и скелетных элементов бесчелюстных и рыб. Все это в комплексе позволяет надежно коррелировать костюковичский горизонт с разрезами Западной Европы, Южной Прибалтики, другими регионами Восточно-Европейской платформы.

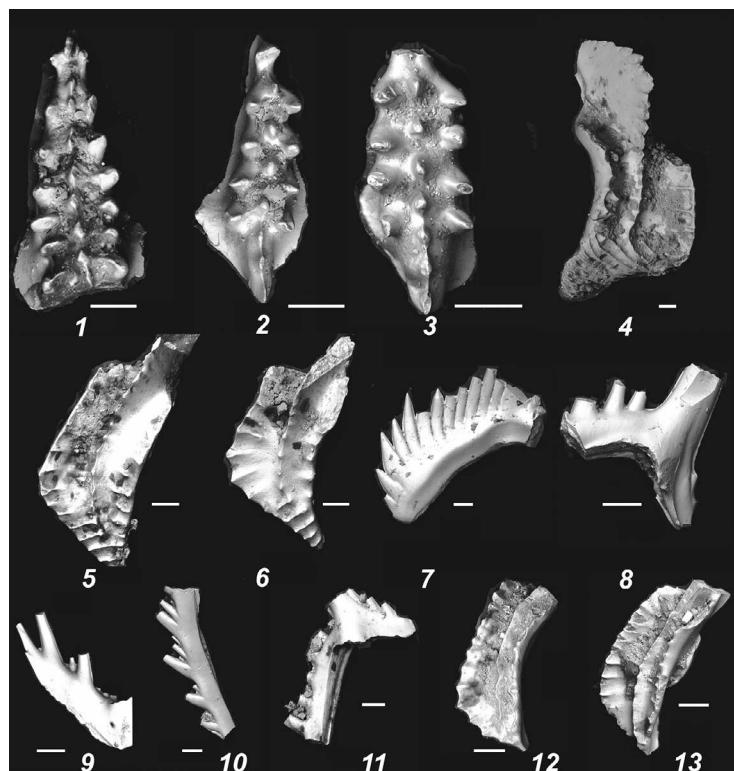


Рисунок 1. Конодонтовые элементы из отложений костюковичского горизонта эйфельского яруса среднего девона, параметрическая скважина Быховская, гл. 201,4–202,4 м

1–3 – *Icriodus stephsoni* Sparling (экз. № 116-16-7, 116-16-27, 116-16-34); 4–6 – *Polygnathus linguiformis klapperi* Clausen, Leuteritz et Ziegler (экз. № 116-16-6, 116-16-21, 116-16-30); 7–11 – *Polygnathus linguiformis* Hinde (экз. № 116-16-25, 116-16-26, 116-16-20, 116-16-31, 116-16-24); 12–13 – *Polygnathus webbi* Stauffer (экз. № 116-16-35, 116-16-36). Длина масштабного отрезка 0,1 мм

Список литературы

1. Девонская система. [Т.Г. Обуховская и др.] / Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка (со стратиграфическими схемами девонских отложений Беларуси (2 листа)). – Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. – С. 98–114.
2. Кручек, С.А. О конодонтах среднего девона Белоруссии / С.А. Кручек // Проблемы региональной геологии Белоруссии. – Мн., 1974. – С. 118–126.
3. Мурашко, О.В. Изученность фауны конодонтов из девонских отложений территории Беларуси / О.В. Мурашко // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 78–87.
4. Narkiewicz, K. Conodont-based correlation of the middle Devonian in SE Poland and Belarus: preliminary data / K. Narkiewicz, S. Kruchek // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий. Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А.С. Махнacha. – Минск. – 2008. – С. 188–194.
5. Ziegler, W. Late Devonian Standard Conodont Zonation / W. Ziegler, Ch.A. Sandberg // Courier Forschungsinstitut Senckenberg 121. – 1990. – 115 р.

GEOTHERMAL FIELD IN THE CASPIAN SEA REGION

S. Mansouri-Far

*Belarusian State University, Minsk, Belarus
e-mail: Siamak_mansourifar@yahoo.com*

The Caspian Sea was formed in site of Meso-Cenozoic marine basins of Tethys and Paratethys existing there earlier. Its area is a great source of oil and gas. The Caspian region with its energetic resources has been in the centre of attention for a long time. Investigation of its geothermal field is very important for the assessment of oil and gas potential of the region. A sedimentation within the Caspian Basin varied from 10–25 to 50 m/My. Temperatures in the base of the system were 150–200 °C. They increased in deeper blocks up to 300–450 °C. During Cretaceous time the rate of sedimentation was 2.5–10 m/My. Temperatures in the base were from 50–150 to 250–300 °C. In Oligocene-Miocene system the rate of sedimentation was 0.025–0.4 km/My. The heat flow density within the region varies from 40 to more than 130 mW/m².

Keywords: Caspian Sea, heat flow, oil and gas, temperatures.

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ В БАССЕЙНЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

С. Мансури-Фар

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Каспийское море сформировалось на месте существовавшего ранее мезо-кайнозойского морского бассейна Тетиса и Паратетиса. Его территория является большим источником нефти и газа. Каспийский регион с его энергетическими ресурсами находится длительное время в центре внимания. Изучение его геотермического поля весьма важно для оценки нефтегазового потенциала региона. Накопление осадков в каспийском бассейне изменилось от 10–25 до 50 м/млн лет. Температура в основании бассейна достигала 150–200 °C. Она увеличивалась в глубоко погруженных блоках вплоть до 300–450 °C. В меловое время скорость осадконакопления была 2,5–10 м/млн лет. Температуры в его основании составляли от 50–150 до 250–300 °C. В течение олигоцена-миоцена темп осадконакопления был 0,025–0,4 км/млн лет. Тепловой поток в регионе изменяется от приблизительно 40 до более чем 130 мВт/м².

Ключевые слова: Каспийское море, тепловой поток, нефть и газ, температура.

Introduction

Caspian Sea is a unique water object on our planet. Its basin had rich resources, which have been considered for a long time as one of the main economic foundations for people that used to live on its shores from times immemorial. Caspian basin also is a great source of oil and gas. This region with its energetic resources has been in the centre of attention for a long time. Investigations of its geothermal field is very important for the assessment of oil and gas potential. Different countries and companies conduct geothermal investigations in this region both onshore in wells and offshore in deep zones of water and in the shelf by marine geothermal probes.

Geology

The Caspian Sea was formed on the site of Meso-Cenozoic marine basins of Tethys and Paratethys existing there earlier. One can identify five large geostructural elements in the Caspian Sea [1]: the South Caspian Basin (SCB), the Absheron Sill, the Middle Caspian Basin (MCB), the Mangyshlak Sill and the North Caspian Basin (NCB), fig. 1.

The SCB for a short geologic period subsided deeply. According to A.V. Mamedov's data [2] the maximum thickness of Jurassic deposits is up to 4000 m (south of the Absheron Sill including its south flank). The Middle Caspian turned into land and in the South-Mangyshlak Depression thickness of Jurassic deposits are up to 1800–2000 m. The Cretaceous in the Caspian Sea and its framings continued tendencies of the Jurassic. In the SCB the downwarping became more intensive (the maximum thickness of Cretaceous sediments is more than 4000 m). In the MCB the maximum thickness of Cre-

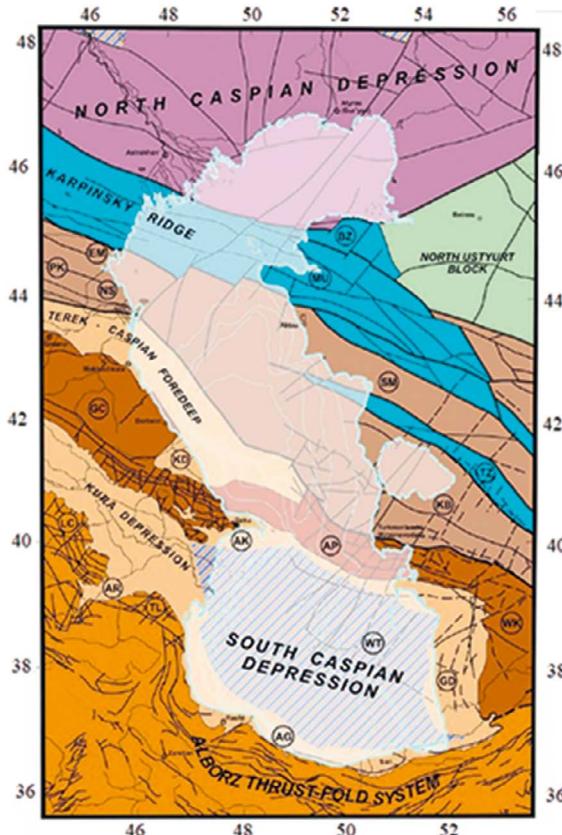


Figure 1. Main structural elements of the Caspian Sea region [1]

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

taceous deposits is more than 2400 m and in the NCB it is up to 1400 m. The maximum downwarping in Paleogene occurred in the SCB. It involved a part of the Absheron Sill (2500 m and more). In the Middle Caspian the maximum thickness of Paleogene deposits is up to 1400 m and in the NCB it is 2000 m. The intensive downwarping started in the Early Pliocene and in Quaternary it went on intensively. Total thickness of Neogene-Quaternary deposits in the SCB is up to 10 km and in the NCB it is only 4 km [2], see fig. 1.

Factors influencing heat flow values. According to calculations [6] the sedimentation rate in Jurassic in the SCB was 120–180 m/My, under conditions that the maximum thickness of the sedimentary cover could reach about 30 km. In Cretaceous and in Paleogene it became lower and in Pliocene it reached avalanche values – 1.8 km/My. Results of modeling of thermal evolution of the basin with account of non-stability of the geothermal field demonstrated that temperature in the base of the sedimentary layer changed to 400–500 °C [3, 4].

An opinion was put forward later that the total thickness of the sedimentary cover in the SCB is up to 30 km. This may suggest that the rate of sediments accumulation at early stages of sedimentation would be more than it was calculated for the 20 km total thickness.

Levin and Viskovski [5] think that in Jurassic the rate of sedimentation in the South Caspian basin varied from 10–25 to 50 m/My. Temperatures in the base of the system were 150–200 °C. They increased in deeper blocks up to 300–450 °C. In Cretaceous the rate of sedimentation was 2.5–10 m/My. Temperatures in their base were from 50–150 to 250–300 °C. In Oligocene-Miocene

system the rate of sedimentation was 0,025–0,4 km/My [6]. Temperatures in the base of Miocene deposits were 50–100 °C and in some blocks they only reached up to 200 °C. In Pliocene-Quaternary system the rate of sedimentation changed from 0,75 to 1,75 m/My. Temperatures there were from 100–150 °C to 200–300 °C. One should take into account that in the SCB a lot of wells were drilled. While considering temperature data from them one can conclude that the temperature regime of sedimentary layers underlying their bottom holes is moderate enough, Table 1 [6].

Borehole maximum temperature data in SCB

Table 1

Structure	Nos. of wells	Depth, m	Temperature, °C
Baku Archipelago			
Shah deniz	4	6500	122
Bulla deniz	46	5730	115
Bulla deniz	38	6150	110
Bulla deniz	42	5850	110
Sangachal deniz	550	5770	113
Garasu	28	5650	112
Garasu	30	5683	106
Duvanny deniz	39	4450	111
Absheron and Absheron Archipelago			
Absheron deniz	3	5000	110
Arzu	2	4708	105
Jenub	2	4710	102
Jenub	12	4127	100
Bahar	19	5450	99
The South-West Caspian			
Structure 1	1	5570	151
The South-East Caspian			
B. Gubkin		3485	74.5
B. Barinov		4420	91.5
B. Zhdanov	24	3993	88
B. Lam	1	4353	94

Sedimentation rate is one of the factors affecting the heat regime in sedimentary basins. With avalanche rates of sedimentation there occurs intensive reduction of interval heat flow density. For this reason, one can observe relatively low values of the heat flows density throughout the Caspian region, fig. 2.

It should be noted that values of the heat flow ($20\text{--}40 \text{ mW/m}^2$) determined in wells of the Baku Archipelago and in the Absheron Sill were lower than its values determined by marine geothermal probes ($30\text{--}50 \text{ mW/m}^2$ and more).

Heat flow distribution map in the Caspian Sea region

To construct the heat flow map in the water area of the Caspian Sea (fig. 3) there were used results of the determination of the heat flow by marine thermal probes [7–11]. Moreover, there were used data obtained by the well method in the shelf zone and in the on-shore territory [7,12–14].

The main features of heat flow distribution are within the marine area. The Caspian Sea has its tectonic features, shown in fig. 1. For example, increased heat flow values reflect the geologic structure including tectonic blocks, faults and volcanoes in the area. One of marine stations in the west of SCB recorded an unusual heat flow value (480 mW/m^2).

The mud volcanoes are spread in the areas contoured by isolines of low heat flow 40 mW/m^2 . The anomaly of high heat flow (600 mW/m^2) in the South Caspian, according to the authors vision [9], corresponds to a dislocation discovered both by seismo-acoustic profiling and geothermal measurements.

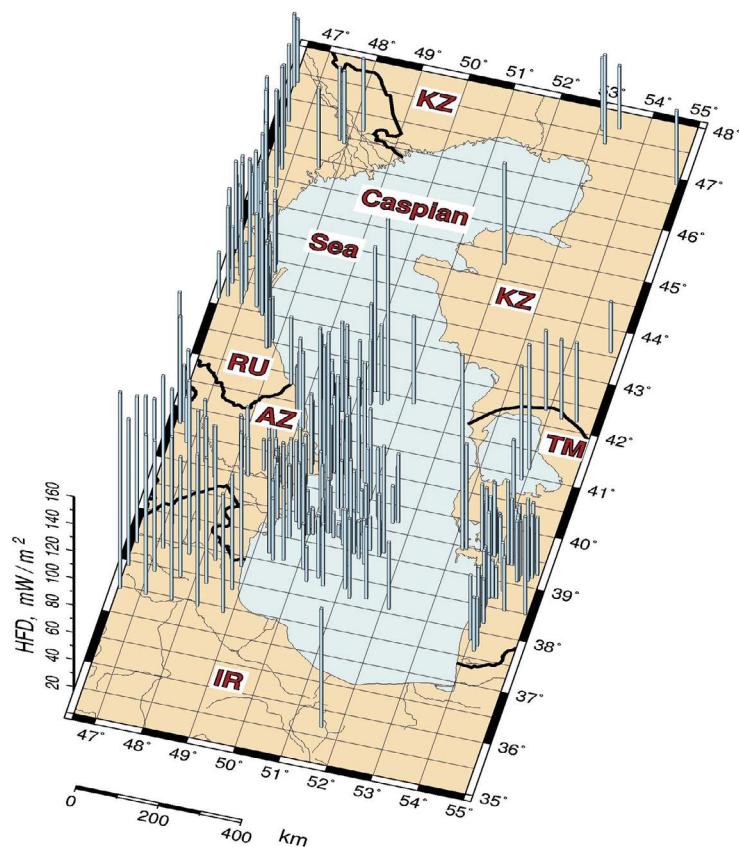


Figure 2. Available heat flow data within the Caspian Sea region

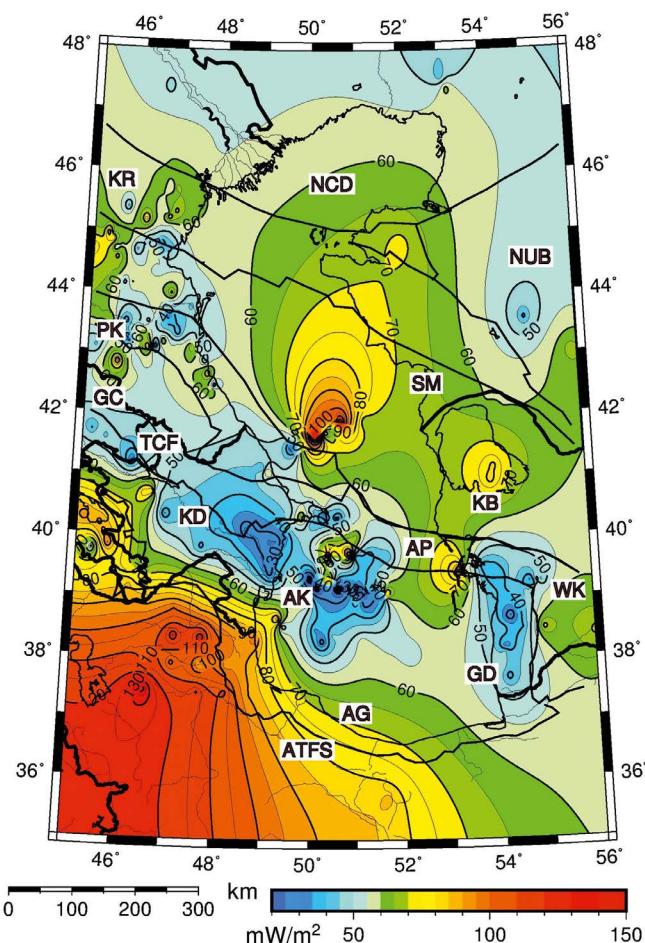


Figure 3. Heat flow distribution map in the Caspian Sea region

The western part of the SCB has a complex pattern of its geothermal field corresponding to its tectonic structure, which is complicated by faults and underwater mud volcanoes as well. The heat flow usually ranges from 20 to 70 mW/m² there. At the same time, there were recorded sharp anomalies, which on one order exceed normal heat flow. The eastern part of the SCB is characterized by quiet thermal regime. The MCB is characterized, overall, by calm geothermal regime with average heat flow of 50 mW/m². In the Derbent Depression there was recorded a local anomaly in three points (210 and 134 mW/m²). North of this anomaly there was investigated a profile where density of the heat flow varies from the west eastwards from 54 to 92 mW/m². To the south of the anomaly there was investigated a profile where the average value of the heat flow density is 52 mW/m² [9].

One of high heat flow (~135 mW/m²) spots on the map is the area of the Sabalan volcano, Iran.

Conclusion

Thus, the geothermal field in the water area of the Caspian Sea is rather contrast. It is conditioned by complex deep structures of the region and geodynamic processes. Geothermal field of the Caspian Sea area is associated with the existence of different contradiction opinions (fixism and mobilism) which have been in geologic science up to now. For this reason, some data were not published or were not used in the mapping. For instance, fig. 2 demonstrates a point of the heat flow density determination where its value is 480 mW/m² [11].

References

1. International Tectonic Map of the Caspian Sea Region, 2005. V. Khain & N. Bogdanov (eds.)
2. Mamedov, A.V. The Caspian Sea in Mesozoic and Cenozoic / A.V. Mamedov // Izv. AN Azerbaijan, series of Earth Sciences, 1998. – № 1. – P. 3-11.
3. Mukhtarov, A.Sh. Thermal evolution of the Lower Kura depression and terms of hydrocarbons maturity (example of Kurowdagh field) / A.Sh. Mukhtarov, N.Z. Adigezalov // Izv. AN Azerbaijan, series of the Earth Sciences, 1999. – № 1. – P. 14–20.
4. Mukhtarov, A.Sh. Models of oil-gas generation and prediction of the phase state of hydrocarbons in the Baku Archipelago / A.Sh. Mukhtarov, M.F. Tagiyev, R.A. Imamverdiyev // Izv. AN Azerbaijan, series of Earth Science. – 2003. – № 2, P. 17–25.
5. Levin, L.E., Viskovski Yu.A. The SCB: evolution and thermal regime of oil-gas systems / L.E. Levin, Yu.A. Viskovski // In book: III Azerbaijan International Geophysical Conference. Abstracts. Baku, 2000. – P. 239.
6. Mukhtarov, A.Sh. Heat Flow Distribution and some Aspects of Formation of Thermal Field in the Caspian Region / A.Sh. Mukhtarov // 32nd International Geological Congress, Special Issue Papers, Baku, 2004. – P. 165.
7. Catalogue of data on heat flow in the territory of the USSR. – M., 1973. – 64 p.
8. Lyubimova, E.A. Thermal fields of the inner and marginal seas in the USSR / E.A. Lyubimova, V.N. Nikitina, G.A. Tomara. – M.: Nauka, 1976. – 224 p.
9. Tomara, G.A. Heat flow of deepwater depressions in the Caspian Sea / G.A. Tomara // In book: Experimental and theoretical studies of heat flows. – M.: Nauka, 1979. – P. 99–112.
10. Aliyev, S.A. New data on the heat flow through the Caspian Sea floor / S.A. Aliyev, T. Ashirov, N.P. Sudakov // Izv. AN Turkmen. SSR, ser. Phys-tech. and geol. Sciences. – 1979. – № 2. – P. 124-126 (in Russian).
11. Lebedev, L.I. Some peculiarities of distribution of heat flow in the South Caspian / L.I. Lebedev, G.A. Tomara // In book: Geothermometers and paleotemperature gradients. – M.: Nauka, 1981. – P. 156-161.
12. Kashkai, M.A. Heat flow in the Kura depression / M.A. Kashkai, S.A. Aliyev // In book: Deep heat flow in the European part of the USSR. – Kiev: Nauk. Dumka, 1974. – P. 95–108.
13. Ashirov, T. Geothermal field of Turkmeni / T. Ashirov. – M.: Nauka, 1984. – 160 p.
14. Aliyev, S.A. Geothermal fields of depression zones in the SCB and their relation with oil-gas potential / S.A. Aliyev // Authors thesis ... doc. geol.-min. sciences. Baku: GIANAS. – 30 p.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ВЕРХНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

С.М. Обровец

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь
e-mail: sobrovets@mail.ru

Формирование нетрадиционных ловушек в Припятском прогибе обусловлено седиментационными факторами. Предложены общие и локальные литолого-фациальные и палеогеоморфологические критерии прогноза и поисков нетрадиционных ловушек в отложениях галитовой субформации и межсолевого комплекса.

Ключевые слова: нетрадиционные, ловушки, критерии, прогноза, Припятский прогиб.

LITHOLOGICAL, FACIAL AND PALEOGEOMORPHOLOGICAL CRITERIA FOR THE UNCONVENTIONAL HYDROCARBON TRAP IDENTIFICATION IN THE UPPER DEVONIAN DEPOSITS OF THE PRIPIYAT TROUGH

S.M. Abravets

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

The formation of unconventional traps in the Pripyat Trough is caused by sedimentation factors. Common and local lithologic, facial and paleogeomorphological criteria for forecasting and searching unconventional traps in sediments of the Halite Subformation and Intersalt Complex are proposed.

Keywords: *unconventional traps, forecasting criteria, Pripyat Trough.*

В Припятском прогибе нижнефаменские отложения межсолевого комплекса и среднефаменские несолевые породы галитовой субформации являются нефтеносными. Припятский прогиб по особенностям геологического развития относится к бассейнам со сложной эволюцией, обусловленной, с одной стороны, рифтогенезом, а с другой – соляным тектогенезом. Сама потенциальная возможность седиментационных бассейнов быть нефтегазоносными определяется фациальными условиями, скоростью осадконакопления и мощностью отложений, претерпевших в достаточной мере катагенетические изменения. Латеральная изменчивость литофациального облика осадков определила широкое развитие неструктурных, нетрадиционных литологически ограниченных ловушек в терригенных, доманиковых и карбонатно-сульфатных отложениях, межсолевого комплекса и галитовой субформации. Второй аспект нетрадиционности – это присутствие *in situ* углеводородов на месте их образования в породах доманикового типа. Третий аспект так называемой нетрадиционности – это методы добычи углеводородов, отличные от традиционных. Как правило, ловушки в этих отложениях имеют небольшую мощность, обладают сложным контуром выклинивания или замещения и в настоящее время не поддаются выявлению методами полевой геофизики. В связи с этим меняется и методика поиска таких ловушек. Структурный фактор приобретает второстепенное значение, а на первое место выдвигается детальное изучение литолого-фациального состава и палеогеоморфологических обстановок осадконакопления. Наиболее распространенными типами нетрадиционных (неантиклинальных) ловушек являются литологически ограниченные и литологически экранированные. Основными критериями для поиска таких ловушек в отличие от антиклинальных являются литологические, палеогеоморфологические, стратиграфические, палеоструктурные. Литологические критерии нефтегазоносности являются ведущими в силу того, что осадочные породы не только содержат в себе основную часть запасов углеводородов и несут в себе основную информацию о залежах, но и являются генетическим источником подавляющей массы углеводородов.

Роль литологических критериев на различных стадиях изученности нефтегазоносных бассейнов меняется. По результатам проведенных литолого-фациальных исследований с учетом

ранее выполненных исследований на территории Припятского прогиба [6] выделены литолого-фациальные зоны (ЛФЗ), которые различаются обстановками осадконакопления. Возможные литологически ограниченные ловушки углеводородов в межсолевом нефтегазоносном комплексе Припятского прогиба можно разделить на три большие группы, связанные с карбонатными органогенными образованиями, песчаными телами и породами доманикового типа. По площади распространения ловушки этих групп, как правило, не совпадают. Первые характерны для Северной зоны ступеней и западной части Внутреннего грабена, вторые – для большей части Внутреннего грабена, особенно его южной части, третьи – для центральной части Внутреннего грабена, где велика вероятность обнаружения «аутогенных» скоплений нефти, тем более что неразбуренные, палеодепрессионные участки региона изучены совсем слабо. Возможное распространение микроколлекторов, связанных с породами доманикового типа на том или ином участке центрального региона, в первую очередь связано с условиями осадконакопления [6].

На основе проведенных литолого-фациальных исследований и палеогеоморфологических реконструкций по отложениям галитовой субформации и межсолевого комплекса выявлены общие литолого-фациальные критерии прогноза развития литологических ловушек, присущие всему бассейну и локальные критерии, которые связаны с определенными частями разреза отложений и определенными территориями Припятского прогиба. Для каждого района Припятского прогиба (Северного, Центрального и Южного) на фоне общих для них присущих своим индивидуальным критерии, которые обусловлены седиментационными процессами на их территории.

Общие критерии. В основе прогнозирования нетрадиционных литологических ловушек лежит *карта литолого-фациального районирования* отложений межсолевого комплекса Припятского прогиба с выделением литолого-фациальных зон перспективных на поиски нетрадиционных ловушек [7], которая является основой прогноза, поисков и обеспечения прироста запасов углеводородов в Припятском прогибе.

1. *Тектонический критерий.* Разломы в кристаллическом фундаменте, подсолевых и межсолевых отложениях в ряде случаев контролировали характер палеорельеф дна бассейна, а следовательно, изменения лиофаций во время формирования отложений межсолевого комплекса и галитовой субформации [9]. Большое значение имеют субмеридиональные разломы, оперяющие субширотные структуроформирующие разломы, которые расчленяли вытянутые в субширотном направлении гряды и палеовозвышенности на отдельные холмы, что повлияло на образование небольших часто не связанных между собой литологических залежей в галитовой субформации и межсолевом комплексе.

2. *Палеогеоморфологический критерий.* Реконструкции палеорельефа дна бассейна указывают на его значительную расчлененность и неодинаковую интенсивность развития отдельных территорий во времени, что отражено в литологическом составе несоляных пачек в солеродном и эвапоритовых отложений в межсолевом задонско-петриковском бассейнах [1,8].

3. *Литологические критерии.* К ним относятся слои (линзы) сульфатных пород и каменной соли, находящиеся в разрезе на границе отложений тремлянского и вишанского горизонтов межсолевого комплекса. Кроме того, важно установление текстурно-структурных особенностей сульфатных и карбонатно-сульфатных пород для определения участков в палеобассейне, где седиментация в соответствующие отрезки времени происходила в субаэральных условиях себкховых фаций с возможными локальными фациальными замещениями и перерывами в осадконакоплении [3].

4. *Биофациальный критерий.* Линзы строматолитовых и онколитовых известняков являются четким критерием выделения положительных форм палеорельефа и зон развития карбонатных коллекторов, ограниченных выклиниванием или замещением. Выявление отложений с обилием остатков радиолярий позволяет интерпретировать обстановку осадконакопления в бассейне, где воды были насыщены по кремнезему, возможно, гидротермального генезиса и формировались пласты и линзы пород доманикового типа, содержащие углеводороды *in situ*.

5. *Зоны отсутствия межсолевых отложений и несоляных пачек галитовой субформации и перерывы в осадконакоплении* являются критерием, который может отражать вероятные при-

вершинные участки островов и гряд в палеорельефе бассейна, в пределах которых рассматриваемые отложения размыты или не отлагались.

Комплекс *литолого-фацальных критерий* для выделения зон выклинивания или замещения пород-коллекторов на неколлектор заключают в себе седиментационные и палеогеоморфологические модели дна палеобассейна Припятского прогиба для узких стратиграфических интервалов разреза.

Локальные критерии установлены для различных стратиграфических интервалов разреза отложений галитовой субформации и межсолевого комплекса.

Для боричевских отложений галитовой субформации локальными критериям являются: (1) повышенные мощности органогенных построек петриковского возраста на территории Речицко-Вишанской зоны приразломных поднятий; (2) фацальное замещение соляной пачки на несоляной аналог, связанное с палеорельефом дна солеродного палеобассейна, указывающее на наличии вблизи фацального замещения разломной зоны в подстилающих отложениях; (3) оперяющие субмеридиональные разломы, расчленяющие вытянутые в субширотном направлении гряды и палеовозвышенности на отдельные холмы, что повлияло на образование небольших, литологических залежей в боричевских отложениях и кореневской пачке на Речицко-Вишанской и Червонослободско-Малодушинской ступенях; (4) расположение боричевских отложений на северных крыльях подсолевой и межсолевой структур и смещение их по отношению к разлому по подсолевым отложениям на 1,5–2,5 км, а по межсолевым – около 1 км; (5) трехчленное строение отложений боричевских слоев; (6) наличие небольших органогенных образований в виде холмов размером 900 × 1000 м, часто отделенных друг от друга фацальным аналогом, представленным каменной солью [2].

Локальные критерии в отложениях *кореневской пачки* галитовой субформации следующие: (1) удаление от зоны отсутствия кореневской пачки и оперяющих субмеридиональных разломов на расстояние 1–3 км; (2) разлом, субпараллельный Червонослободскому разлому на Северо-Домановичской площади (по данным Кудрявца И.Д.), отделяющий ступень, на которой расположены скважины с нефтепроявлениями в керне; возможно, это перспективная для формирования литологических ловушек ступень.

В *терригенных отложениях Южного и Центрального нефтегазоперспективных районов* Припятского прогиба критерии прогноза и поисков ловушек следующие: (1) зоны аккумуляции терригенных тел турбидитового и дельтового генезиса в задонско-петриковских и лебедянских отложениях [4]; терригенные тела турбидитового генезиса, сформированные в приразломных палеодолинах, имеют линзовидное строение и замещаются в северном и южном направлениях; (2) приуроченность терригенных тел к депрессионным территориям современного структурного плана межсолевых отложений; (3) связь палеофлексур в межсолевых отложениях с разломами в подсолевых отложениях, позволяющая прогнозировать развитие и выклинивание терригенных тел в межсолевых отложениях, ориентируясь на структурный план подсолевых отложений [9]; (4) формирование терригенных тел в палеодолинах, осложненное субмеридиональными разломами, оперяющими субширотный разлом, на выступах которых формировались наиболее отсортированные терригенные породы, образующие «шнурковые» ловушки, как, например, в Восточно-Выступовичской палеодолине.

Список литературы

1. Валяшко, М.Г. Закономерности формирования месторождений калийных солей / М.Г. Валяшко. – М.: МГУ. – 1962. – 397 с.
2. Ланкуть, Л.Т. Особенности геологического строения Давыдовско-Ближнехуторской площади в связи с перспективами нефтеносности верхнефаменских боричевских отложений соленосной формации Припятского прогиба / Л.Т. Ланкуть [и др.] // Сборник научных трудов. Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси. – Минск: БЕЛГЕО, 2010. – С. 27–32.
3. Обровец, С.М. Себкховая фация – индикатор палеорельефа и нефтеносности / С.М. Обровец // Литосфера. – 1995. – № 3. – С. 60–69.
4. Обровец, С.М. Зоны концентрации аккумулятивных тел в верхнедевонских отложениях Внутреннего грабена Припятского палеорифта перспективные объекты на поиски литологических ловушек углеводородов /

С.М. Обровец // Минерально-сырьевые ресурсы Беларуси-2002 : состояние и перспективы. – Минск: БелНИГРИ. – 2002. – С. 164–167.

5. Обровец, С.М. Седиментогенез турбидитов в девонском бассейне Припятского палеорифта / С.М. Обровец // Литосфера. – 2003. – С. 46–58

6. Обровец, С.М. Нефтеперспективные доманиковые фации в межсолевых девонских отложениях Центрального района Припятского прогиба / С.М. Обровец, И.А. Яшин // Літасфера. – 2011. – № 2. – С. 85–96.

7. Обровец, С.М. Литолого-фаціальне районування осадів межсолевого комплекса – литологическая основа прогнозирования литологически ограниченных ловушек углеводородов / С.М. Обровец, И.А. Яшин // Литосфера. – 2013. – № 2 (39). – С. 90–101.

8. Сонненфельд, П. Рассолы и эвапориты / П. Сонненфельд. – М.: Мир, 1988. – 480 с.

9. Старчик, Т.И. Влияние листрической тектоники Припятского прогиба на палеорельеф и седиментогенез ранне-средне фаменского бассейна / Т.И. Старчик, С.М. Обровец // Литосфера. – 2002. – № 16. – С. 81–89.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧИЦКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ (СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОЕ ПЛЕЧО И ЖЛОБИНСКАЯ СЕДЛОВИНА)

В.Ю. Обуховская

*Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь
e-mail: Veronikaobukhovskaya@yandex.ru*

*В отложениях нижней части верхнефранского подъяруса юго-востока Беларуси установлена местная миоспоровая зона (лоне) *Convolutispora crassitunicata*, соответствующая речицкому горизонту. Палинокомплексы лоны характеризуются широким распространением миоспор рода *Archaeoperisaccus* и появлением *Auroraspora speciosa*, *Membrabaculispores radiatus* и других, имеющих важное корреляционное значение.*

Ключевые слова: Беларусь, девон, фран, речицкий горизонт, лона, свита, миоспоры.

THE PALynoLOGICAL CHARACTERISTIC OF RECHITSA DEPOSITS OF SOUTH EAST OF BELARUS (NORTH PRIPYAT SHOULDER AND ZHLOBIN SADDLE)

V.Yu. Obukhovskaya

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

*In the deposits of lower part of Upper Frasnian substage of South East of Belarus the local miospore zone (lone) *Convolutispora crassitunicata* is distinguished. It corresponds to Rechitsa horizon. The palynocomplexes of lone are characterized by wide distribution of miospores of genus *Archaeoperisaccus* and appearance of *Auroraspora speciosa*, *Membrabaculispores radiatus* and other, having important correlative significance.*

Keywords: Belarus, Devonian, Frasnian, Rechitsa horizon, lone, formation, miospores.

Отложения речицкого горизонта установлены на территории Еленецкого блока Жлобинской седловины, на Медведовской, Городокской, Китинской, Хатецкой и Паричской ступенях Северо-Припятского плеча, а также в пределах Гомельской структурной перемычки. Их образованию предшествовал перерыв в осадконакоплении различного диапазона длительности в пределах изучаемой территории. Горизонт на площади распространения представлен местными стратиграфическими подразделениями: *речицкой, еленецкой и михальковской свитами*, сложенными нормально-осадочными отложениями с различным содержанием вулканогенно-осадочных пород, приуроченных преимущественно к нижней части данных свит [11]. Разрезы свит последовательно охарактеризованы палинологически, комплексы миоспор которых соответствуют местной зоне (лоне) *Convolutispora crassitunicata* [2; 4; 5].

Несколько условно, по геологическим соображениям, к речицкому горизонту отнесены вулканогенные образования трубок взрыва, содержащие ксенокластический материал, представленный различной размерности обломками осадочных пород доречицкого возраста (*мадорская свита*) [11].

Лона *Convolutispora crassitunicata* впервые была установлена Обуховской Т.Г. в Припятском прогибе [6; 7]. Ее стратотип выделен в разрезе скв. Вышемировская 3 (инт. 3120–3147 м). Речицкий возраст лоны, кроме миоспор, подтвержден также определениями брахиопод и остракод.

Вид-индекс лоны *Convolutispora crassitunicata* (Obuch.) Obuch. появляется на нижней границе горизонта и практически не встречается выше его верхнего уровня.

Нормально-осадочные отложения *речицкой свиты* палинологически охарактеризованы в разрезах скважин: Еленецкого блока Жлобинской седловины (389, инт. 184–201,7 м; 593, инт. 161,8–192 м; 609, инт. 162,5–184,1 м, а также Глазовского блока (116, инт. 490–535 м; 139, инт. 398,3–416,3 м и Китинской ступени (Городокская 1, инт. 1007–1024,7 м) Северо-Припятского плеча. Установленные в этих разрезах миоспоровые ассоциации характеризуются постоянным присутствием вида-индекса *Convolutispora crassitunicata* (Obuch.) Obuch., миоспор рода *Archaeoperisaccus* (Naumova, 1953) Potonie, 1958: *A. concinnus* Naum., *A. menneri* Naum.,

A. ovalis Naum., *A. latus* Archang., численность которых колеблется от 3 до 10 %, реже их количество составляет 10–15 %. Абсолютно же преобладают в спектрах виды рода *Geminospora* (Balme, 1962) Owens, 1971, состав которых унаследован из подстилающих отложений. Так, стабильно, в большом количестве (часто более 5 %) присутствует унаследованный из семилукских ассоциаций вид *Cristatisporites trivialis* (Naum.) Obuch. В отложениях лоны появляются: *Diducites radiatus* (Kedo) Obuch., *Membrabaculispores radiatus* (Naum.) Archang., *Auroraspora speciosa* (Naum.) Obuch., *Acinosporites gorodkensis* (Obuch.) comb. nov., *Convolutispora aphanus* Obuch., *Grandispora gracilis* (Kedo) Streel. Участие этих видов в миоспоровых ассоциациях составляет от 0,5 до 5 %. В отдельных образцах отмечается высокое (до 10 %) содержание представителей рода *Ancyrospora* (Richardson, 1960) Richardson, 1962, реже *Hystricosporites* McGregor, 1960. Здесь также появляется вид, несколько сходный с *Unicospora elata* Archang., а также единичные экземпляры *Archaeozonotriletes decumanus* Kedo. В нижней части лоны иногда встречаются редкие сколекодонты и крупные лейосферы. Наиболее характерные виды миоспор лоны изображены на прилагаемой фототаблице.

Вулканогенно-осадочные отложения еленецкой свиты охарактеризованы миоспорами в следующих разрезах скважин, вскрытых в кальдерах трубок взрыва на Еленецком блоке: 485, инт. 132–210,3 м; 565, инт. 145,5–149 м; 581, инт. 135,8–143,2 м; 557, инт. 164,2–174,7 м; 561, инт. 144,4–146,8 м; 562, инт. 146–174 м. Видовой состав миоспор, извлеченных из пород еленецкой свиты, практически тот же, что и установленный в отложениях речицкой свиты. Отличительной особенностью является присутствие большого количества переотложенных миоспор живетского (полоцкого) возраста, приуроченное к нижней тuffогенно-осадочной пачке этой свиты в скважинах: 485, инт. 206,8–210,3 м; 581, гл. 143,2 м; 557, инт. 169,2–174,7 м и др. Количество переотложенных миоспор в отдельных образцах достигает 50 %. Их хорошая сохранность позволяет предполагать близко расположенные источники поступления растительных микрофоссилей и захоронение их в водоемах со слабой гидродинамикой. В первой и второй литологической пачках еленецкой свиты, отвечающих, по-видимому, озерной стадии осадконакопления, наблюдается повышенное содержание представителей родов *Ancyrospora* и *Hystricosporites*. Их морфологическое строение, по крайней мере, представителей рода *Hystricosporites*, сходно с таковым у пресноводных папоротников [3]. Вероятно, это происходило в стадию континентального (озерного) седиментогенеза. Хотя следует отметить, что незначительное переотложение живетских миоспор наблюдается по всему разрезу еленецкой и речицкой свит в разрезах скважин Жлобинского поля диатрем. Характерной особенностью миоспоровых ассоциаций еленецкой свиты является также несколько повышенное содержание миоспор с сетчато-ячеистой скелеттурой. Среди них, кроме *Convolutispora subtilis* Owens, *C. crassitunicata* Obuch., встречаются *C. cf. grandiformis* (Kedo) Avch., *Convolutispora combinata* Serg. Несколько более многочисленны здесь виды: *Diducites radiatus* (Kedo) Obuch. и виды рода *Archaeoperisaccus* (Naumova, 1953) Potonie, 1958, чаще присутствует вид *Cymbosporites medius* Archang.

Вулканогенно-осадочный (но не кальдерный) тип разреза речицкого горизонта, представленный михальковской свитой, охарактеризован миоспорами лоны *C. crassitunicata* в скв. Уваровичская 94 (инт. 278,6–310,5 м), пробуренной на Гомельской структурной перемычке. Миоспоровые ассоциации, установленные здесь, характеризуются абсолютным преобладанием видов рода *Archaeoperisaccus*, что фациально сближает их с комплексами миоспор из отложений петинского горизонта Воронежской антеклизы [10].

Таким образом, палинологическое изучение разнофациальных отложений местных свит речицкого горизонта показало, что комплекс миоспор соответствующей ему лоны *C. crassitunicata* в видовом отношении единый. Он включает: вид-индекс *Convolutispora crassitunicata* (Obuch.) Obuch.; руководящие виды – *Convolutispora aphanus* Obuch., *Archaeoperisaccus latus* Archang., *Acinosporites gorodkensis* (Obuch.) comb. nov., *Cymbosporites medius* Archang., *Grandispora gracilis* (Kedo) Streel; характерные виды – *Membrabaculispores radiatus* (Naum.) Archang., *Diducites radiatus* (Kedo) Obuch., *Cristatisporites trivialis* (Naum.) Obuch., *Auroraspora speciosa* (Naum.) Obuch., *Lophozonotriletes excisus* Naum., *L. concessus* Naum., *L. gibberulus* Naum. и сопутствующие и преобладающие виды – *Geminospora rugosa* (Naum.) Obuch., *G. notata* (Naum.) Obuch.

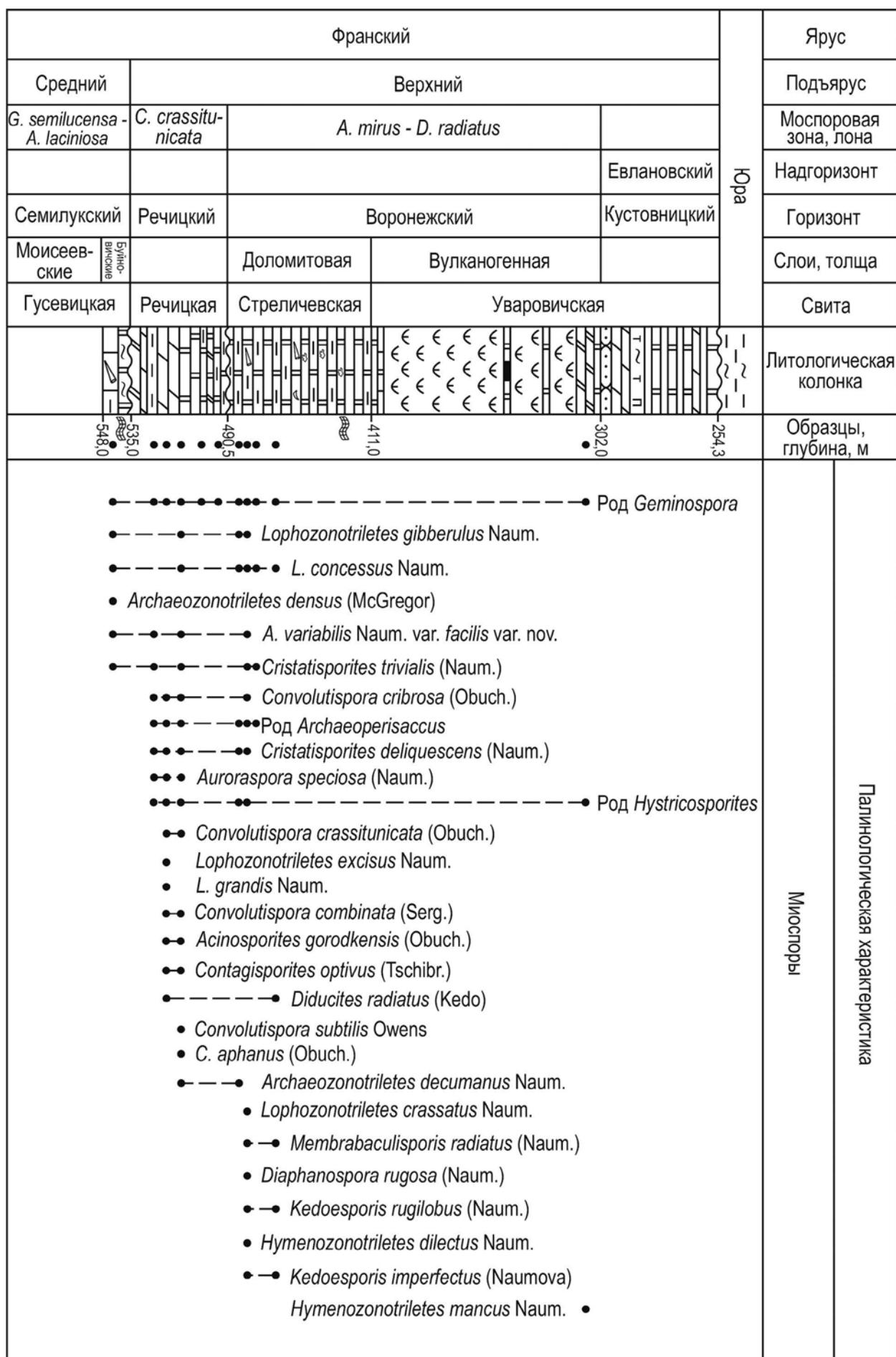


Рисунок 1. Разрез скважины Уваровичская 116

В качестве парагенетического разреза лоны *Convolutispora crassitunicata* можно принять разрез скважины Уваровичская 116 (рис. 1), а в качестве типовых – разрезы скважин Елецкая 485 и Уваровичская 94 [2; 5].

По видовому составу и количественным соотношениям речицкий комплекс миоспор наиболее близок выделенным Обуховской Т.Г. из отложений речицкого возраста Припятского прогиба [7] и Кононенко Л.П. из алатаюрских отложений Днепровско-Донецкой впадины [9].

Данный комплекс также сопоставляется с миоспоровыми ассоциациями петинского горизонта Воронежской антеклизы и Московской синеклизы [8; 10] и ветласянского горизонта Тимано-Печорской провинции [1]. Присутствие в наших разрезах *Cymbosporites medius* Archang., *Archaeoperisaccus latus* Archang. и практически всех других видов лоны *C. crassitunicata* является также характерным для региональной подзоны *Cymbosporites vetlasjanicus*, выделяемой в составе зоны *Archaeoperisaccus ovalis* – *Verrucosporites grumosus* [12].

Список литературы

1. Архангельская, А.Д. Верхнефранские комплексы спор Южного Тимана / А.Д. Архангельская // Франские брахиоподы и споры Южного Тимана. – М.: ВНИГНИ, 2003. – С. 51–80.
2. Кручек, С.А. Стратиграфия и палинологическая характеристика франских отложений Жлобинского поля диатрем / С.А. Кручек, В.Ю. Обуховская // Литасфера. – 2005. – № 2 (23). – С. 22–32.
3. Наумова, С.Н. Спорово-пыльцевые комплексы верхнего девона Русской платформы и их значение для стратиграфии / С.Н. Наумова. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – 102 с.
4. Обуховская, В.Ю. Кальдеры диатрем Жлобинского поля и их палинологическая характеристика / В.Ю. Обуховская // Современная палеонтология: классическая и нетрадиционная: тез. докл. LII сессии Палеонтолог. общ-ва при РАН, 3–7 апр. 2006 г. г. Санкт-Петербург. – СПб: ВСЕГЕИ, 2006. – С. 96–97.
5. Обуховская, В.Ю. Стратиграфия франских отложений восточной части Северо-Припятского плеча и со-пределных структур / В.Ю. Обуховская, Т.Ф. Саченко, С.А. Кручек // Литасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 29–39.
6. Обуховская, Т.Г. Объем и границы франского яруса в Припятском прогибе по палинологическим данным / В.Ю. Обуховская // Палеонтология и ее роль в познании геологического строения территории Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1986. – С. 134–144.
7. Обуховская, Т.Г. Споровые комплексы франского яруса Припятской впадины и их стратиграфическое значение: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.02 / Т.Г. Обуховская. – Киев: УкрНИГРИ, 1988. – 24 с.
8. Раскатова, Л.Г. Спорово-пыльцевые комплексы среднего и верхнего девона юго-восточной части Центрального девонского поля / Л.Г. Раскатова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1969. – 168 с.
9. Раскатова, Л.Г. Палинологическая характеристика петинских отложений центральных районов Русской платформы и Днепровско-Донецкой впадины / Л.Г. Раскатова, Л.П. Кононенко, Т.Ф. Смирнова // Литология и стратиграфия осадочного чехла Воронежской антеклизы. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1976. – С. 81–85.
10. Родионова, Г.Д. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г.Д. Родионова, В.Т. Умнова, Л.И. Кононова и др. [и др.]. – М., 1995. – 265 с.
11. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: Объяснительная записка / С.А. Кручек, А.В. Матвеев, Т.В. Якубовская и др. – Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.
12. Avkhimovich, V.I. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe / V.I. Avkhimovich, E.V. Tschiibrikova, T.G. Obukhovskaya [etal.] // Bull. des Centres Researches Exploration-Production ElfAquitaine. – 1993. – V. 17, № 1. – P. 79–147.

**КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ
И ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛИТОГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА
НА ПРИМЕРЕ СКОРОБОГАТЬКОВСКОЙ СОЛЯНОЙ СТРУКТУРЫ
ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ**

Е.П. Олейник

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: olgeo@ukr.net

Днепровско-Донецкая впадина – область развития соляных поднятий, с которыми связаны залежи углеводородов. На основе литогеофизического метода составлена корреляционная схема нижнекаменноугольных и девонских отложений Скоробогатьковской соляной структуры. Уточнено строение кепрока, что позволило охарактеризовать динамику роста диапира и повысить вероятность открытия промышленных залежей углеводородов.

Ключевые слова: *Днепровско-Донецкая впадина, корреляция, соляные структуры, залежи углеводородов.*

**CORRELATION OF THE LOWER CARBONIFEROUS AND DEVONIAN SEDIMENTS
ON THE BASIS OF THE LITHOGEOPHYSICAL METHOD ON THE EXAMPLE OF THE
SKOROBOGAT'KI SALT STRUCTURE OF THE DNIERPER-DONETS DEPRESSION**

O.P. Oliynyk

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Dnieper-Donets Depression is the area of development of salt uplifts, with which hydrocarbon deposits are connected. On the basis of the lithogeophysical method, a correlation scheme was constructed for the Lower Carboniferous and Devonian deposits of the Skorobogat'ki salt structure. The structure of caprock was specified, which made it possible to characterize the dynamics of diapir growth and to increase the probability of discovering industrial hydrocarbon deposits.

Keywords: *Dnieper-Donets Depression, correlation, salt structures, hydrocarbon deposits.*

Днепровско-Донецкая впадина (далее – ДДВ) – общезвестная соленосная область, где в осадочном чехле выявлено большое количество локальных поднятий сложенных девонскими галогенными комплексами, которые являются объектами нефтегазоразведочных работ.

К таким поднятиям относится Скоробогатьковская соляная структура, которая приурочена к северному склону Ждановского прогиба центральной приосевой части ДДВ (рис. 1). В строении поднятия принимают участие верхнедевонские, каменноугольные, верхнепермские и мезо-кайнозойские образования. Разрез представлен карбонатно-терригенными отложениями, в верхнем девоне вскрыта каменная соль. Общая мощность осадочного чехла составляет ~ 8,5 км. Глубина залегания кристаллического фундамента в регионе – 8,0–9,0 км.

По данным геолого-геофизических исследований Скоробогатьковская структура является криптодиапировой брахиантклиналью северо-восточного простирания. Соляное ядро ограничено дугоподобными сбросами. Размер складки по нижневизейским отложениям составляет 7,0 x 5,0 км (рис. 2А); верхневизейским – 6,5 x 4,5 км (рис. 2Б) и московским – 4,5 x 4,0 км. С поздневизейского времени соляные образования в своде складки не выходят на поверхность, наблюдается постепенное выполаживание поднятия и затухание тектонических нарушений. Структурный план по нижнепермским отложениям отличается от предыдущих: на поверхности выделяется структурный нос (рис. 2В). По мезозойским отложениям структуре отвечает моноклиналь с южно-западным направлением падения пород.

Скоробогатьковская структура является нефтегазоконденсатным месторождением, где выявлены залежи углеводородов в нижне- и среднекаменноугольных, девонских отложениях. Продуктивные горизонты залегают в общем интервале глубин 3371–5500 м. Залежи пластовые сводовые тектонически экранированы и литологически ограничены. Коллекторы – песчаники с пористостью 16–11 %. Всего на месторождении выявлено 90 залежей [1].

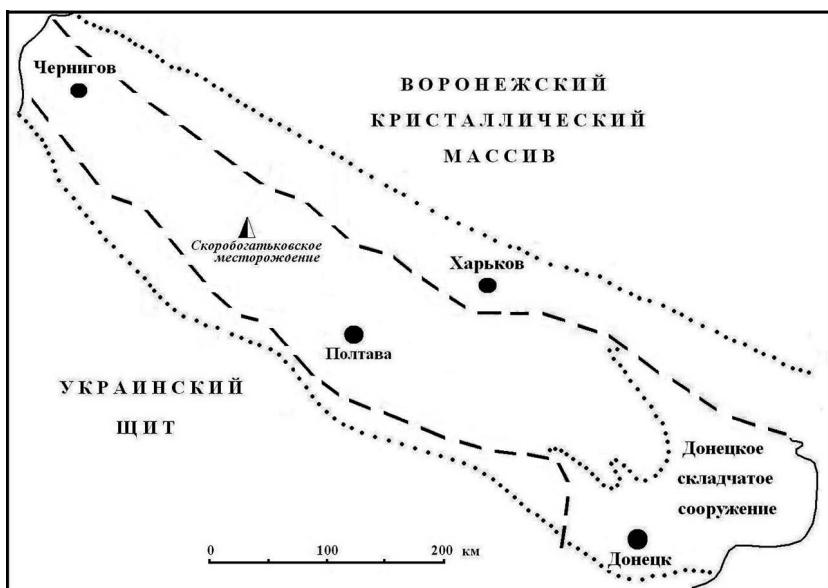


Рисунок 1. Схематическая обзорная карта Днепровско-Донецкой впадины и местоположение Скоробогатьковской площади

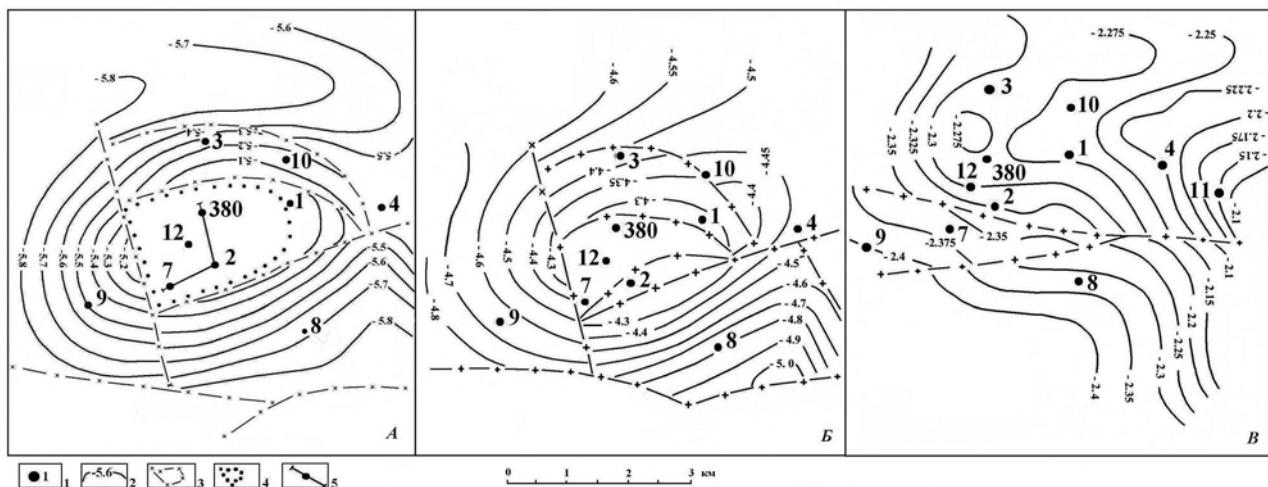


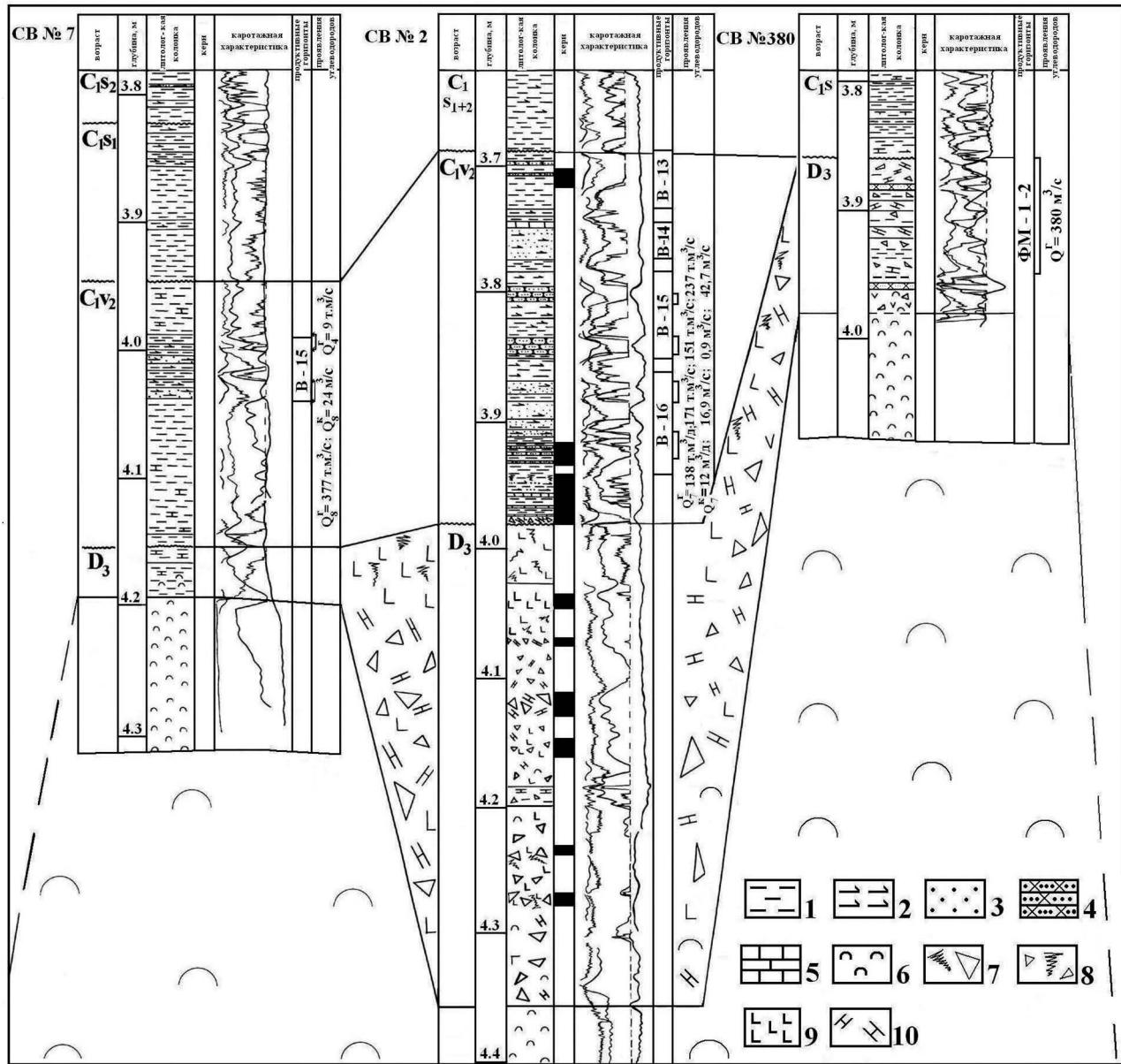
Рисунок 2. Структурные карты Скоробогатьковской площади по отбивающим горизонтам, приуроченных к маркирующим реперам:

V_{B_3} – толща известняков C_1v_1 (А), V_{B_2} – «башкирская плита» C_2b (Б), IVб – подошва хемогенного комплекса P_1a (В) (по данным Киевской ГРЭ Объединения «Укргеофизика»). 1 – скважины, 2 – изогипсы отражающих горизонтов, 3 – разрывные нарушения, 4 – контур распространения соляного штока, 5 – линия корреляционной схемы

На основе литогеофизического метода [3] составлено детальную корреляционную схему для палеозойских отложений Скоробогатьковской площади. При составлении схемы использовались диаграммы стандартного каротажа скважин: характеристика показателей кажущегося электрического сопротивления (кривая КС), спонтанной поляризации (кривая ПС), описание керна по скважинам 7, 2, 380. Схема построена для интервала отложений от подошвы башкирского яруса до забоя скважин (рис. 3).

В скв. 7 серпуховские отложения (инт. 3770–3858 м) характеризуются дифференцированной кривой, особенно в верхнесерпуховском и верхней части нижнесерпуховского подъярусов, где они представлены чередованием слоев аргиллитов и плотных алевролитов. Минимальные значения КС соответствуют прослойям аргиллитов.

В инт. 3860–3947 м амплитуды кривой КС уменьшаются, кривой ПС – выпрямляются, что соответствует плотным глинам, измененным до аргиллитов. Инт. 3947–4152 м охватывает отложения визейского яруса, где выделен продуктивный горизонт В-15, который перекрывается и подстилается толщами аргиллитов (инт. 3947–3992 м и 4041,5–4152 м).



**Рисунок 3. Схема корреляции девонско-нижнекаменноугольных отложений
Скоробогатьковской площади [4]**

1 – аргиллит, 2 – алевролит, 3 – песок, 4 – песчаник, 5 – известняк, 6 – каменная соль, 7 – брекчия крупнообломочная трещиноватая, 8 – брекчия мелкообломочная трещиноватая, 9 – диабазовые обломки, 10 – известняковые обломки

Визейские отложения со стратиграфическим перерывом (~ 19 млн лет) залегают на верхнедевонских. Разрез девона начинается с глубины 4152 м толщиной кепрака, мощностью 40 м. Кепрок идентифицирован по аналогичной геофизической характеристике и данным керна скв. 2, которые описываются ниже. На глубине 4196,6 м наблюдается перекрещивание кривых кровельного и подошвенного зондов, что является признаком резкой литологической границы с соленосными отложениями. Мощность вскрытой соли в скважине составляет 133,4 м.

В скв. 2 отложения верхне- и нижнесерпуховского подъярусов (инт. 3624–3690 м) характеризуются увеличенным удельным сопротивлением, слабо дифференцированной кривой КС и маловыразительной волнистой кривой ПС, что отвечает аргиллитам и примесям алевролитового материала в нижней части серпуховских отложений. В инт. 3690–3980 м вскрыт ритмичный разрез верхневизейских отложений, которые представлены глинисто-алевро-песчаными породами. В скважине выделяют следующие продуктивные горизонты: В-13 (инт. 3624–3732 м), В-14 (инт. 3746–3773 м), В-15 (инт. 3782,5–3850 м), В-16 (инт. 3862,5–3940 м). Кривые КС и ПС на каротажной диаграмме характеризуются значительной

дифференциацией, которая отвечает ритмичному переслаиванию аргиллитов, песчаников и алевролитов.

В инт. 3940–3980 м, которым заканчивается разрез отложений карбона, залегают слои плотных, местами трещиноватых аргиллитов с алевролитами и маломощные толщи известняков. Под известняками выделяется базальная толща, которая сложена обломками известняков и брекчий диабазов, что свидетельствует о вероятном размыве и стратиграфическом перерыве примерно в 24 млн лет.

В инт. 3980–4669 м разрез представлен верхнедевонскими отложениями: толщей кепрока (инт. 3980–4343,5 м) и чистой солью (инт. 4343,5–4669 м). По данным керна и каротажа в инт. 3980–4343,5 м залегают трещиноватые диабазы, которые характеризуются волнистой кривой и слабо дифференцированными кривыми подошвенного и кровельного зондов. Анализ раннее перечисленных показателей позволяет выделить в отложениях соляного кепрока две толщи: верхнюю (инт. 3980–4182,5 м), которая сложена мелкообломочной брекчией карбонатного и диабазового составов и нижнюю (инт. 4200–4343,5 м), которая представлена трещиноватой грубообломочной диабазовой брекчией. Между двумя толщами кепрока выделяется пачка глинистых отложений с обломками, возможно, карбонатных или сульфатных пород (инт. 4182,5–4200 м).

С глубины 4343,5 м наблюдается перекрецивание кривых кровельного и подошвенного зондов, что является признаком литологического несогласия отложений соли с породами, которые залегают выше. Соляные отложения до забоя (4469 м) характеризуются высокими значениями кажущегося сопротивления и маловыразительной волнистой кривой ПС.

В скв. 380 серпуховские отложения (инт. 3794,5–3860 м) на каротажных диаграммах характеризуются дифференцированными кривыми КС – чередованием высоких и низких показателей кажущегося сопротивления и непостоянной амплитудой кривой ПС, что соответствует чередованию слоев аргиллитов, известняковых аргиллитов и алевролитов. С глубины 3860 м залегают верхнедевонские отложения, которые перекрыты серпуховскими породами со стратиграфическим перерывом ~ 29–30 млн лет.

Под серпуховскими отложениями до глубины 3980 м залегают обломочные породы кепрока (по аналогии скв. 2), которые характеризуются дифференцированными кривыми КС и ПС. Отрицательные значения спонтанной поляризации и низкие значения удельного сопротивления отвечают терригенным породам (аргиллитам и пр.), положительные значения ПС и высокие КС – обломкам карбонатных и эфузивных пород. С глубины 3980 м до забоя (4049 м) скважиной разбурены отложения соли.

В инт. 3870–3950 м выделяют два пласта газонасыщенного песчаника эффективной мощностью 8 м [2].

Таким образом, литогеофизический метод позволил детализировать и выявить двухслойное строение мощного кепрока (363 м) Скоробагатьковского штока, которое свидетельствует о сложном неравномерном развитии соляного тела. Грубообломочная брекчия, возможно, характеризует ускоренный рост штока, промежуточная глинистая пачка пород – о смене темпов роста, мелкообломочный состав – об относительно медленном росте.

Неоднородный литологический состав, проницаемость песчаников, наличие глинисто-алевролитовой толщи как возможной покрышки, а также приштоковые разрывные нарушения способствовали формированию залежи газа в горизонте ФМ-1-2 в верхней части девонской брекчии штока (скв. 380).

Список литературы

1. Атлас родовищ нафти і газу України: в 6 т. / ред. М.М. Іванюта, В.О. Федшин, Б.І. Денега та ін. – Львів: Центр Європи, 1998. – Т. 1. – 494 с.
2. Багрій, І.Д. Нафтогазоперспективні об'єкти України. Прогнозування нафтогазоперспективних об'єктів Дніпровсько-Донецької газонафтоносної області з застосуванням комплексу нетрадиційних приповерхневих методів досліджень / І.Д. Багрій [та ін.] – Київ: Варта, 2007. – 535 с.
3. Гавриш, В.К. Циклостратиграфическая и литогеофизическая корреляция продуктивных горизонтов нижнего карбона и девона в связи с прогнозированием комбинированных ловушек углеводородов в Днепровско-Донецкой впадине / В.К. Гавриш [и др.]. – Киев: Ин-т геологических наук АН УССР, 1987. – 56 с.
4. Олійник, О.П. Палеотектонічна реконструкція розвитку Скоробагатьківської солянокупольної структури / О.П. Олійник // Вісн. Київ. ун.-ту. Сер. Геологія. – 2011. – № 53. – С. 7–10.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.С. Петрова¹, Н.Ю. Денисова²

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: belnigri@list.ru

² Филиал «Институт геологии» Государственного предприятия НПЦ по геологии, Минск, Беларусь

e-mail: denisova@geology.org.by

Статья посвящена проблеме актуализации системы оценки запасов и ресурсов твердых полезных ископаемых в Республике Беларусь. Рассмотрены основные положения наиболее авторитетных международных систем классификации запасов и их соотношение с подходами, принятыми на сегодня в Беларуси. Показана актуальность гармонизации документов и необходимость перехода на международные стандарты.

Ключевые слова: твердые полезные ископаемые, месторождения, категоризация запасов, минеральные ресурсы, недропользователи.

PROBLEMS OF CREATING A NEW CLASSIFICATION OF MINERAL RESOURCES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

N.S. Petrova¹, N.Yu. Denisova²

¹ Belarusian State University, Minsk, Belarus

² State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

The article is devoted to the problem of actualization of the system for estimating reserves and resources of solid minerals in the Republic of Belarus. The main provisions of the most authoritative international reserves classification systems and their correlation with the approaches adopted in Belarus today are considered. The urgency of the harmonization of documents and the need to move to international standards are shown.

Keywords: solid minerals, deposits, categorization of reserves, mineral resources, subsoil users.

Применение категоризации запасов позволяет определить степень геологической изученности месторождения и достоверности оцениваемых запасов, проектировать дальнейшие геологоразведочные работы (далее – ГРР), строительство горнодобывающего предприятия. Чем выше категория запасов, тем ниже геологические риски. Что может быть отнесено к основным геологическим рискам – внутренним рискам предприятия? Это ошибки геометризации рудных тел (зон), ошибки определения содержаний, недостаточная изученность гидрогеологических, инженерно-геологических условий месторождения, а также физико-механических свойств пород и руд (требования к изученности заложены в индивидуальных ТКП по правилам применения классификации запасов).

Отечественная оценка запасов не признана ни одним иностранным инвестором. Чтобы получить кредит в банке или выйти на IPO (Initial Public Offering) в настоящее время необходимо нанимать зарубежные фирмы-оценщики с авторитетом на международном рынке. Об этом еще в 2010 году говорилось в открытой печати одним из авторов этой статьи [1].

Разумность инвестиционных вложений определяется геологическим характером месторождения, устанавливаемым в ходе ГРР. Достоверность ГРР далеко не абсолютна, и ошибки в оценке запасов могут иметь катастрофические последствия для бизнеса (геологические риски). Требования к оценке геологической информации на предмет полноты и достоверности заложены в стандартах – отечественной классификации запасов и зарубежных кодексах.

Минерально-сырьевая база Республики Беларусь включает почти 4000 месторождений. Есть несколько причин рассмотрения вопроса о достоверности геологической оценки запасов, в частности, твердых полезных ископаемых. Развитие и укрепление минерально-сырьевой базы любого государства непосредственно связано с обоснованностью и достоверностью запасов полезных ископаемых. Действующая в настоящее время классификация не позволяет

эффективно управлять запасами, учитываемыми Государственным балансом, и, соответственно, не создает условий для диалога государства и недропользователя. Однако прямой перевод существующей отечественной классификации в международный шаблон невозможен, что становится очевидным при попытке перевести ее на язык зарубежного кодекса.

В качестве критериев сопоставления двух систем рассматриваются такие аспекты, как взаимоотношения государства и недропользователя, экономическая оценка, основные принципы категоризации, наличие единых принципов государственного учета, обеспечение объективного государственного планирования (уровень добычи и потребление), основа для привлечения инвестиций, капитализации запасов.

Международные системы не учитывают интересы государства как собственника недр, в частности, рациональное использование недр и максимальную бюджетную эффективность, тогда как в действующей классификации собственник недр – государство, и собственник извлекаемых из недр запасов – недропользователь, находятся в противоречии. Количество, качество запасов и их экономическая значимость в международных системах в отличие от отечественной подтверждаются аудитом, а не государственной экспертизой.

Наиболее авторитетными системами классификации запасов в мире являются стандарт Кодекс JORC (Австралия), CIM (Канада), Кодекс SAMREC (ЮАР), Кодекс PERC (Европа), руководство SME (США), Кодекс сертификации (Чили), Кодекс НАЭН (Россия), построенные на принципах, понятных для всех участников мирового рынка полезных ископаемых. Кодексы отчетности используются для целей капитализации месторождений на региональных фондовых рынках как гаранты качества и прозрачности документов, подготавливаемых в инвестиционных целях в горно-геологической отрасли. Во всех системах принята общая терминология и номенклатура и признается разница между ресурсами и запасами. Перевод из категории ресурсов в категорию запасов требует учета и применения «модификаторов», которые включают в себя горные, metallургические, экономические, рыночные, правовые, экологические, социальные и правительственные факторы (горно-геологические и горнотехнические). Ресурсы определяются по результатам геологоразведочных работ. Они переводятся в категорию запасов при учете модификаторов, особенно технических и экономических.

Международная инициатива по стандартизации определений, касающихся отчетности для минеральных ресурсов и запасов полезных ископаемых, привела к созданию Объединенного комитета по международным стандартам отчетности по запасам ТПИ CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards).

В основу шаблонов CRIRSCO положена Австралийская система учета минеральных ресурсов и запасов ТПИ (Кодекс JORC), выступающая в настоящее время в качестве основного языка международного общения геологов, и понятная иностранным инвесторам, банковским структурам, а также сырьевым биржам, для которых отчетность в международной системе классификации является необходимым условием прохождения процедуры IPO (Initial Public Offering). Классификация JORC позволяет проводить геолого-экономическую оценку запасов и ресурсов с учетом динамических, экономических, политических и правовых условий.

При существующих ценах на минеральные ресурсы, действующей налоговой системе и имеющейся инфраструктуре большинство запасов нераспределенного фонда недр не может быть вовлечено в разработку в силу экономической нецелесообразности их освоения, классификация это не учитывает. Кроме того, при отработке месторождений по техническим проектам разработки, исходя из имеющихся технологий, существенная часть запасов – до 40–50 %, может оставаться в недрах в виде эксплуатационных потерь, потеря в охранных зонах и т. д. При этом объем извлекаемых запасов государством не утверждается.

В настоящее время ГКЗ РФ с участием созданного сообщества экспертов (НАЭН) разработало новую классификацию запасов и ресурсов твердых полезных ископаемых, которая в настоящее время активно обсуждается, в том числе и в СМИ.

Главное принципиальное отличие новой классификации в том, что вводится понятие «извлекаемых» запасов, определяемых по результатам расчетов, выполненных в проектном документе на разработку месторождений. С одной стороны, это способствует сближению отечественной и международной классификаций, с другой – формирует реальную сырьевую базу

ТПИ, на основании которой можно выстраивать государственную политику как в области воспроизводства минерально-сырьевой базы, так и при необходимости стимулирования разработки минерального сырья.

По мнению разработчиков, новая российская классификация запасов и ресурсов обеспечивает улучшение механизма взаимоотношений государства и недропользователя, а оценка ресурсов/запасов месторождений ТПИ станет понятной для международных инвесторов, финансовых учреждений, что будет способствовать росту капитализации месторождений и поступлений в госбюджет от аукционов и конкурсов.

Несмотря на то что в странах с рыночным укладом экономики государственный учет и баланс ресурсов/запасов не ведется и тем более не утверждается, в новой классификации, в связи с тем что минеральные ресурсы приобретают все большее значение для мировой экономики, рекомендуется сохранить статус Государственного баланса, придав ему новое содержание и ужесточив к недропользователям требования к представлению отчетности. Компании, присутствующие на фондовых биржах, отчитываются о запасах ежегодно, поэтому целесообразно обязать недропользователей ежегодно представлять государственному органу пересчеты ресурсов/запасов, подтвержденные квалифицированными экспертами. Для наращивания изученности недр следует обязать компании одновременно с представлением отчета о запасах представлять электронные базы данных опробования и коллекции каменного материала по разведуемым месторождениям.

С учетом вышеизложенного потребуется сформировать План осуществления перехода на новые условия государственного учета запасов/ресурсов и определить основные направления такой модернизации, включая переход на единую международную терминологию запасов/ресурсов при раскрытии информации горнодобывающими и разведочными компаниями для государственного учета и фондового рынка во избежание публикации противоречивых результатов.

На территории постсоветского пространства некоторые бывшие республики ведут подсчеты запасов по системам, адаптированным к международным. Вопрос перехода в Республике Беларусь на классификацию запасов, гармонизированную с международными системами, находится в состоянии крайней неопределенности. Вполне понятно, что прежде всего следует принять конкретное серьезное управленческое решение о необходимости гармонизации запасов месторождений твердых полезных ископаемых с международными системами с целью повышения инвестиционной привлекательности проектов. В системе рыночной экономики разведка месторождений чаще всего ведется за счет инвестиций, и Государственная аprobация запасов, когда гарантом их наличия является Государство, – нонсенс. Все предпосылки для принятия такого решения имеются: это и неоднократные высказывания Главы нашего государства о необходимости перехода на международные стандарты для получения инвестиций, имеющиеся договоренности между Министерствами природных ресурсов РФ и Республики Беларусь о переходе на новую классификацию и о гармонизации документов. Безусловно, в определенной мере должны учитываться и мнения недропользователей, в том числе горнодобывающих предприятий.

Необходимо принять новую редакцию Кодекса о недрах и недропользовании, который обеспечит правовую базу для перехода существующей системы недропользования на адаптированную к международной модели и перехода на международный стандарт, используемый для оценки ресурсов и резервов твердых полезных ископаемых.

Список литературы

1. Гречко, А.М. Проблемы рационального ведения геологоразведочных работ на калийные соли в Беларуси / А.М. Гречко, В.Э. Кутырло, Н.С. Петрова // Литосфера. – 2010. – № 1. – С. 103–110.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВОЛЫНСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ ПО ДАННЫМ ВОЛНОВЫХ ПРОДОЛЖЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ

И.С. Потапчук, М.В. Баньковский, А.М. Гейхман

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: bmv@igs-nas.org.ua

Предлагается новый подход к изучению глубинного строения литосферы на примере Волынской кольцевой структуры, основанный на данных волновых продолжений методом геофизической голограммы потенциальных полей.

Ключевые слова: кольцевая структура, Коростенский pluton, геофизическая голограмма.

THE MAIN FEATURES OF THE DEPTH CONSTRUCTION OF THE VOLYN RING STRUCTURE ON THE DATA OF WAVE EXTENSIONS OF POTENTIAL FIELDS BY THE METHOD OF GEOPHYSICAL HOLOGRAPHY

I.S. Potapchuk, M.V. Bankovskiy, A.M. Geykhman

Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A new approach is proposed for study the depth construction of the lithosphere in the context of the Volyn ring structure. The approach is based on the wave extensions data by the method of geophysical holography of potential fields.

Keywords: ring structure, Korosten pluton, geophysical holography.

Волынская кольцевая структура (далее – ВКС) своей южной 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.

ВКС в плане имеет овоидно-кольцевую форму с субширотной осью до 300 км и субмеридиональной – до 260 км. Она отображена на изданной в 1979 году «Космогеологической карте линейных и кольцевых структур СССР масштаба 1 : 5 000 000» и является одной из наиболее выразительных кольцевых структур в пределах Восточно-Европейской платформы. Характеризуемая структура выразительно дешифруется по полукольцевым и дугообразным элементам орогидрографии, а также хорошо просматривается во множестве ландшафтных индикаторов. В структуре магнитного и гравитационного полей ВКС интерпретируется конформностью рисунка аномальных полей с кольцевой формой.

Исследованиями некоторых аспектов строения ВКС занимались Балуев А.С., Губин В.Н., Верховцев В.Г., Радзивил А.Я., Николаенко А.Б., Нечаев С.В., Оровецкий Ю.П., Шаталов Н.Н. и др.

По данным Балуева А.С. и Нечаева С.В. [1], ВКС в структуре докембрийского кристаллического фундамента почти полностью контролирует площадь распространения протерозойских образований: Волынскую область палеопротерозойской складчатости, Осницкую палеорифтогенную зону, Коростенский pluton субплатформенных гранитов рапакиви и габро-анартозитов, Овручскую и Белокоровичскую наложенные грабен-синклинали неопротерозоя.

Центральную часть ВКС слагает Коростенский pluton, представляющий собой сложный магматический комплекс. Он имеет субизометрическую в плане форму общей площадью свыше 12 000 км². По мнению Оровецкого Ю.П. [2], генетической основой ВКС является Волынский мантийный диапир.

Целью наших исследований было изучение основных особенностей глубинного строения уникального кольцевого образования, которым является ВКС. Для этого впервые используются данные волнового продолжения потенциальных полей методом геофизической голограммы.

В настоящее время наиболее информативными методами, применяемыми для изучения глубинного строения литосферы, являются сейсмические методы. Однако и несейсмические методы, в том числе и потенциальные, в последние десятилетия достигли существенного прогресса. Последние четверть века авторами предложенной работы развивается подход, получивший условное название метода квазиэкстремумов квадратичного функционала (МКЭКФ).

В предложенном [3] 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.

Кратко суть квазиволнового (голографического) метода заключается в том, что некорректная задача аналитического продолжения потенциальных полей в нижнее полупространство осуществляется посредством итерационного процесса, построенного на использования 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 квазипеременной. 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 [4] и других литературных источников.

Гравитационное поле (аномалии Буге, взято из [4]) представлено на рис. 1, где схематически отображены контуры Волынской кольцевой структуры и положение профилей 31 и 168. На гравитационные профили (рис. 2 и 3) нанесены положения сейсмической границы Мохо и кровли астеносферы (в том числе и по данным тепловых полей), которые позаимствованы из различных литературных источников. Поскольку гравитационное поле мелкомасштабное, шаг дискретизации большой. Но, несмотря на это, разрезы наглядно отображают основные черты глубинного строения ВКС (см. рис. 2 и 3). Материалы сейсмических исследований неоднозначны. Исходя из полученного материала можно предположить, что часть массы астеносферы была израсходована для формирования масс верхней мантии и Коростенского плутония. В то же время более мощный подъем астеносферы (см. рис. 2) предопределил погружение границы Мохо и кристаллического фундамента в Припятском прогибе.

Список литературы

1. Балуев, А.С. Волынская кольцевая структура и некоторые минералогические аспекты / А.С. Балуев, С.В. Нечаев // Геол. журн. – 1984. – № 2. – С. 37–45.
2. Оровецкий, Ю.П. Мантийный диапиризм / Ю.П. Оровецкий. – Киев: Наукова Думка, 1990. – 172 с.
3. 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 г., № 623 УК-85Д.
4. WGM2012_Bouguer_ponc_2 min (S.Bonvalot, G.Balmino, A.Briais и др. Complete spherical Bouguer anomaly).

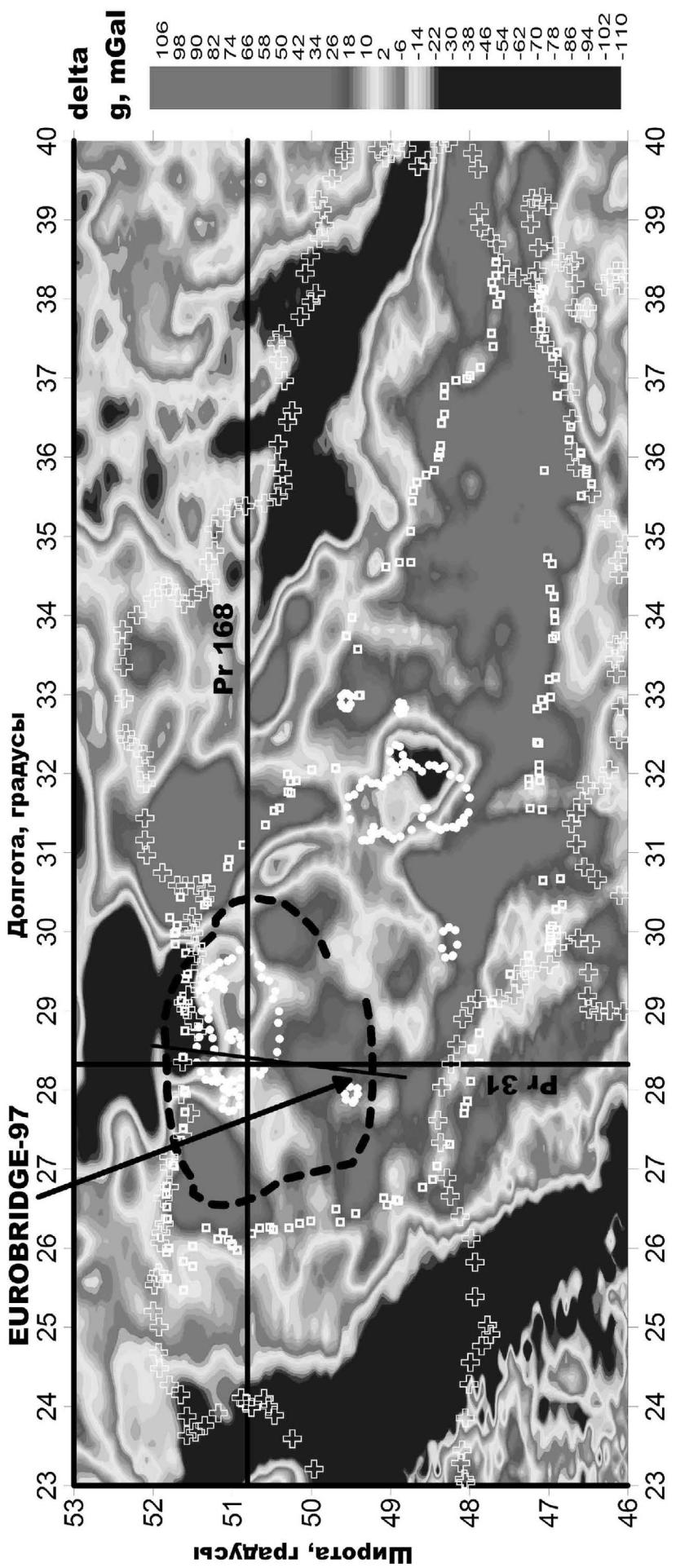


Рисунок 1. Расположение профилей (31 и 168) на матрице гравитационного поля аномалий Буге
Контуры Волынской кольцевой структуры показаны черным пунктиром.
Границы щита и Украины – белыми прямомогольниками и крестиками соответственно

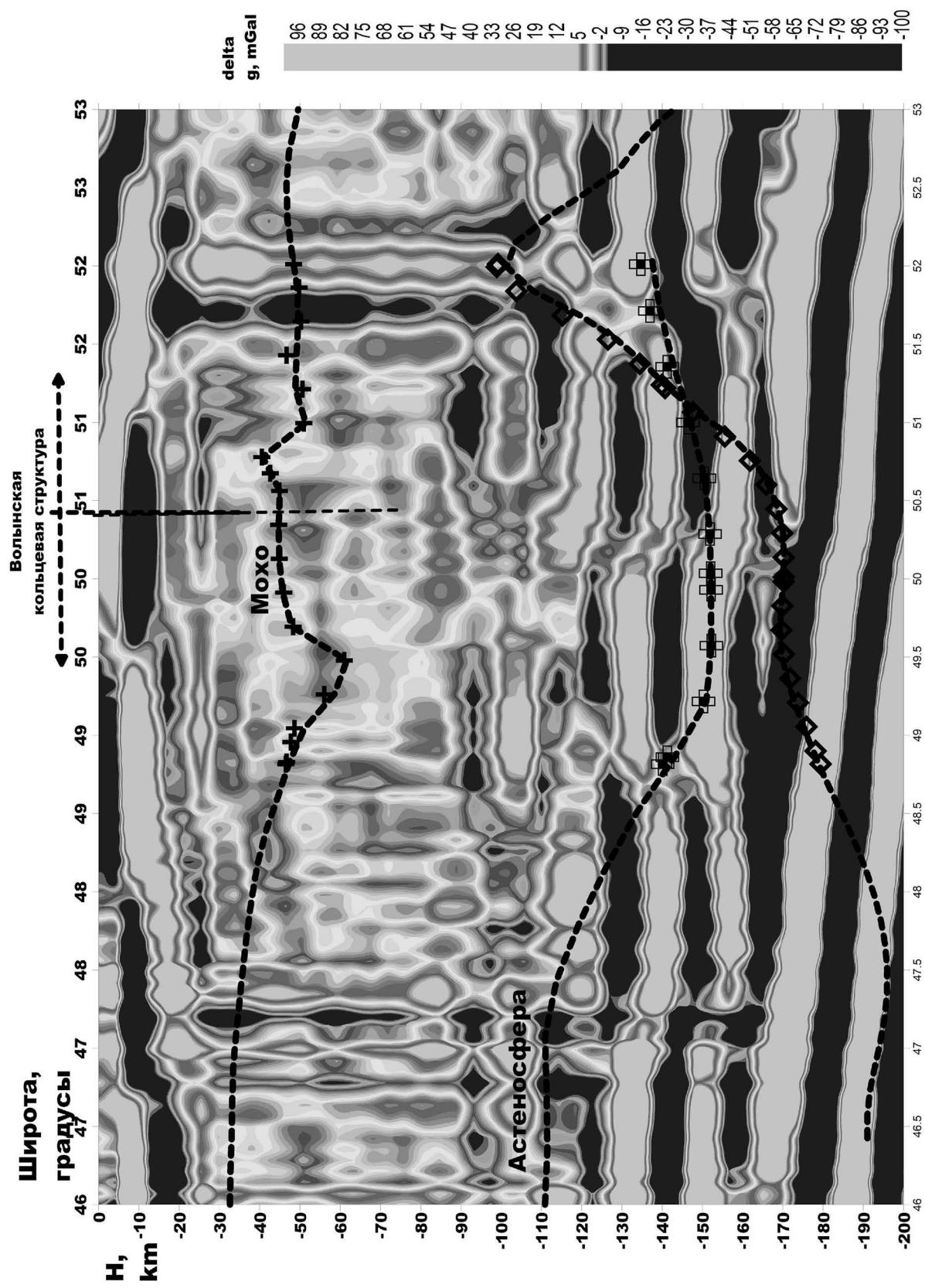


Рисунок 2. Гравитационный разрез по профилю 31 по данным геофизической голографии

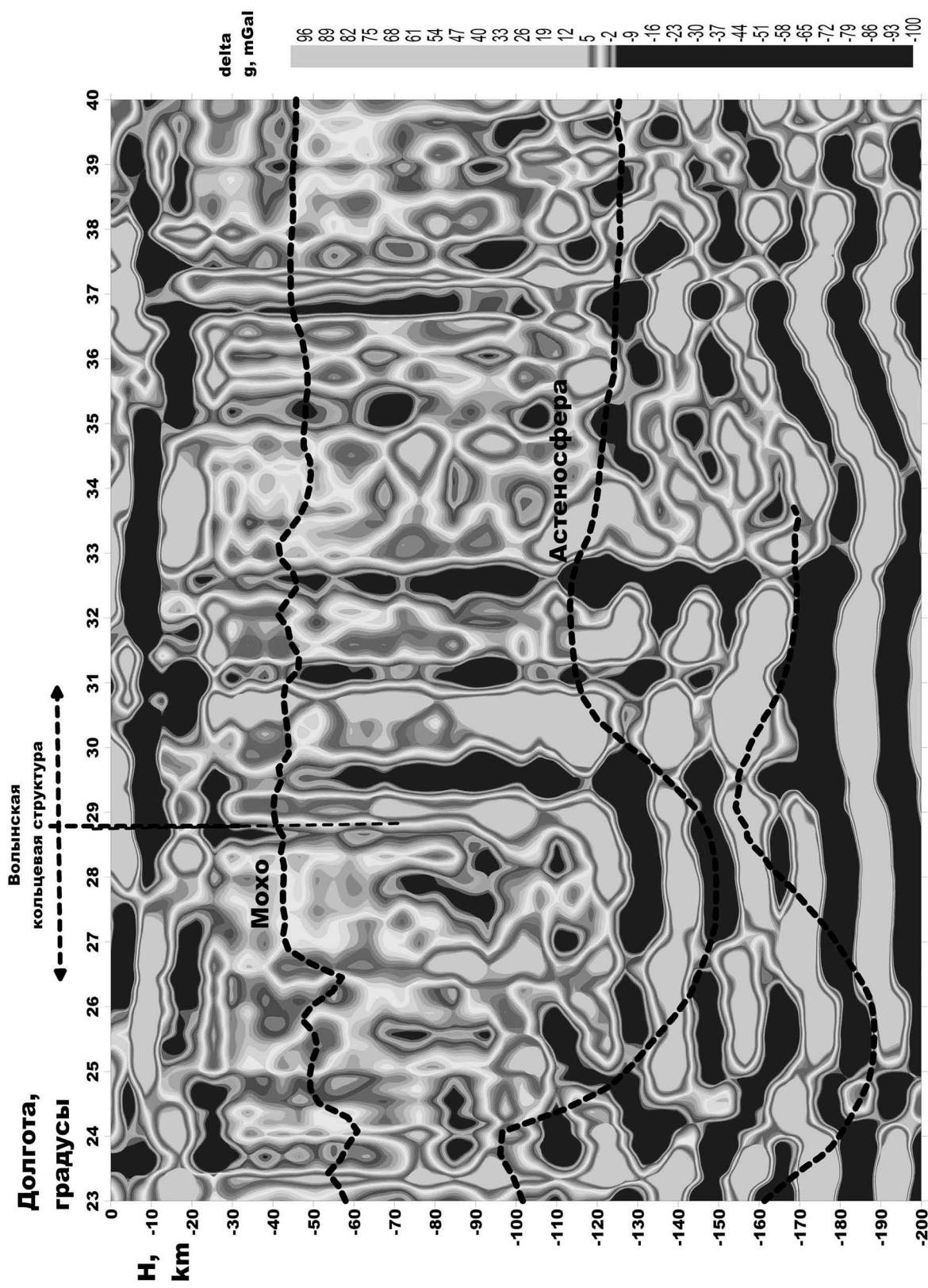


Рисунок 3. Гравитационный разрез по профилю 168 по данным геофизической голографии

НЕВДИНСКИЙ ЛЕДНИКОВЫЙ ГОРИЗОНТ ПЛЕЙСТОЦЕНА БЕЛАРУСИ

А.Ф. Санько

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail: sankoaf@tut.by

«Промежуточному похолоданию» в составе корчевского межледникова придается ранг самостоятельного горизонта. Кратко обсуждается история изучения отложений, литологический состав, флора, фауна, палеомагнетизм невдинского гляциала. Невдинский горизонт коррелируются с августовским (Augustovian I/II, гляциал бебжа) горизонтом Польши.

Ключевые слова: невдинский гляциал, ализаровское и корчевское межледникова, августовское I/II похолодание.

NEVDIAN GLACIAL HORIZON OF PLEISTOCENE IN BELARUS

A.F. Sanko

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The rank of an independent horizon is given to «Intermediate cooling» in the structure of Korchevian Interglacial. The history of the study, sedimentary types, flora, fauna, paleomagnetism of Nevdian Glacial are briefly discussed. The Nevdian Horizon is correlated with the Augustovian (Augustovian I/II, glacial Biebrza) Horizon of Poland.

Keywords: Nevdian glacial, Alizarovian and Korchevian Interglacial, Augustovian I/II cooling.

История вопроса. Выделение невдинского ледникового горизонта связано с открытием корчевских слоев в карьере между деревнями Корчево и Ализаровщина в Барановичском районе Брестской области [3, 4, 5]. В составе корчевских отложений снизу вверх тогда выделялись ализаровский и корчевский межледниковые горизонты, разделенные новогрудским ледниковым (перигляциальным) горизонтом. Впоследствии Вознячук Л.Н. [1, 2] упростил намеченную схему стратиграфического расчленения корчевских слоев, объединив их в одну толщу, соответствующую корчевскому межледниковому горизонту. В таком понимании корчевские образования были включены в Унифицированную стратиграфическую схему четвертичных отложений Беларуси 2010 года в виде подгоризонта наревского горизонта [9] и рассмотрены в монографии Якубовской Т.В., Литвинюка Г.И., Мотузко А.Н. [10]. Вслед за тем произошло открытие на территории Польши, недалеко от границы с Беларусью, августовского интерглациала [11], отложения которого большинством исследователей признаются аналогом корчевских слоев. Августовские отложения были вскрыты скважинами в суперпозиции – на морене наревского оледенения и под образованиями более молодых четвертичных отложений мощностью около 150 м. Августовские отложения, по данным польских исследователей, состоят из трех толщ, соответствующих «нижнему климатическому оптимуму, или Augustovian I», «промежуточному похолоданию, или Augustovian I/II» и «верхнему климатическому оптимуму, или Augustovian II». На основании принципа однооптимумности межледниковых горизонтов, предложено указанным климатическим оптимумам придать ранг межледниковых горизонтов, а промежуточному похолоданию – ранг оледенения [7]. Таким образом, невдинский ледниковый горизонт – это аналог новогрудского (перигляциального) горизонта Вознячука Л.Н. в Беларуси и промежуточного похолодания (Augustovian I/II) на территории Польши. Рассмотрим его более подробно.

Отложения невдинского горизонта. В карьере кирпичного завода между д. Корчево и Ализаровщина эти отложения были вскрыты и задокументированы практически во всех расчистках под названием «толща № 5» [10]. Они представлены переслаиванием суглинка карбонатного, серого и супеси торфянистой (гиттии), коричневой, гумусированной. Толща обычно дислоцирована, разбита на чешуи, со следами мерзлотных нарушений. В некоторых чешуях мощность супеси увеличивается; образуется так называемая зебровидная слоистость. Судя по литологическому составу, мощности слоев, степени насыщенности органическим материалом,

невдинская толща состоит из отложений интерстадиалов (в том числе плениглациального ранга) и разделяющих их стадиальных образований. Мощность стадиальных слоев (серые супеси и суглинки) во всех случаях больше интерстадиальных накоплений (гумусированная супесь, реже гиттия). Довольно сильная дислоцированность толщи не позволяет установить строгое соответствие в последовательности формирования отложений. Однако очевидно, что озерные отложения накапливались в эпоху оледенения, на что указывают следы многолетней мерзлоты.

Палеонтология невдинского горизонта. Корчевские (в широком смысле), в том числе невдинские отложения, вскрытые карьером, изучены комплексом палеонтологических методов.

Фауна ископаемых млекопитающих, выявленная Мотузко А.Н. и Калиновским П.Ф. в местонахождении Корчево, по относительному возрасту оказалась более древней, чем беловежская. В ней нет некорнезубой полевки рода *Arvicola*, как в беловежском межледниково. Зато в большом количестве присутствуют ее предки – корнезубые полевки вида *Mimomys intermedius* (Newton). Фауна млекопитающих невдинского гляциала выглядит обедненной, по сравнению с ализаровской и собственно корчевской фаунами. Так, в невдинской фауне нет теплолюбивого вымершего бобра *Trogonterium*, в то же время появляются некоторые тундровые виды животных, например, *Lemmus*.

Палинологическими исследованиями, выполненными Махнач Н.А. по отложениям расчистки 1 [5], был охарактеризован наиболее полный интервал месторождения озерных отложений. Невдинские (новогрудские) слои этой расчистки, в интерпретации Вознячука Л.Н., залегают между ализаровской толщей, представленной по данным спорово-пыльцевого анализа заключительной фазой межледниково, и отложениями «грабового» корчевского межледниково. Формирование этих (nevдинских) отложений, по материалам авторов, относится ко времени с очень холодным, сначала более влажным, а затем сухим климатом и тундростепной растительностью, на что, кроме высокого (до 64 %) содержания пыльцы трав, указывает наличие в супесях пыльцы карликовой берескетки, дриады, морошки, камнеломковых и лапландского мака. Такого же облика растительность, выявленная по спорово-пыльцевым материалам [5, 12], по всей вероятности соответствует завершающему (позднеледниковому) этапу невдинского гляциала. По спорово-пыльцевым данным, полученным из отложений разреза Жарново в Польше, Х. Винтер [17] выделила «теплый» интерстадиал в составе августовского (Augustovian A/I/II) промежуточного похолодания, или невдинского (жарновского) гляциала. Смены в развитии наземной растительности в гляциале бебжа или интерглациале Augustovian I/II, в понимании Х. Винтер, обусловлены колебаниями климата, характерными для стадиально-интерстадиального цикла.

В палеокарнологических данных по местонахождению Корчево нет прямого подтверждения существования периглациальной обстановки для (nevдинского) новогрудского времени [10]. Но флора этого интервала в целом выглядит обедненной по сравнению с ализаровской и корчевской. Отдельные интервалы невдинских отложений не изучены палеокарнологическим методом или не содержат макроостатков. В августовском страторайоне для промежуточного похолодания Augustovian I/II Р. Стакович-Рыбка [16] констатирует отсутствие деревьев и наличие бедных растительных сообществ открытых местообитаний, включая *Thalictrum minus*, *Betula nana* и *B. humilis*. Исходя из этого она делает вывод о существовании в это время стадиальных условий.

Фауна моллюсков невдинского (бебжинского) гляциала изучена только в августовском страторайоне Польши [8]. Ее особенность – присутствие почти исключительно эвриэкологических пресноводных видов, способных существовать в климатических условиях как стадиалов, так и интерстадиалов. Бебжинский (nevдинский) гляциал – это время вымирания плиоценового и раннеплейстоценового вида *Fagotia wuesti* Meijer. В Средней Европе его исчезновение связывается с концом бавела [14]. Экологическую нишу *Fagotia wuesti* Meijer впоследствии занял современный вид *F. acicularis* (Ferussac).

Палеомагнитные исследования. Гиттии и гумусированные супеси корчевских (верхний оптимум) межледниковых отложений в типовом местонахождении, согласно данным Моисеева Е.И., имеют прямую намагниченность [6], относящуюся к хрону Брюнес. Отложения других стратиграфических подразделений корчевского разреза не изучались палеомагнитным

методом из-за их дислоцированности. Палеомагнитизм августовского интерглациала прослежен по отложениям, вскрытым в скважинах Чарнуха и Калейты. В отложениях разреза Чарнуха на глубине 112,8 м была обнаружена смена прямой полярности на обратную, которая, по данным Е. Навроцкого [15], относится к инверсии Брюнес-Матуяма. А. Бер [12] связывает эту смену хронов с 21 морской изотопной стадией. Ранее А. Бер [11] приводил данные по смене палеомагнитных хронов Брюнес-Матуяма в разрезе скважины Калейты. Переход выявлен в интервале 112–116 м.

Исходя из указанных сведений по палеомагнетизму следует, что смена хона Матуяма на Брюнес пришлась на так называемый верхний климатический оптимум (Augustovian II), или собственно августовский интерглациал. В стратотипе корчевского интерглациала Беларуси эта граница не установлена. Прямая намагниченность корчевских отложений по всей вероятности была зафиксирована в самой верхней части корчевских слоев. Если имеющиеся данные с проведением границы хронов подтверждятся в дальнейшем, то это будет означать, что образования невдинского ледникового горизонта формировались в течение палеомагнитного хона Матуяма.

Выводы. Невдинские отложения плейстоцена Беларуси выделяются в составе корчевского местонахождения озерных отложений. В качестве стратотипа невдинских отложений принимаются образования толщи 5 (расчистка 1), охарактеризованные палинологическим, палеокарологическим и териологическим методами исследований в бывшем карьере Корчево.

Невдинская толща в Корчево состоит из периглациальных озерно-болотных образований стадиального и интерстадиального ранга, сформировавшихся в течение ледникового цикла. Невдинские отложения Корчево содержат стратиграфические перерывы, подвергнуты мелким пликативным и дизъюнктивным гляциодислокациям. Морена в этой толще отсутствует, в связи с чем границу максимального распространения невдинского ледникового покрова следует проводить севернее г. Барановичи в Беларуси и севернее г. Августов в Польше.

По данным палеонтологических исследований, наиболее достоверной является корреляция невдинских отложений Беларуси с бебжинскими (Augustovian I/II) ледниковых отложениями Польши. Бебжинские, а следовательно, и невдинские ледниковые отложения предположительно соответствуют палеомагнитному хрону Матуяма.

Список литературы

1. Вознячук, Л.Н. Основные стратиграфические подразделения четвертичных отложений / Л.Н. Вознячук // Материалы по стратиграфии Белоруссии. – Мин.: Наука и техника, 1981. – С. 137–151.
2. Вознячук, Л.Н. Проблемы гляциоплейстоцена Восточно-Европейской равнины / Л.Н. Вознячук // Проблемы плейстоцена. – Мин.: Наука и техника, 1985. – С. 8–55.
3. Вознячук, Л.Н. Нижнеплейстоценовые отложения д. Корчево на Новогрудской возвышенности в Белоруссии и их стратиграфическое и палеогеографическое значение / Л.Н. Вознячук [и др.] // Доклады АН БССР. – 1977. – Т. 21, № 11. – С. 1025–1028.
4. Вознячук, Л.Н. Новые данные по палеогеографии раннего плейстоцена Восточно-Европейской равнины / Л.Н. Вознячук [и др.] // Доклады АН СССР. – 1978. – Т. 239, № 1. – С. 154–157.
5. Вазнячук, Л.М. Новыя звесткі аб ніжнім плейстацэне Беларускага Панямоння і месца карчоўскай міжледавіковай тоўшчы сярод ніжнеплейстацэнавых адкладаў Еўропы / Л.М. Вазнячук [і інш.] // Даследаванні антра-пагену Беларусі. – Мин.: Навука і тэхніка, 1978. – С. 69–81.
6. Санько, А.Ф. Первое определение палеомагнитной границы Брюнес-Матуяма в Беларуси / А.Ф. Санько, Е.И. Моисеев // Доклады АН Беларуси. – 1996. – Т. 40, № 5. – С. 106–109.
7. Санько, А.Ф. Корреляция отложений корчёвского межледникова Беларуси и августовского интерглациала Польши / А.Ф. Санько // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы Междунар. науч. конф., посвященная 110-летию со дня рождения акад. К.И. Лукашёва, 23–25 мая 2017 г., Минск / Отв. ред. О.В. Лукашёв [и др.]; в 2 ч. – Минск: Право и экономика. – 2017. – Ч. 1. – С. 116–119.
8. Санько, А.Ф. Августовский интерглациал Польши по данным изучения фауны моллюсков / А.Ф. Санько // Журн. Белорус. гос. ун-та. География и геология. – 2017. – № 2. – С. 163–174.
9. Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка / Под ред. С.А. Кручека, А.В. Матвеева, Т.В. Якубовской и др. – Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. – 282 с.

10. Якубовская, Т.В. Корчевское межледниково Беларуси / Т.В. Якубовская, Г.И. Литвинюк, А.Н. Мотузко. – Минск, 2014. – 214 с.
11. Ber, A. Polish Pleistocene stratigraphy. A review of interglacial stratotypes / A. Ber // Netherlands Journal of Geosciences Geologie en Mijnbouw. – 2005. – Vol. 84, N 2. – P. 61–76.
12. Ber, A. Stratygrafia dolnego Pleistocenu PoJnocno-wschodniej Polski na podstawie badań osadów jesiornych z profili Sucha Wies (Pojezierze Elckie) i Czarnucha (Równina Augustowska) w nawiązaniu do obszarów Rosji, Litwy i Białorusi / A. Ber, St. Lisicki, H. Winter // Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego. – 2009. – № 435. – S. 23–36.
13. Mamakowa, K. The interglacial from Korchevo in Belarus in the light of new palaeobotanical studies / K. Mamakowa, T. Rylova // Acta palaeobotanica. – 2007. – Vol. 47, № 2. – P. 425–453.
14. Meijer, T. Notes on Quaternary freshwater Mollusca of the Netherlands, with description of some new species / T. Meijer // Meded. Werkgr. Tert. Geol. – Leiden, 1989. – Vol. 26 (4). – P. 145–181.
15. Nawrocki, J. Wyniki badań paleomagnetycznych osadów jeziornych z profilu Czarnucha (Równina Augustowska), północno-wschodnia Polska / J. Nawrocki // Biul. Państw. Inst. Geol. – 2009. – T. 435. – P. 69–74.
16. Stachowicz-Rybka, R. Flora and vegetation changes on the basis of plant macroremains analysis from an early Pleistocene lake of the Augustow Plain, NE Poland / R. Stachowicz-Rybka // Acta Palaeobotanica. – 2011. – N 51 (1). – P. 39–103.
17. Winter, H. Zapis palinologiczny zmian roślinności i klimatu interglacjalu augustowskiego w profilu Żarnowo (Równina Augustowska, północno-wschodnia Polska) / H. Winter // Przegl. Geol. – 2008. – 56. – S. 1011–1018.

ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БАРОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ КАМЕНСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО КАРБОНА ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

К.М. Седаева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: sedaeva-mgu@mail.ru

Литогенетические преобразования баровых песчаников на стадиях катагенеза и метагенеза проявлены по-разному. На стадии катагенеза минеральные новообразования преобладают над структурными изменениями, а на стадии метагенеза – наоборот. Эти тенденции зависят от структуры, состава и количественного соотношения обломочной части и цемента.

Ключевые слова: литогенез, катагенез, метагенез, песчаники, верхний карбон, Донецкий бассейн.

LITHOGENETIC TRANSFORMATIONS OF BAR SANDSTONES OF KAMENSK SERIES OF UPPER CARBON WITHIN DONETS BASIN

К.М. Седаева

M.V. Lomonosov State University of Moscow, Moscow, Russia

Lithogenetic transformations of bar sandstones at the catagenesis and metagenesis stages are manifested differently. Mineral neocrystallization processes prevail over structural changes at the catagenesis stage. The situation is vice versa at the metagenesis stage. These tendencies depend on the structure, composition and quantitative ratio of the clastic part and cement.

Keywords: lithogenesis, catagenesis, metagenesis, bars sandstone, Upper Carboniferous, Donets basin.

Введение. В разрезе отложений каменской свиты [C₂b₂-m₁(K)] верхнего карбона, наиболее угленасыщенной, наблюдаются уровни накопления мощных горизонтов песчаников (от 10–15 до 30–40, реже до 60 м). Они повсеместно распространены в пределах территории Большого Донбасса (Украины и России) и известны как (снизу вверх) «табачковые», «лисьи» и «рубежные» песчаники. В их основании и на отдельных интервалах наблюдаются маломощные прослои гравелитов с редкой примесью мелкой гальки, а в кровле нередки прослои алевролитов. Исследовались горизонты песчаников от платформенного склона Восточно-Европейской платформы (южный склон Воронежской антеклизы), где породы наименее преобразованы (начальный катагенез), до осевой части Донецкого прогиба (Центральный и Восточный Донбасс), где породы изменены до стадий позднего катагенеза и метагенеза.

«Табачковые» песчаники (мощностью 18–35 м) серые и темно-серые с зеленоватым оттенком, средне- и крупнозернистые, с редкими прослойками алевролитов, иногда слоистые за счет слюды и мелких растительных остатков или за счет скопления гальки и дресвы глинистых пород по наслоению. По составу они полимиктовые, кварцево-полевошпатово-литокластовые (кварц – 20–35%, полевой шпат – 15–35 %, обломки эфузивов – 40–65 %), умеренно или сильно слюдистые; на отдельных интервалах переходят в кварцево-полевошпатово-слюдистые разновидности. Стратиграфически приурочены к самой кровле верхнебашкирских отложений (C₂b₂²), залегают между пластами известняков K₁ и K₂ и обозначаются индексом K₁SK₂.

«Лисьи» песчаники (мощностью от 18–30 до 40 м) светло-серые, среднезернистые, в основании грубо-, крупно-, а в кровле мелкозернистые, с нечеткой косой иногда (в верхней части) горизонтальной слоистостью за счет скопления мельчайших растительных остатков и слюды, нередко вместе с зернами сидерита по наслоению. По составу они полимиктовые, литокластово-полевошпатово-кварцевые (кварц – 30–35 %, полевой шпат – 25–30 %, обломки кварцитов – 10–20 %, сланцев – 1–5 %), на отдельных интервалах разреза сильно слюдистые, переходят в кварцево-полевошпатово-слюдистые разновидности с содержанием слюд, хлорита и сидеритизированного биотита более 40 %. Они приурочены к низам нижнемосковского подъяруса (C₂m₁¹), залегают между пластами известняков K₃ и K₄ и имеют индекс K₃SK₄.

«Рубежные» песчаники (от 15–25 до 60 м) светло-серые, грубо- и толстослоистые, среднезернистые, в подошве крупнозернистые, а в кровле алеврито-мелкозернистые, с маломощными прослойками мелкой гальки и гравия (местных карбонатных и глинистых пород) в подошве и на отдельных интервалах их разреза. По составу они полимиктовые, литокластово-полевошпатово-кварцевые (кварц – 40–50 %, полевой шпат – 15–20 %, мусковит – 5–8 %, обломки кварцитов – 15–20 %, обломки микрофельзитовой основной массы кислых эфузивов – до 10 %), слабо слюдистые. Приурочены к верхам нижнемосковского подъяруса (C_2m^2), залегают между пластами известняков K_9 (каменской свиты) и L_1 (алмазной свиты C_2^6) и обозначаются индексом K_9SL_1 . Таким образом, установлено, что: 1) песчаники полимиктовые, в их обломочной части присутствуют кварц (менее 50 %), кристаллокласты и литокласты; 2) количественное соотношение между всеми выше перечисленными обломками непостоянное и изменяется без какой-либо закономерности как по площади, так и по разрезу. Кристаллокласты представлены плагиоклазами среднего и кислого состава (часто свежими), различными слюдами (мусковит, биотит и др.). Свежий облик биотита и единичных плагиоклазов, оскольчатая форма кварца и наличие редких хлоритизированных витрокластов позволяют рассматривать отдельные прослои в песчаниках как туфогенные их разности. Среди литокластов наблюдаются обломки: 1) основной массы эфузивных пород среднего и кислого состава; 2) метаморфических пород – кварцитов и различных сланцев (глинистых, слюдистых, биотито-кварцевых, хлорито-кварцевых, мусковито-кварцевых и др.); 3) осадочных пород – силицитов кварцево-халцедонового состава с радиоляриями, известняков, алевролитов и глинистых пород. Состав обломочной части меняется не очень существенно. Большая часть песчаников принадлежит по классификации Коссовской А.Г. и Шутова В.Д. к полевошпатово-кварцевым грауваккам, а туфогенные разности – к кварцево-полевошпатово-слюдистым разностям [1]. Относительная близость состава обломочной части песчаников свидетельствует о постоянстве области сноса во время их формирования. Исходя из общих черт палеогеографии и почти повсеместного их распространения, однотипных по строению и составу (K_1SK_2 , K_3SK_4 и K_9SL_1) была выявлена моногенетическая, баровая их природа. Их возникновение, вероятнее всего, связано с перемывом песчаных осадков фронта дельты (или системы дельт) и береговой линии [2]. Аналогичные горизонты мощных песчаников среди угленосных формаций палеозойского возраста широко распространены по окраинам древних платформ [3].

Методика исследования, результаты и их обсуждение. Проводился стадиальный анализ последовательности формирования и изменения структурно-текстурных особенностей и минеральных парагенезисов в песчаниках по зонам литогенеза и углефикации. Детально исследовался их состав в пределах каждого основного петротипа с подсчетом большого количества зерен (более 300) и рассчитывался на 100 % с учетом компонентов цемента. Содержание минеральных и структурных новообразований рассчитывалось на всю породу. На заключительном этапе было проведено постадийное ранжирование первичных (седиментационных) и вторичных (новообразованных) структур и минералов и их типизация по зонам литогенеза и углефикации.

Ранний катагенез (угли длиннопламенные). Район распространения песчаников K_1SK_2 , K_3SK_4 и K_9SL_1 располагается в пределах платформенного склона Восточно-Европейской платформы, где угленосные отложения каменской свиты (C_2^5K) небольшой (200–220 м) мощности слабо дислоцированы. В «табачковых» песчаниках (K_1SK_2) цемент поровый, глинистый. Содержание иллита в нем 2–5 %, хлорита – 5–10, монтмориллонита – 10–15 %. Встречаются мелкие пятна гидроксидов железа и крупные выделения хлорита (15–20 %). Часто отмечается вторичный кальцитовый цемент (спарит) порового или порово-базального типа. Он частично корродирует обломки кварца, реже плагиоклазов. Минеральных новообразований мало: иллит по биотиту, хлориты и смешаннослойные образования с лабильными пакетами (слюда-смектит, хлорит-смектит). Смешаннослойные образования, судя по их фазовому составу, возникли, вероятнее всего, за счет преобразования исходного тонкого вулканогенного материала и отчасти измененных обломков эфузивов среднего состава. Их образование началось на стадии позднего диагенеза и продолжалось до стадии раннего катагенеза. В «лисьих» песчаниках цемент (20–25 %) пленоночно-поровый: 1) каолинитовый крупночешуйчатый; 2) хлоритовый

(на участках скопления зерен эфузивов); 3) спаритовый (на отдельных интервалах). Аутигенных минералов очень мало. Это: 1) иллит (по биотиту), хлориты (по биотиту и обломкам эфузивов среднего состава), 2) яснокристаллический кальцит (спарит), 3) регенерационный кварц. Наличие в песчаниках каолинитового и отчасти регенерационного кварцевого цементов косвенно свидетельствует о возможной «промытости» их метеогенными подземными водами. В «рубежных» песчаниках цемент (20–25 %) пленочно-поровый, в основном иллитовый, крайне редко хлоритово-гидрослюдистый с пятнами спаритового. В нижней их части наблюдается обильный кальцитовый цемент. Аутигенных минералов мало: 1) кальцит, нередко корродирующий обломки эфузивов, полевых шпатов и отчасти слюдистых сланцев, 2) сидерит в виде мелких зерен по биотиту, 3) гидрослюдя в ассоциации с терригенным мусковитом и 4) каолинит (мелкие пакеты в порах). Таким образом, литогенетические преобразования песчаников проявились слабо. Они заключаются в образовании кальцитового спаритового цемента, хлоритизации и отчасти иллитизации биотита, образовании микроагрегатов сидерита, хлоритизации обломков эфузивов, гидрослюдизации терригенного мусковита, каолинитизации вулканокластов кислого состава и образовании каолинита в порах.

Поздний катагенез (угли газовые, жирные, коксовые и отощенно-спекающиеся). Район распространения угленосных отложений приурочен к бортовой части Донецкого прогиба и охватывает в основном юг и юго-восток Центрального Донбасса. Мощность отложений каменской свиты изменяется от 420 до 610 м. В песчаниках наблюдается структурное и более широкое минеральное разнообразие в цементирующем массе, что приводит к усложнению состава и типов цементов. В глинистой составляющей цементов отмечаются новообразования: 1) гидрослюды 2М (в основном в «рубежных» песчаниках); 2) смешаннослоистых образований монтмориллонит-гидрослюдистого ряда с повышенным содержанием разбухающей фазы на начальном этапе (угли Г–Ж), и низким – на завершающем (угли К–ОС); 3) хлорита (в «табачковых» песчаниках). Обилие смешаннослоистых образований монтмориллонит-гидрослюдистого ряда с реликтами иголочек витрокластов наблюдается в цементе туфопесчаников; здесь же присутствуют аутигенные анатаз, анальцим, хлорит, лейкоксен, сфен, высокомагнезиальный кальцит и сидерит. Смешаннослоистые образования слюда-смектитового, хлорит-смектитового и каолинит-смектитового ряда почти полностью исчезают.

Стадиальные исследования показали, что на стадии позднего катагенеза в песчаниках происходит усложнение состава и типов цементов вследствие начавшегося широкого преобразования терригенных глинистых минералов и вулканогенного материала. В песчаниках с повышенным содержанием слюд (биотит, мусковит и др.) и обломков эфузивов среднего состава увеличивается количество разновидностей цементов: 1) поровый, 2) пленочно-поровый (нередко вместе с аутигенным кварцем), 3) незначительно развитый регенерационно-кварцевый. Среди аутигенных минералов отмечаются гидрослюды 2М, хлорит, кварц, реже доломит и крайне редко альбит, лейкоксен, мелкозернистый сидерит и средне-крупнокристаллический кальцит (спарит). Они образуют порово-мозаичный, сгустковый, реже базально-пойкилитовый цементы. В туфогенных разностях песчаников отмечается наибольшее разнообразие аутигенных минералов; появляются анатаз, лейкоксен, реже доломит. Увеличивается содержание тех минеральных новообразований, возникновение которых было зафиксировано на стадии раннего катагенеза и отчасти позднего диагенеза – гидрослюды, хлорита, кальцита и микроагрегатов сидерита.

Метагенез (угли тоющие и антрацитовые). Отложения каменской свиты тектонически приурочены к наиболее прогнутой осевой части Донецкого прогиба (территория Восточного Донбасса), где они сильно изменены, дислоцированы и характеризуются большой мощности (до 900 м) за счет увеличения в разрезе роли песчаников (до 40 %), в основном мощности основных их горизонтов (K_1SK_2 , K_3SK_4 , K_9SL_1). В песчаниках отмечаются значительные изменения, связанные с растворением нестойких компонентов (полевых шпатов и эфузивов) и почти полным преобразованием биотита, увеличивается роль кварца как в обломочной части, так и в цементе. Почти полностью отсутствуют кварцево-полевошпатовые разности граувакк, они становятся олиго-мезомиктовыми (субграувакки). Сильно изменены туфогенные песчаники с формированием мусковит-хлоритовых микролинз и сростков (по биотиту) и чешуек хлорита

по глинистым (?) сидеритам. На некоторых интервалах наблюдается формирование оторочек гюмбелита, хлорита (иногда вместе с кварцем) около растительных остатков, реже мусковитовых агрегатов по микростилолитовым поверхностям и в порах.

Заключение. Стадиальные преобразования баровых песчаников специфичны, часто неоднозначны как по разрезу, так и на площади даже в пределах одного горизонта. Повышенная литогенетическая преобразованность отмечается на подстадии позднего катагенеза и стадии метагенеза, а на подстадии раннего катагенеза она незначительна. Характер и степень литогенетических преобразований зависит от структуры, состава и количественного соотношения между собой исходных компонентов песчаников как в обломочной, так и цементирующей их массе.

Список литературы

1. Граувакки / Ред. Шутов В.Д. – М.: Наука, 1972. – 127 с.
2. Вишневская, В.С. Особенности осадконакопления в раннем–среднем карбоне на юге Восточно-Европейской платформы / В.С. Вишневская, К.М. Седаева // Литология и полезные ископаемые. – 2000. – № 5. – С. 512–522.
3. Петтиджон, Ф. Пески и песчаники / Ф. Петтиджон, П. Поттер, Р. Сивер. – М.: Мир, 1976. – 535 с.

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УКРАИНЫ ДЛЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Е.А.Сиренко

Інститут геологічних наук НАН України, Київ Україна

e-mail: o_sirenk@ukr.net

Рассмотрены основные проблемы стратиграфии верхнекайнозойских отложений Украины. Показаны возможности спорово-пыльцевого анализа для их решения. Приведены основные результаты палинологических исследований разнофациальных пород верхнего миоцена-плиоценена и субаэральных отложений плейстоцена Украины, важные для решения стратиграфических проблем.

Ключевые слова: верхний миоцен, плиоцен, плейстоцен, стратиграфия, палинология, Украина.

PALYNOLOGICAL RESEARCHES OF UPPER-CENOZOIC DEPOSITS OF UKRAINE FOR STRATIGRAPHIC PURPOSES

Е.А. Sirenko

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The main problems of stratigraphy of the Upper Cenozoic deposits of Ukraine are considered. The possibilities of spore-pollen analysis for their solution are shown. The main results of palynological studies of different-facies rocks of the Upper Miocene-Pliocene and subaerial deposits of the Pleistocene of Ukraine important for solving stratigraphic problems are presented.

Keywords: Upper Miocene, Pliocene, Pleistocene, stratigraphy, palynology, Ukraine.

Верхнекайнозойские отложения Украины сформировались в разных палеогеографических условиях. В пределах Донецкого складчатого сооружения, Днепровско-Донецкой впадины (далее – ДДВ), а также центральной, северной частей и частично южной части Украинского щита (далее – УЩ) в конце позднего кайнозоя существовал континентальный режим. В этот период в пределах указанных регионов формировались континентальные, преимущественно субаэральные отложения позднего миоцена-плиоценена. В разрезах субаэральные отложения представлены ритмично чередующимися красноцветными ископаемыми почвами и буроцветными глинами. В центральной части УЩ, в области развития миоценового боярского озера формировались субаквальные отложения верхнего миоцена-плиоценена – серые, темно-серые до черных плотные пластичные глины полиминерального состава [6], относимые к первому горизонту регионального геологического образования боярской свиты. В южной части Причерноморской впадины и в пределах южного склона УЩ в области существования мэотического, понтического, киммерийского и куяльницкого морских бассейнов формировались морские и лагунно-морские отложения позднего миоцена и плиоценена. В пределах Донецкого складчатого сооружения, ДДВ, УЩ, Причерноморской впадины, Волыно-Подольской плиты в плейстоцене существовал континентальный режим. Этапы интенсивного почвообразования чередовались с этапами лессообразования. Таким образом, учитывая то, что в пределах значительной территории платформенной Украины развиты субаэральные отложения верхнего миоцена-плиоценена и плейстоцена, обедненные палеонтологическими остатками, палинологические данные для обоснования возраста стратонов имеют важнейшее значение. Особую значимость они приобретают для корреляционных сопоставлений, поскольку пыльца и споры – практически единственные палеонтологически остатки, содержащиеся как в морских, так и в континентальных отложениях.

До недавнего времени результаты палинологических исследований субаэральных верхнемиоценовых-плиоценовых и неоплейстоценовых отложений Украины использовались преимущественно для палеоландшафтных реконструкций в комплексе с палеопедологическими

исследованиями и практически не применялись для стратиграфических целей. Заметные трудности возникали при стратификации и корреляции по палинологическим данным одновозрастных отложений в разрезах, расположенных на разных элементах рельефа, а также в пределах разных почвенных и растительных зон. Практически не разрабатывались вопросы корреляции морских и континентальных отложений верхнего миоцена–плиоцена по палинологическим данным.

В связи с проведением широкомасштабных исследований по программе «Госгеолкарта-200», а также необходимостью создания стратиграфических схем верхнекайнозойских отложений Украины нового поколения, возникла необходимость расширения возможностей применения результатов спорово-пыльцевого анализа для стратиграфических целей.

Важнейшей задачей стратиграфических исследований в Украине является корреляция морских и континентальных отложений верхнего миоцена–плиоцена.

Данная проблема осложнена тем, что за последние годы изменились представления о положении границы между миоценом и плиоценом в морских отложениях юга Украины, которая проводится теперь по подошве киммерия. В разрезах центральной и северо-восточной Украины возраст красно-бурых глин определялся как плиоцен в объеме от кровли мэотиса до подошвы эоплейстоцена. После того как в Международной стратиграфической шкале point был отнесен к миоцену, особое значение приобрело установление стратиграфического положения аналогов понтических, киммерийских и куяльницких отложений в разрезах центральной и северо-восточной Украины.

Корреляционные сопоставления разнофациальных отложений верхнего миоцена–плиоцена осложнены также различиями палеогеографических условий их формирования и, соответственно, различием методических подходов к их изучению и стратификации. Для стратиграфии субаэральных отложений первоочередное значение имеет палеопедологический метод, для расчленения морских отложений – палеонтологические методы, среди которых доминирующая роль принадлежит фаунистическому анализу. Соответственно, стратиграфические схемы морских и континентальных отложений верхнего миоцена–плиоцена созданы на разных основах: стратиграфическая схема континентальных плиоценовых отложений – на климато-стратиграфической, а морских отложений – на биостратиграфической [10].

Проведение корреляционных сопоставлений усугубляется слабой степенью изученности континентальных плиоценовых отложений палеомагнитным методом. В настоящее время основное внимание палеомагнитологов Украины сосредоточено на исследованиях отложений эоплейстоцена и неоплейстоцена и обосновании положения границы Брюнес–Матуяма в верхнекайнозойском разрезе. Публикации по палеомагнитной характеристике миоцен–плиоценовых отложений за последнее двадцатилетие отсутствуют.

Необходимо также отметить, что в ныне действующих в Украине стратиграфических схемах неогеновых и плиоценовых отложений 1993 года [10] не представлена палинологическая характеристика стратонов морского разреза миоцена–плиоцена. В схемах континентальных плиоценовых и четвертичных отложений палинологические материалы приведены в обобщенном виде: для каждого климатолита графически показан состав растительных группировок и типы палеоландшафтов. В объяснительной записке не приведено описание спорово-пыльцевых комплексов (далее – СПК), не указаны их отличительные особенности и характерные таксоны, что значительно осложняет использование таких материалов для корреляционных целей, а также в практике геолого-съемочных работ.

Таким образом, первоочередной задачей палинологических исследований для стратиграфических построений является установление критериев палиностратиграфии и корреляции разнофациальных отложений. К важнейшим задачам современного этапа палинологических исследований верхнекайнозойских отложений Украины можно также отнести следующие: (1) получение новых материалов по характеристике разнофациальных пород верхнего миоцена–плиоцена и субаэральных эоплейстоценовых и нижненеоплейстоценовых отложений Украины как наименее детально палинологически изученных; (2) корреляцию морских и континентальных верхненеогеновых отложений по палинологическим данным; (3) на основании полученных материалов внесение предложений по обоснованию возраста стратонов

миоцен-плиоцен, эоплейстоцена и нижнего неоплейстоцена с целью усовершенствования стратиграфических схем неогеновых и четвертичных отложений Украины; (4) обоснование границы плиоцен-квартер.

Анализ литературных материалов по методическим вопросам изучения верхнекайнозойских отложений Украины, Беларуси, России [1–5, 7, 11, 12] и личных данных автора относительно исследований разнофациальных пород верхнего миоцена-плиоцена и субаэральных плеистоценовых отложений позволил обосновать семь основных критериев для их стратиграфического расчленения, а также определить основные принципы корреляции морских и континентальных отложений по палинологическим данным [8, 9].

В рамках выполнения программы «Госгеолкарта-200» автором собрано значительное количество фактического материала по палинологической характеристики разнофациальных отложений верхнего миоцена-плиоцена Украины. Особое внимание уделено континентальным плиоценовым породам центральной части УЩ, впервые изученным методом спорово-пыльцевого анализа, а также разнофациальным отложениям южных склонов УЩ (Восточное Приазовье), ранее также палинологически не исследованным. Регион Приазовья является одним из ключевых для корреляционных построений, поскольку в разрезах совместно прослеживаются морские и континентальные отложения плиоцена. Обобщены также результаты детальных палинологических исследований континентальных отложений верхнего миоцена-плиоцена ДДВ и Донбасса, выполненные автором ранее [9].

Проведенные исследования позволили получить палинологическую характеристику для каждого из стратонов морского и континентального верхнекайнозойского разреза. Описано двенадцать СПК из субаэральных верхнемиоценовых-плиоценовых отложений, комплексы из морских и лагунно-морских pontических, киммерийских и куяльницких пород, а также четыре СПК, характеризующих отложения эоплейстоцена, и пять СПК по отложениям нижнего неоплейстоцена платформенной Украины. В составе каждого СПК выделено от трех до шести подкомплексов. Для каждого спорово-пыльцевого комплекса установлен тип (лесной, лесостепной, степной), а также отличительные особенности и состав характерных таксонов. Протяжены закономерности смены состава комплексов в верхнекайнозойском разрезе, что дает возможность использовать их для стратиграфических и корреляционных построений.

Выполненные автором детальные палинологические исследования позволили: (1) предложить уточнения и дополнения к стратиграфической схеме континентальных плиоценовых отложений Украины 1993 года относительно проведения границ миоцен-плиоцен, нижний-верхний плиоцен, включения первого горизонта регионального литологического образования боярской свиты в верхнемиоценовый-плиоценовый разрез УЩ, а также формы представления палинологических данных при характеристике стратонов; (2) выполнить палинологическое обоснование региоярусов морского разреза верхнего миоцена-плиоцена, не представленное в стратиграфических схемах неогеновых отложений 1993 года; (3) провести подъярусное деление отложений киммерийского и куяльницкого региоярусов южной части УЩ по палинологическим данным; (4) провести корреляцию разнофациальных отложений верхнего миоцена-плиоцена южной, центральной и восточной частей Украины по палинологическим данным; (5) значительно дополнить характеристику климатолитов эоплейстоцена и нижнего неоплейстоцена Модифицированной стратиграфической схемы четвертичных отложений Украины.

Список литературы

1. Артюшенко, А.Т. Растительность Лесостепи и Степи Украины в четвертичное время / А.Т. Артюшенко. – К.: Наук. думка, 1970. – 173 с.
2. Болиховская, Н.С. Эволюция лессово-почвенной формации Северной Евразии / Н.С. Болиховская. – М.: Из-во Моск.ун-та, 1995. – 270 с.
3. Гричук, В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений северо-запада Русской равнины / В.П. Гричук. – М.: Наука, 1961. – С. 25–71.
4. Гричук, В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене / В.П. Гричук. – М.: Наука, 1989. – 183 с.

5. Еловичева, Я.К. Палеогеография и хронология основных этапов развития природной среды антропогена Беларуси / Я.К. Еловичева. – Минск: БЕЛСЭНС, 2001. – 292 с.
6. Зосимович, В.Ю Стратиграфічне положення, вік, седиментаційні особливості та палеогеографія боярської товщі / В.Ю. Зосимович, А.М. Карпенко, О.А. Сіренко, М.М. Циба // Геологічний журнал. – 2006. – № 2–3. – С. 123–136.
7. Рылова, Т.Б. Палиностратиграфия отложений верхнего олигоцена и неогена Беларуси и закономерности развития флоры и растительности: автореф. дис. ... докт. геол-мин. наук: спец. 25.00.02 «Палеонтология и стратиграфия» / Т.Б. Рылова. – Минск, 2002. – 40 с.
8. Сиренко, Е.А. Палиностратиграфия континентальных верхнеплиоценовых-нижненеоплейстоценовых отложений южной части Восточно-Европейской платформы / Е.А. Сиренко. – К.: Наук. думка, 2017. – 167 с.
9. Сиренко, Е.А. Континентальные верхнемиоценовые-плиоценовые отложения Северной Украины / Е.А. Сиренко // Геологія та рудоносність України. – Том 2, Випуск 1. – 2016. – С. 107-126.
10. Стратиграфические схемы докембрия и фанерозоя Украины / под ред. Д.Ф. Володина. – К.: Госкомитет геологии Украины, 1993. – 4 табл. – 40 с.
11. Фрадкина, А.Ф. Климатостратиграфия неогена северо-востока Азии по палинологическим данным / А.Ф. Фрадкина // Палинология и палеогеография. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – С. 37–40.
12. Щекина, Н.А. История флоры и растительности юга Европейской части СССР в позднем миоцене раннем плиоцене / Н.А. Щекина. – Киев: Наук. думка, 1979. – 200 с.

СТРУКТУРНАЯ КАРТА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В.И. Толстоеев, С.А. Кручек, П.О. Сахарук, М.Г. Левый
Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь
e-mail: kruchek@geology.org.by, polina.sakharuk@gmail.com

Построена структурная карта поверхности отложений франского яруса Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий, на которой показаны блоки, унаследованные от кристаллического фундамента, разделяющие их разломы, а изогипсами отображена структурная поверхность франских отложений каждого блока.

Ключевые слова: тектоника, структурная карта, блоки, разломы, Гомельская структурная перемычка, верхний девон, франский ярус.

STRUCTURAL MAP OF THE SURFACE OF FRASNIAN DEPOSITS (UPPER DEVONIAN) OF THE GOMEL STRUCTURAL BRIDGE AND THE ADJACENT TERRITORIES

V.I. Tolstosheev, S.A. Kruchek, P.O. Sakharuk, M.G. Levy
RUE «RPC for Geology» Branch «Institute of Geology» Minsk, Belarus

A structural map of the surface of Frasnian deposits on the Gomel structural bridge and the adjacent territories is constructed. It shows the blocks inherited from the crystalline basement, faults, dividing those blocks, and the structure of the surface of Frasnian deposits, shown by isolines for each block.

Keywords: tectonics, structural map, blocks, faults, Gomel structural bridge, Upper Devonian, Frasnian.

Введение. В данной работе на основе анализа и обобщения геолого-геофизических материалов прошлых лет наряду с интерпретацией новых данных по тектонике построена структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий в масштабе 1 : 200 000. На карте показаны блоки, унаследованные от кристаллического фундамента, разделяющие их разломы, а изогипсами отображена структурная поверхность франских образований каждого блока. На карту также нанесено местоположение всех скважин, вскрывших поверхность франских отложений, как на Гомельской структурной перемычке, так и на сопредельных территориях, особенно в северо-восточной части Припятского грабена [10].

Результаты исследований. Ниже приводится описание структуры поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий (рис. 1): Припятского грабена (северо-восточная часть), Северо-Припятского плеча (восточная часть), юго-западного склона Воронежской антеклизы и северного борта Днепровско-Донецкого прогиба (северо-западный участок).

Гомельская структурная перемычка [2–4, 13] как самостоятельная структура выделена Гарецким Р.Г. [5]. Ранее она относилась к Воронежской антеклизе [6]. На представленной карте (см. рис. 1) Гомельская структурная перемычка (А) граничит на западе и севере с Северо-Припятским плечом (В), на западе и юге – с Припятским грабеном (Б), на востоке – с Клинцовским грабеном (Г) и Гремячским погребенным выступом (Д) Воронежской антеклизы, а на юго-востоке – с северо-западным участком северного борта Днепровско-Донецкого прогиба (Е). На западе перемычка ограничивается Малиновско-Глазовским региональным, на востоке – Гомельским субрегиональным разломами, на юге – Северо-Припятским краевым разломом. На севере граница перемычки проходит по Белицкому локальному малоамплитудному разлому, который выделяется на сейсмогеологическом разрезе по профилю XII-XII₉₉₁ и отделяет опущенный с небольшой амплитудой Уваровичский блок (9) Буда-Кошелевской ступени

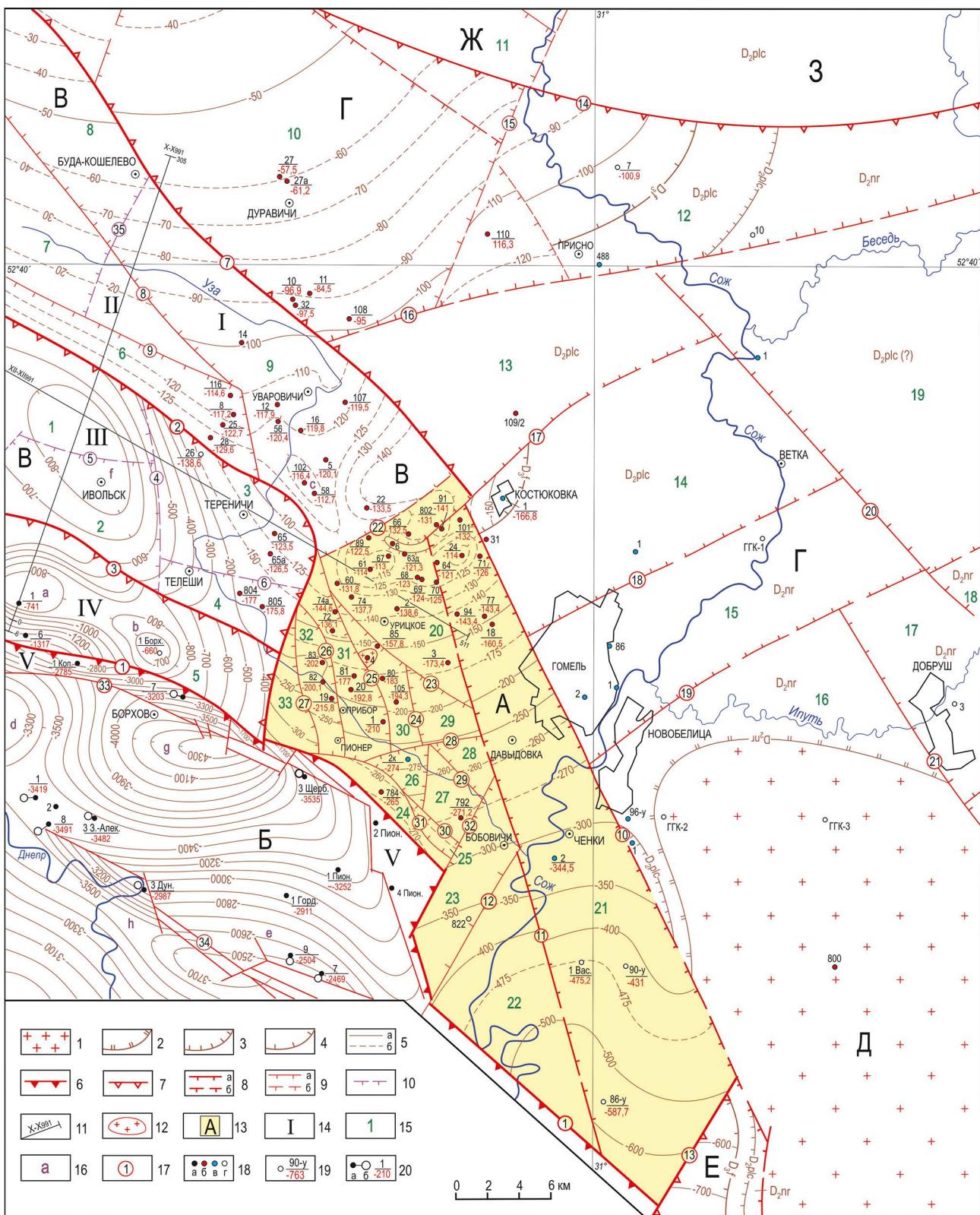


Рисунок 1. Структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий. Составили Толстошев В.И., Кручек С.А., Сахарук П.О., Левый М.Г. (по материалам ГП «НПЦ по геологии» и РУП «ПО «Белоруснефть»)

1 – кристаллический фундамент; 2–4 – границы распространения отложений: 2 – наровского надгоризонта эйфельского яруса; 3 – полоцкого горизонта живетского яруса; 4 – франского яруса; 5 – изогипсы поверхности отложений франского яруса (а – основные, б – дополнительные); 6–10 – разломы по данным сейсморазведки и буровым скважинам: 6 – суперрегиональный краевой, 7 – региональные, 8 – субрегиональные (а – установленные, б – предполагаемые), 9 – локальные (а – установленные, б – предполагаемые); 10 – погребенные разломы кристаллического фундамента; 11 – сейсмические профили; 12 – ксенолит; 13 – тектонические структуры: А – Гомельская структурная перемычка; сопредельные структуры: Б – Припятский грабен (Речицко-Шатилковская

ступень), В – Северо-Припятское плечо, Г – Клинцовский грабен, Д – Гремячский погребенный выступ, Е – северный борт Днепровско-Донецкого прогиба, Ж – Жлобинская седловина, З – Суражский погребенный выступ; 14 – тектонические ступени Северо-Припятского плеча (I – Буга-Кошелевская, II – Медведовская, III – Городокская, IV – Хатецкая) и зона линейных приразломных поднятий: V – Северная зона бортовых уступов; 15 – номера блоков кристаллического фундамента: 1 – Кривский, 2 – Ивольский, 3 – Теренический, 4 – Телешинский, 5 – Борховский, 6 – Глазовский, 7 – Насповский, 8 – Староруднинский, 9 – Уваровический, 10 – Дуравический, 11 – Рогинский, 12 – Присновский, 13 – Даниловический, 14 – Костюковский, 15 – Гомельский, 16 – Новобелицкий, 17 – Добрушский, 18 – Вышковский, 19 – Бартоломеевский, 20 – Урицкий, 21 – Чёнковский, 22 – Терешковический, 23 – Бобовический, 24 – Пионерский, 25 – Восточно-Пионерский, 26 – Сосновский, 27 – Восточно-Сосновский, 28 – Западно-Давыдовский, 29 – Западно-Гомельский, 30 – Рандовский, 31 – Новобудовский, 32 – Приборский, 33 – Алексеевский; 16 – локальные структуры (брахиантиклинали, гемибрахиантиклинали, купола: а – Решетниковский, б – Борховская, с – Азделинская, д – Озерщинский, е – Александровская; синклинали, брахисинклинали, мульды: f – Заречьевская, g – Северо-Александровская, h – Северо-Василевская); 17 – номера разломов (цифры в кружках): 1 – Северо-Припятский, 2 – Малиновско-Глазовский, 3 – Городокский, 4 – Завичьевский, 5 – Северо-Ивольский, 6 – Северо-Телешинский, 7 – Жлобинский, 8 – Кошелевский, 9 – Глазовский, 10 – Гомельский, 11 – Западно-Чёнковский, 12 – Восточно-Бобовический, 13 – Верхнеднепровский, 14 – Суражский, 15 – Чечерский, 16 – Южно-Присновский, 17 – Костюковский, 18 – Южно-Веткинский, 19 – Сожский, 20 – Веткинский, 21 – Западно-Добрушский, 22 – Белицкий, 23 – Южно-Урицкий, 24 – Восточно-Рандовский, 25 – Восточно-Приборский, 26 – Западно-Новобудовский, 27 – Западно-Пионерский, 28 – Восточно-Новобудовский, 29 – Узавский, 30 – Южно-Сосновский, 31 – Южно-Приборский 32 – Западно-Бобовический, 33 – Глуско-Щербовский, 34 – Александровский, 35 – Морозовический; 18 – скважины: а – нефтяные глубокие, б – на обнаружение трубок взрыва, в – гидрогеологические, г – прочие; 19 – скважины, вскрывшие франские отложения (в числите – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка поверхности франских отложений, м); 20 – скважина, а – устье, б – забой (в числите – номер скважины, в знаменателе – абсолютная отметка поверхности франских отложений, м). Геологические индексы: D₂nr – наровский надгоризонт, D₂plc – полоцкий горизонт D₃f – франский ярус

от приподнятого Урицкого блока (20) Гомельской перемычки. Его плоскость сбрасывателя наклонена с юго-востока на северо-запад. Сейсмические исследования (Шманай Г.В. и др.) и поиски трубок взрыва (Левый М.Г.) на территории Гомельской структурной перемычки позволили выявить блоковый характер отложений франского яруса и примерно отрисовать изолиниями их структурную поверхность. Разломы разного ранга разбили франские образования на разноориентированные блоки различной величины.

В строении поверхности франских отложений Гомельской структурной перемычки выделяются три части: западная мелкоблоковая, южная среднеблоковая и восточная крупноблоковая (Чёнковский блок) [4].

Западная часть перемычки ограничена разломами разного ранга: Северо-Припятским краевым, Малиновско-Глазовским региональным и локальными Белицким, Западно-Чёнковским и Западно-Бобовическим. В 1993 году при сейсмических исследованиях (Г.В. Шманай) данная территория была выделена в качестве Пионерской площади. Она разбита локальными разрывными нарушениями преимущественно субмеридионального и диагонального простирания на систему мелких блоков (Урицкий (20), Алексеевский (33), Приборский (32), Новобудовский (31), Рандовский (30), Западно-Гомельский (29), Западно-Давыдовский (28), Сосновский (26), Восточно-Сосновский (27), Пионерский (24) и Восточно-Пионерский (25)). Почти все они имеют наклон поверхности франских образований на юг. На севере Урицкого блока выделяются два небольших купола с отметками изолиний –115 и –130 м, между которыми образовался в виде вреза узкий участок отсутствия отложений франского яруса, где на отложениях полоцкого горизонта среднего девона залегают песчано-глинистые породы батского яруса средней юры (скважина Урицкая 6). Поверхность образований франского яруса в блоке погружается от отметок –113,0 (скважина Урицкая 67) до –200 м. В Рандовском блоке она наклонена на юг от отметок изолиний –140 до –250 м. В средней части блока установлен гранитный ксенолит (скважина Урицкая 4). В Приборском блоке поверхность рассматриваемых отложений погружается от отметок изолиний –200 до –250 м. Несколько глубже поверхность франских отложений наклонена в Алексеевском (от –200 до –350 м), Западно-Гомельском (от –200 до –250 м), Сосновском (от –275 до –300 м), Восточно-Сосновском (от –260 до –270 м) и Западно-Давыдовском (от –260 м и глубже) блоках. В Пионерском блоке погружение структурной поверхности происходит на юго-запад от отметок изолиний –260 до –270 м.

Южная среднеблоковая часть Гомельской структурной перемычки объединяет два блока: Бобовичский (23) и Терешковичский (22). Они разделены Восточно-Бобовичским разломом. На западе Бобовичский блок граничит по Западно-Бобовичскому разлому с северо-западной частью перемычки, а Терешковичский блок ограничиваются с двух сторон Северо-Припятской краевой и Западно-Чёнковской субрегиональный разломы. В обоих блоках поверхность франских образований моноклинально погружается с северо-запада на юго-восток от отметок изолиний –270 до –350 м в Бобовичском блоке и от –350 до –500 м в более опущенном Терешковичском блоке.

В восточной части Гомельской структурной перемычки по данным сейсморазведки и буровым скважинам выделилась новая тектоническая структура – Чёнковский блок (21). Он ограничен Западно-Чёнковским и Гомельским разломами и отделяет западную и южную части перемычки от Клинцовского грабена и Греческого погребенного выступа кристаллического фундамента. На северном участке блока выделился структурный нос с отметкой изолинии –125 м. Он осложнен небольшим локальным куполом с величиной изогипсы –120 м (скважина Урицкая 24). Поверхность франских отложений в северной и центральной частях блока погружается с северо-запада на юго-восток от отметок изолиний –125 до –300 м, в южной части она наклонена на юго-запад от –350 до –600 м. На юге Чёнковский блок по Верхнеднепровскому разлому [1] граничит с северо-западным участком северного борта Днепровско-Донецкого прогиба.

Северо-Припятское плечо (восточная часть) [3, 5–6, 8–9, 13]. На структурной карте (см. рис. 1) показано строение поверхности отложений франского яруса верхнего девона восточных частей Буда-Кошелевской, Медведовской, Городокской и Хатецкой ступеней Северо-Припятского плеча. Городокская и Хатецкая ступени граничат по восточному окончанию Малиновско-Глазовского регионального разлома с западной частью Гомельской структурной перемычки, а Буда-Кошелевскую ступень от северного участка перемычки отделяет Белицкий локальный разлом. Медведовская ступень до Гомельской перемычки не доходит.

Буда-Кошелевская ступень расположена между Жлобинским региональным и Кошелевским субрегиональным разломами. Локальный Морозовичский разлом разделил ступень на Староруднинский (8) и Уваровичский (9) блоки. В первом из них поверхность франских отложений в целом наклонена с севера на юг от отметок изогипс –30 до –70 м, а во втором – с северо-запада на юго-восток (в рамках карты) от отметок изолиний –70 до –140 м. На южном участке Уваровичского блока выделились по изогипсе –120 м Азделинская малоамплитудная локальная брахиантклиналь (с), а к востоку от нее отрисовался структурный залив с отметкой изолинии –140 м, который утыкается в Жлобинский региональный разлом.

Медведовская ступень ограничена Малиновско-Глазовским региональным и Кошелевским субрегиональным разломами. В рамках карты представлены Глазовский (6) и Насповский (7) блоки, разделенные Глазовским локальным разломом. В Глазовском блоке поверхность франских образований наклонена с севера на юг от отметок изолиний –120 до –125 м. В отличие от Глазовского Насповский блок разбит локальным нарушением на два разнонаправленных блока. В первом, более крупном из них, поверхность франских отложений наклонена с юга на север от отметок изолиний –20 до –40 м [13]. Во втором, небольшом блоке, она имеет наклон, наоборот, с севера на юг от отметки изогипсы –20 и немного глубже. Это падение четко прослеживается на сейсмогеологическом разрезе по профилю X–X₉₉₁.

Городокская ступень протягивается с запада на восток и ограничена на севере Малиновско-Глазовским региональным разломом, а на юге отделена Городокским региональным разломом от Хатецкой ступени. Завичьевский, Северо-Ивольский и Северо-Телешинский локальные разрывные нарушения разбили фундамент и нижнюю часть франских (желонско-воронежских) отложений восточной части ступени на четыре блока: Кривский (1), Ивольский (2), Теренический (3) и Телешинский (4). Они перекрыты толщей пород верхнефранского подъяруса (евлановского надгоризонта и чернинского горизонта), что прослеживается на сейсмогеологическом разрезе по профилю XII–XII₉₉₁. Над Кривским и Ивольским погребенными блоками образовалась Заречьевская брахисинклиналь (f) с отметкой изолинии –800 м, которая осложнила восточный участок крупной синклинали, вытянутой в диагональном направлении

вдоль Малиновско-Глазовского разлома и отрисованной изогипсой –700 м [13]. Над Тереническим и Телешинским погребенными блоками сформировалась моноклиналь с наклоном поверхности франских отложений с северо-востока на юго-запад от отметок изолиний –100 до –500 м.

Хатецкая ступень протягивается с запада на восток и ограничена на севере Городокским региональным разломом, а на юге отделена Северо-Припятским краевым разломом от Припятского грабена. На востоке ступень отделена Малиновско-Глазовским региональным разломом от западной части Гомельской структурной перемычки. На рис. 1 ступень представлена только восточной частью. При движении с востока на запад от Малиновско-Глазовского разлома поверхность франских отложений здесь погружается от отметок изолиний –400 до –800 м. Затем выделяются Борховская локальная брахиантиклиналь (б) по изогипсе –800 м, осложненная в своде куполом, отрисованным изогипсой –700 м. Далее в широтном направлении протянулся структурный нос с величиной изолинии –900 м. Он осложнен Решетниковским куполом (а) с отметкой изогипсы –800 м. К северу от структурного носа поверхность франских образований погружается до глубины –1200 м, а на юге она опускается до –1317 м (скважина Решетниковская 6).

Припятский грабен (северо-восточная часть) [3, 6, 10, 13]. Согласно тектоническому районированию поверхности кристаллического фундамента северо-восточная часть Припятского грабена, показанная на рис. 1, относится к восточному сегменту Речицко-Шатилковской ступени. Северо-Припятский краевой разлом отделяет ее от Северо-Припятского плеча и Гомельской структурной перемычки. Между ступенью и названными двумя тектоническими структурами расположена узкая Северная зона бортовых уступов, на которых поверхность франских отложений погружается с севера на юг от отметок изолиний –1600 до –3500 м. В восточной части зоны бортовых уступов франские отложения, по-видимому, отсутствуют из-за тектонического нарушения (скважина Пионерская 2). Здесь на образованиях среднего девона залегают породы нижнего фамена. В средней части изучаемой площади (см. рис. 1) протянулся в диагональном направлении Александровский разлом, который нарушил сплошность толщи пород франского яруса. К северу от него выделились: Александровская гемибрахиантиклиналь (е) с падением крыла с юга на север от отметок изогипс –2500 до –2700 м, Озерщинский купол (д) с величиной изогипсы –3300 м, а также Северо-Александровская мульда (г) с отметкой изолинии –4300 м и имеющей амплитуду 400 м. К юго-западу от Александровского разлома расположилась узкая Северо-Василевская синклиналь (х) с отметками изогипс от –3500 до –3700 м.

Юго-западный склон Воронежской антеклизы [4, 13] включает территории Клинцовского грабена и обрамляющих его Гремячского (на юге) и Суражского (на севере) погребенных выступов (см. рис. 1). Суражский региональный разлом отделяет Клинцовский грабен от Суражского погребенного выступа и Рогинского блока Жлобинской седловины. В отличие от Гомельской структурной перемычки на юго-западном склоне Воронежской антеклизы франские отложения имеют ограниченное распространение, и здесь на предмезозойскую поверхность выходят породы кристаллического фундамента, наровского надгоризонта эйфельского яруса и полоцкого горизонта живетского яруса среднего девона (см. рис. 1). В Клинцовском грабене отложения франского яруса в рамках карты залегают только в Дуравичском (10), западных участках Присновского (12) и Костюковского (14) блоков. В Дуравичском блоке поверхность франских образований погружается с северо-запада на юго-восток от отметок –40 до –100 м. В Присновском и Костюковском блоках она приобрела юго-восточный наклон соответственно от отметок –90 до –100 и от –150 до –168,8 м (скважина Костюковка 1).

Северный борт Днепровско-Донецкого прогиба [6, 7] в некоторых публикациях выделяется в качестве Северо-Приднепровской моноклиниали [11, 12]. На рис. 1 приведен северо-западный участок северного борта Днепровско-Донецкого прогиба, ограниченного Верхнеднепровским региональным и Гомельским субрегиональным разломами и дизъюнктивным западным бортом Гремячского выступа кристаллического фундамента. Поверхность отложений франского яруса погружается здесь с северо-востока на юго-запад от –600 до –700 м и глубже.

Выводы:

- На основе обобщения геолого-геофизических материалов прошлых лет интерпретации разрезов новых скважин и данных по тектонике впервые построена сводная структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий в масштабе 1 : 200 000.
- На структурной карте (рис. 1) показаны блоки и разделяющие их разломы, унаследованные от кристаллического фундамента, а изогипсами отображена поверхность франских образований каждого блока, с ее наклоном преимущественно с севера на юг в сторону Припятского грабена.
- На структурную карту нанесено местоположение всех скважин, вскрывших отложения франского яруса, как на Гомельской структурной перемычке, так и на сопредельных территориях, особенно в северо-восточной части Припятского грабена.
- Построенная структурная карта поверхности отложений франского яруса верхнего девона Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий, представленных осадочными, вулканогенно-осадочными и вулкано-магматическими образованиями, будет использована при проведении здесь параметрического бурения и глубинного геологического картирования с целью поисков полезных ископаемых.

Список литературы

1. Айзберг, Р.Е. О сегментации Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена / Р.Е. Айзберг // Докл. НАН Беларуси. – 2016. – Т. 60, № 6. – С. 111–116.
2. Веретенников, Н.В. Верхнедевонские вулканогенные образования Гомельской структурной перемычки / Н.В. Веретенников, В.П. Корзун, А.С. Махнач, А.Г. Лапцевич // Докл. НАН Беларуси. – 2000. – Т. 44, № 5. – С. 107–109.
3. Веретенников, Н.В. Верхнедевонский магматический комплекс / Н.В. Веретенников, В.П. Корзун, А.С. Махнач // Геология Беларуси. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси. – 2001. – С. 446–458.
4. Гарецкий, Р.Г. Структура поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий / Р.Г. Гарецкий, В.И. Толстошев, С.А. Кручек, П.О. Сахарук, М.Г. Левый // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 23–35.
5. Гарецкі, Р.Г. Тэкtonіка Паўночна-Прыпяцкага пляча / Р.Г. Гарецкі, В.С. Канішчаў, А.М. Каўхута, Р.А. Стэфенсан // Літасфера. – 1997. – № 6. – С. 34–48.
6. Геология Беларуси / под ред. А.С. Махнача, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева и др. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
7. Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Глубинное строение и геотектоническое развитие / В.К. Гавриш, Г.Д. Забелло, Л.И. Рябчун [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1989. – 208 с.
8. Кручек, С.А. Стратиграфия девонских отложений Уваровичско-Урицкой площади (юго-восток Беларуси) / С.А. Кручек, Т.Г. Обуховская, М.Г. Левый, В.Ю. Обуховская // Проблемы алмазоносности Беларуси. – Минск, 1999. – С. 57–71.
9. Обуховская, В.Ю. Стратиграфия франских отложений восточной части Северо-Припятского плеча и сопредельных структур / В.Ю. Обуховская, Т.Ф. Саченко, С.А. Кручек // Літасфера. – 2007. – № 1 (26). – С. 29–39.
10. Старчик, Т.А. Позднедевонский магматизм и проблемы нефтегазоносности Припятской зоны рифтогенеза / Т.А. Старчик, Р.Е. Айзберг, В.Н. Бескопыльный // Літасфера. – 2014. – № 1 (40). – С. 3–23.
11. Тектоника запада Восточно-Европейской платформы / под ред. Р.Г. Гарецкого. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 168 с.
12. Тектоническая карта Белоруссии. Масштаб 1 : 500 000. 1974 г. / Р.Г. Гарецкий (гл. ред.). – М., 1977.
13. Толстошев, В.И. Геологическое строение отложений франского яруса верхнего девона Северо-Припятского плеча и сопредельных структур / В.И. Толстошев, С.А. Кручек, И.Д. Кудрявец, М.Г. Левый // Літасфера. – 2015. – № 2 (43). – С. 76–99.

АГРОНОМИЧЕСКИЕ РУДЫ УКРАИНЫ

Д.П. Хрущев, Е.А. Ремезова, Ю.В. Дудченко, Т.В. Охолина, О.В. Яременко

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

*e-mail: khrushchov@hotmail.com, elena.titania2305@gmail.com, kyurpach_yulia@ukr.net,
svilya@ukr.net, olya_89@ukr.net*

Освещается проблема восстановления и развития отрасли производства минеральных удобрений на основе национальной минерально-сырьевой базы агрономических руд с целью оптимального обеспечения устойчивого развития агропромышленного комплекса Украины. В связи с общемировыми тенденциями снижения плодородия почв акцентируется внимание на необходимости совместных украинско-белорусских исследований агроруд.

Ключевые слова: *плодородие почв, агрономические руды, мелиоранты, минеральные микроудобрения, торф, сапропель.*

AGRONOMICAL ORE OF UKRAINE

D.P .Khrushchov, O.A. Remezova, Yu.V. Dudchenko, T.V. Okholina, O.V. Yaremenko

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The problem of restoration and development of mineral fertilizers production branch basing upon national mineral resources of agronomical ores aimed at optimum provision for stable development of agriculture industry in Ukraine is elucidated. In connection with the global tendencies of soil fertility decrease the attention is accented on the necessity of joint Ukrainian-Belarusian researches of agronomical ores.

Keywords: *soil fertility, agronomical ores, meliorants, mineral microfertilizers, peat, sapropel.*

Введение. Украина сегодняшнего дня позиционируется как промышленно-аграрная страна, обладающая значительным потенциалом развития агропромышленного комплекса. В связи с наметившимся падением плодородия почв, которое возникло вследствие снижения использования минеральных удобрений, актуальной задачей является развитие производства удобрений на основе отечественной минерально-сырьевой базы с использованием зарубежного опыта рационального освоения месторождений.

Обзор состояния производства и использования минеральных удобрений. Главная причина снижения внесения минеральных удобрений – их подорожание. Причиной этого является использование агрохимической промышленностью Украины импортного фосфатного сырья – фосфоритов из РФ и Эстонии, апатита – из Хибинского месторождения РФ, цена на которые постоянно растет.

На базе огромных месторождений калийных солей Предкарпатья до 90-х годов прошлого столетия работали два комбината – Стебникский и Калушский (Львовская и Ивано-Франковская области). Они специализировались на выпуске калийных и калийно-магниевых удобрений. В настоящее время производственная деятельность обеих калийных предприятий полностью приостановлена. Сейчас калийные удобрения импортируются из Беларуси.

Поэтому актуальной задачей является развитие отечественной минерально-сырьевой базы агроруд с использованием опыта соседних стран.

Сырьевая база агроруд. Наличие сырьевой базы является определяющей предпосылкой развития современного производства удобрений. Рассматриваются такие функциональные группы минеральных удобрений и средств сохранения плодородия почв: 1) базовые агроруды – апатиты, фосфориты, калийные соли; 2) дополняющие, нетрадиционные и технологические виды агрономического минерального сырья: фосфорит-меловые образования, глины бентонитовые и сапонитовые, глаукониты, вермикулит, перлит, сера; 3) природные органические удобрения: торф, сапропель; 4) мелиоранты: известняки, мел, мергель, доломиты, гипс, ангидриты; 5) минеральные микроудобрения: бор, медь, марганец, молибден, церий, редкие земли и тому подобное.

В Украине к апатитовым месторождениям принадлежат Стремигородское, Торчинское, Федоровское, Крапивенковское, Паромовское, Выдыборское, Давидковское, Юровское, Словечанское, Голосковское, Новополтавское, Володарское. Большинство их по генезису относится к магматогенным и приурочено к расслоенным интрузиям (габбро-анортозитовая и габбро-сиенитовая формации); Торчинское остаточное, Голосковское и Словечанское относятся к метаморфогенным, а Новополтавское приурочено к магматогенным и метасоматическим образованиям карбонатитового комплекса (формация ультраосновных щелочных пород и карбонатитов). Все месторождения, кроме Словечанского, комплексные фосфор-титановые и фосфор-редкометальные. Содержание P_2O_5 в этих объектах колеблется в пределах 0,5–6 %. Поэтому проблемой здесь является рациональный способ отработки, учитывая распределение полезных минералов в слоях [2], а для метаморфогенных месторождений – эффективная технология обогащения концентратов. Решение относительно способа отработки может быть получено на основе анализа комплексных геолого-горно-экологических моделей [3, 6]. Следует также отметить, что апатит из месторождений габбро-анортозитовой формации имеет низкие содержания вредных примесей, чем выгодно отличается от апатитов Хибин.

Залежи фосфоритов распространены в пределах Волыно-Подольской плиты, Днепровско-Донецкой впадины (далее – ДДВ), северо-восточного склона Украинского щита, юго-западного склона Воронежского массива и Индоло-Кубанского прогиба, где они приурочены к отложениям мелового, палеогенового и неогенового возраста. Фосфориты залегают среди пластообразных отложений мергелей, аргиллитов, кварц-глауконитовых песков, реже песчаников и известняков в виде мелких конкреций, желваков, гальки. Мощность продуктивных залежей колеблется от 0,5 до 10–15 м, а содержание P_2O_5 в руде – от 4,0 до 26,0 % [4, 5]. Фосфоритовая руда является основным источником для производства фосфорных минеральных удобрений.

Палеогеографические исследования в пределах юго-западного склона Воронежского массива и ДДВ показали, что фосфоритоносные зоны располагаются в пределах погребенных долин, ориентированных перпендикулярно к береговой линии моря каневского времени. Здесь залегают желваки и галька фосфоритов в песчано-глинистых отложениях.

Перспективным сырьем для получения фосфорных удобрений в Украине являются зернистые фосфориты, широко распространенные в осадочных отложениях Волыно-Подольской плиты. Руды тут представлены зернистыми и желваково-зернистыми фосфоритами с содержанием P_2O_5 4,04–7,6 %; галечными и конкреционными фосфоритами с содержанием P_2O_5 34–38 %. Интересным объектом с точки зрения получения удобрений являются терригенно-карбонатные отложения иноцерамовых слоев Здолбуновско-Тернопольской фосфоритоносной зоны. Основным полезным ископаемым тут являются глауконит-фосфорит-кварцевые пески, иноцерам-глауконит-фосфорит-кварцевые песчаники и глауконит-фосфорит-кварцевые известковые песчаники, а глауконит-фосфоритистые известняки песчанистые – сопутствующим полезным ископаемым и могут использоваться как агроруда для подкисления почв с одновременной подпиткой фосфором. Глауконит как сырье для получения калиевых удобрений и мелиорантов сейчас представляет значительный интерес. В пределах Украины известно более 80 его проявлений и месторождений. До 10 % глауконита содержится во вскрытых породах янтарных месторождений, что позволит успешно проводить их рекультивацию. Наиболее перспективными для выявления месторождений глауконита являются юго-западные склоны Украинского щита (Среднее Надднестровье), где ресурсы глауконита оценены в 3011 млн т. Здесь распространена альб-сеноманская глауконитовая формация. Сеноманские пески Подолья содержат 15–25 % глауконита, а в долях рр. Днестра, Калюса, Ушицы, Терновы его содержание еще выше. Также широко распространены в пределах Украины палеогеновые глауконит-содержащие породы, представленные отложениями каневской, бучакской, киевской, харьковской свит. Преобладают кварц-глауконитовые пески с содержанием K_2O в глауконите более 6 %, мощность таких песков (каневская свита) 20–30 м [4, 5].

Залежи калийных солей в Украине выявлены в Предкарпатском краевом прогибе и до недавнего времени здесь эксплуатировались их месторождения. Однако, как было сказано выше, разработка этих объектов прекращена. Они требуют переоценки по новым критериям и проведения специальных работ по горно-геологическому моделированию. Опыт составления таких моделей представлен в [6].

Украина обладает также значительными запасами торфа и сапропеля, которые пока используются недостаточно. В то же время интересным для Украины является опыт Беларуси по производству органических удобрений на основе торфа и сапропеля.

Выводы. Таким образом, на территории Украины существует сырьевая база агрономического сырья, которая представлена как мелкими месторождениями, которые могут иметь местное значение, так и средними и крупными месторождениями. Многие из этих месторождений комплексные, что повышает их экономическую привлекательность и требует разработки рациональных подходов по их эксплуатации. Решение этих задач должно иметь комплексный характер с внедрением инновационных подходов, начиная с современных технологий информационного обеспечения поисковых, разведочных и эксплуатационных работ и кончая вовлечением передовых технологий обогащения концентратов и изготовления высокосортных удобрений, удовлетворяющих сегодняшним маркетинговым условиям.

Необходимо уделять внимание изучению и оценке новых видов сырья, таких как глауконит, сапропель, которые ранее не использовались в Украине, а также и сырью для производства микроудобрений.

Перспективным методом оценки фосфоритоносности является палеогеографический (палеогеоморфологический) метод, который позволяет установить рудоконцентрирующие структуры ловушки фосфоритов в толще осадочных пород. Здесь могут представлять интерес совместные исследования украинских и беларуских ученых по палеогеоморфологическому картированию сопредельных территорий и оценке перспектив фосфоритоносности с построением моделей фосфоритонакопления. Это касается прежде всего менее изученного Припятского бассейна Беларуси [1] и прилегающих к нему фосфоритоносных районов Украины (Черниговско-Щорсовского, Бужанско-Кролевецко-Радичского, Маневичско-Клеванского и Ратновского).

Отдельной проблемой являются исследования торфа для расширения номенклатуры продукции, а также реконструкция условий формирования торфяников с привязкой к климатическим изменениям, поскольку и Украина и Беларусь находятся в сфере влияния воздушных масс с Атлантики.

Учитывая мировые тенденции истощения почв и необходимости развития минерально-сырьевой базы производства удобрений, следует сосредоточить совместные усилия ученых НАН Украины и НАН Беларуси на развитие исследований в области рационального использования сырьевой базы агроруд двух стран.

Список литературы

1. Айзберг, Р.Г. Минерально-сырьевые ресурсы Беларуси: состояние и перспективы освоения / Р.Г. Айзберг [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования: материалы Международной научной конференции, посвященной 215-летию со дня рождения И. Домейко, Минск 31 июля – 3 августа 2017 г. – Минск: СтройМедиаПроект, 2017. – С. 74–83.
2. Галецький, Л. Створення моделей формування розшарованих титаноносних інtrузіїв габро Українського щита та оцінка їх рудоносності / Л. Галецький, О. Ремезова // Вісник Львівського університету. Сер. Геологічна. – 2009. – № 23 – С. 71-81.
3. Мельник, І.В. Новий підхід до збільшення економічної привабливості рудних об'єктів (на прикладі Торчинського родовища апатит-ільменітових руд) / І.В. Мельник [та ін.] // Третя науково-практична конференція «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування». Трускавець 4-7 жовтня 2016 р. – Київ: ДКЗ, 2016. – С. 122–147.
4. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. II. Неметалічні корисні копалини // Д.С. Гурський, К.Ю. Єсипчук, В.І. Калінін та ін., за ред. М.П. Щербака і С.В. Гошовського). – К. – Львів: Центр Європи, 2006. – 552 с.
5. Мінеральні ресурси України (Довідник) – Київ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014. – 270 с.
6. Хрушов, Д.П. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций / Д.П. Хрушов [и др.]. – К.: Интерсервис, 2017. – 352 с.

СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОССЫПЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ

Д.П. Хрушев¹, Е.А.Ремезова¹, М.С. Ковалчук¹, А.П. Лобасов², Е.А. Ганжа¹,
Т.В. Охолина¹, Ю.В.Крошко¹, С.П. Василенко¹, О.В. Яременко¹

¹Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: khrushchov@hotmail.com

²Фрилансер, Киев, Украина

e-mail: lobasov_al@rambler.ru

На основе цифрового структурно-литологического моделирования, дополненного палеогеографическими построениями, выделены формационно-вещественные системы россыпей-образования, намечены основные пути миграции и промежуточные коллекторы накопления тяжелых минералов, отмечены перспективные участки для разработки и предложено создание экспертных систем различной направленности.

Ключевые слова: структурно-литологическое моделирование, россыпи, палеогеография.

STRUCTURE-LITHOLOGICAL MODELLING OF HEAVY MINERALS PLACERS OF UKRAINIAN SHIELD AND CONTIGUOUS REGIONS

D.P. Khrushchov¹, O.A. Remezova¹, M.S. Kovalchuk¹, A.P. Lobasov², O.A. Ganzha¹,
T.V. Okholina¹, Yu.V. Kroshko¹, S.P. Vasilenko¹, O.V. Yaremenko¹

¹Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine

²Freelancer, Kyiv, Ukraine

On the basis of digital structure-lithological modelling supplemented by paleogeographical models the formational-material systems of placers forming were selected, the main ways of migration and intermediate collectors of heavy minerals accumulation were marked, the most prospective areas for mining were selected and the creation of expert systems of different direction was suggested.

Keywords: structure-lithological modelling, placers, paleogeography.

В настоящее время в Украине в связи исчерпанием ряда месторождений, разрабатываемых с 50-60-х годов XX века, появилась необходимость осваивать новые объекты более сложного геологического строения. Успешное решение таких задач, а также повышения эффективности эксплуатации объектов, учет экологических рисков невозможны без применения структурно-литологического моделирования. Это моделирование является важным этапом построения комплексных эколого-горно-геологических моделей.

Теоретической базой цифрового структурно-литологического моделирования (далее – ЦСЛМ) является объединение двух методологических направлений – структурно-литологического расчленения осадочных тел и цифрового моделирования геологических тел. Позднее нами этот подход был дополнен ретроспективным и динамическим аспектами исследований, что выразилось в создании прогнозно-палеореконструктивной ретроспективно-статической модели (далее – ППРРСМ).

Принцип ППРРСМ использован для целевого исследования россыпевмещающих формационных подразделений Субпаратетиса Украинской россыпной субпровинции. На этой основе построены ЦСЛМ ряда перспективных месторождений. Данный принцип может использоваться в целях прогнозирования для многих стратифицированных осадочных формаций – терригенных, карбонатных, кремнистых, эвапоритовых и т. д. Поэтому полученный опыт моделирования может быть интересен не только для Украины, но и для ряда объектов Беларуси.

В методику построения ППРРСМ на примере миоценовой россыпевмещающей формации введено понятие формационно-вещественной системы россыпейобразования (далее – ФВСР), охватывающей россыпейобразующие формации, промежуточные коллекторы и россыпь, как единицы целевой структуризации россыпевмещающего формационного (либо стратиграфи-

ческого) подразделения. Этот подход позволяет осуществить зональный прогноз россыпей. Для россыпевмещающей формации Субаратетиса (новопетровской свиты) выделены четыре ФВСР, вмещающих перспективные объекты: Любар-Филиополь-Оратовская с Тарасовским месторождением, Краснокутская и Злобичская с одноименными месторождениями, Самотканская с Мотроновско-Анновским месторождением. В нижнемеловых континентальных отложениях установлена Лебедин-Балаклеевская ФВСР с Бирзулевским месторождением.

На основе ППРРСМ разработана теоретическая схема седиментационного бассейна Субаратетиса средненовопетровского времени (основного этапа россыпенеобразования). Мезозойская (нижнемеловая) Лебедин-Балаклеевская ФВСР отмечается промышленными параметрами содержания ильменита (Бирзулевская россыпь). Эта ФВСР структурно неполная, поскольку вышеупомянутая россыпь относится к генетическому типу близкого сноса.

В результате уточнения литостратиграфической идентификации и структуризации объектов, а также повышения детализации лиофациального и фациального их расчленения за счет использования разномасштабных генетических и ретроспективных исследований удалось получить более точные модели месторождений, а в дальнейшем на этой основе выделять наиболее перспективные для отработки участки с оценкой технологических свойств россыпевмещающих пород [3].

Полученные для Тарасовского месторождения ильменита и Краснокутского титан-циркониевого месторождения модели отображают структурные характеристики объектов – гипсометрию подошвы и кровли рудных тел, их мощность, распределение в объеме горного массива полезных компонентов (ильменита, циркона и т. д.) по градациям содержания, распределение технологических свойств и вредных примесей. Осуществлен автоматический подсчет запасов. Полученные модели являются основой для разработки ТЭО на эксплуатационную разведку и эксплуатацию месторождения.

Представлены уточненные по дополнительным данным ЦСЛМ Мотроновско-Анновского и Злобичского месторождений.

В результате этих построений выделена Злобичская ФВСР неполного состава, в которой неизвестны россыпи конечного бассейна («прибрежно-морского» типа). Рассыпенеобразующие формации – габбро-анортозитовые образования Волынского массива, в частности – Грабы-Меленивские тела габброидов, с которыми может быть связано поступление основной массы ильменита, а также гранитные массивы, находящиеся западнее месторождения, и жильные образования Злобичского разлома для циркона [2]. По палеогеоморфологическим построениям намечены три ответвления долины палео-Ирши, которые могли служить палеотранспортными артериями.

Распределение концентраций и фракционный состав тяжелых минералов контролировались гидродинамическими условиями среды транспортировки и морфологическими характеристиками микрофаций, определявших особенности седиментационных ловушек. В целом в плане наблюдается связь концентраций с депрессионными участками в рельефе палеодолины.

Палеогеографические реконструкции показали, что россыпенеобразование в конечном бассейне, то есть образование месторождений Самотканской группы, происходило в условиях открытого залива Субаратетиса. Основная масса россыпенеобразующего материала (далее – РОМ) поступала в виде дельтовых выносов. Однако если в разрезах Тарасовской и Краснокутской ФВСР таковые были установлены, то на площади Самотканской группы россыпей они неизвестны.

Масса РОМ из дельтового выноса в районе Самотканской группы месторождений (или несколько далее на северо-запад, учитывая направления вдольбереговых течений) поступала в область морской гидродинамической сепарации, включавшей две фациальные зоны: прибрежного и морского мелководья. В первой из них образовалось Малышевское, во второй – Мотроновско-Анновское месторождения.

В плановом отображении площади Мотроновско-Анновского месторождения выделяются две полосы концентрации рудных минералов, параллельные береговой линии. По-видимому, эти полосы отражают два ритма россыпенеобразования – ранний и поздний. В практическом контексте знания закономерностей распределения рудных минералов в россыпях,

отображаемые в процессе моделирования, позволили планировать фронт работ при разработке проектов освоения россыпи [1].

Верхний, регressiveный ритм, представленный на площади Малышевского месторождения, характеризуется образованием основных объемов промышленных запасов рудных минералов, обладающих оптимальными технологическими свойствами. Аналоги отложений регressiveного макроритма могли формироваться севернее Самотканской группы месторождений, однако они, по-видимому, были эродированы. Поэтому здесь не следует ожидать открытий богатых россыпей.

С использованием данной методики разработана ЦСЛМ Пержанского россыпного месторождения кассiterита (с сопутствующим редкоземельным оруденением). Модель включает четыре структурно-формационные этажа: кора выветривания; мезозойские (вероятно позднеюрского-раннемелового возраста) псевфито-псаммитовые отложения долиноподобных депрессий (аллювиально-делювиального происхождения); палеогеновые суглинки и супеси прибрежно-морских фаций; четвертичные суглинки. Получены карты площадного распределения кассiterита, мощности рудного тела, распределения средневзвешенных содержаний кассiterита в коре выветривания и дочетвертичных образованиях осадочного чехла, а также удельных запасов кассiterита по площади месторождения. Эта ЦСЛМ составляет информационную основу для разведки и эксплуатации залежи в пределах перспективного Пержанского рудного поля.

По золотоносным россыпям рассматривались три перспективные объекты. Изучена перспективная Канев-Звенигородская палеодолина, выделен перспективный участок в пределах северо-восточной части площади. Определены палеогеоморфологические, литофациальные и фациальные критерии поисков. С точки зрения методологии аллювиальные золотоносные россыпи, относящиеся к группе ближнего сноса, представляют ФВСР редуцированного типа, для которого устанавливаются лишь два первых элемента: источник сноса и россыпь.

Дальнейшим развитием данного направления авторы считают внедрение в геологическую практику целевых экспертных систем (далее – ЦЭС) геологической направленности, базирующихся на принципах целевого комплексного моделирования геологических объектов на основе современных компьютерных технологий с перспективой введения искусственного интеллекта. Методологической основой ЦЭС является комплексная оценка геологической среды, средством исполнения этой оценки – комплексная модель соответственной направленности.

Список литературы

1. Василенко, С.П. Геологічна будова, умови утворення та рудоносність Мотронівсько-Аннівського титан-цирконієвого розсипного родовища (Середнє Придніпров'я): автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.01 «Загальна та регіональна геологія». – Київ, 2015. – 20 с.
2. Свівальнєва, Т.В. Геологія та рудносність Злобицького розсипного родовища ільменіту (Український щит): автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.01 «Загальна та регіональна геологія» – Київ, 2014. – 22 с.
3. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций / Д.П. Хрущев [и др.]. – К.: Интерсервис, 2017. – 352 с.

СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПЕСКОВ

А.Б. Худаярова, С.Д. Балыкова, Т.В. Андреева

Московской государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: a.khudayarova@mail.ru; balykova@geol.msu.ru; andreeva@geol.msu.ru

В статье рассматриваются флювиогляциальные песчаные грунты средне- и позднеплейстоценового возраста. Охарактеризованы особенности минерального и гранулометрического составов, морфология песчаных частиц у 16 образцов. Регионы отбора образцов для исследований: Карелия, Москва и Подмосковье.

Ключевые слова: пески, флювиогляциал, морфология песчаных частиц.

FLUVIOGLACIAL SANDS: COMPOSITION AND STRUCTURE

A.B. Khudayarova, S.D. Balykova, T.V. Andreeva

Moscow State University, Moscow, Russia

The article deals with fluvioglacial sandy soils of Middle and Upper Pleistocene age. Features of mineral composition and particle size distribution, morphology of sand particles of 16 samples were characterized. Regions of sampling for research are Karelia, Moscow and Moscow region.

Keywords: sand, fluvioglacial, morphology of sand particles.

В ходе работы исследовались песчаные грунты нарушенного сложения в воздушно-сухом состоянии, отобранные из разрезов флювиогляциальных отложений Карелии и Московского региона. Методики, использованные при изучении состава, строения и свойств песков, описаны в [3]. Оборудование для изучения минерального состава грунтов и морфологических показателей отдельных зерен приобретено за счет средств Программы развития МГУ (рентгеновский дифрактометр ULTIMA-IV, растровый электронный микроскоп LEO 1450 VP (РЭМ), рентгеновский компьютерный томограф Yamato TDM1000H-II). Кроме того, изучение морфологических признаков песчаных зерен проводилось с помощью микроскопа МБС-9 и фотоизображений средних проб песков и разделенных на фракции, полученных с микроскопа Levenhuk DTX90. Характеристика формы давалась по классификационной шкале. Фадеева П.И [2], степени окатанности зерен – по шкале Лидера М.Р. [4].

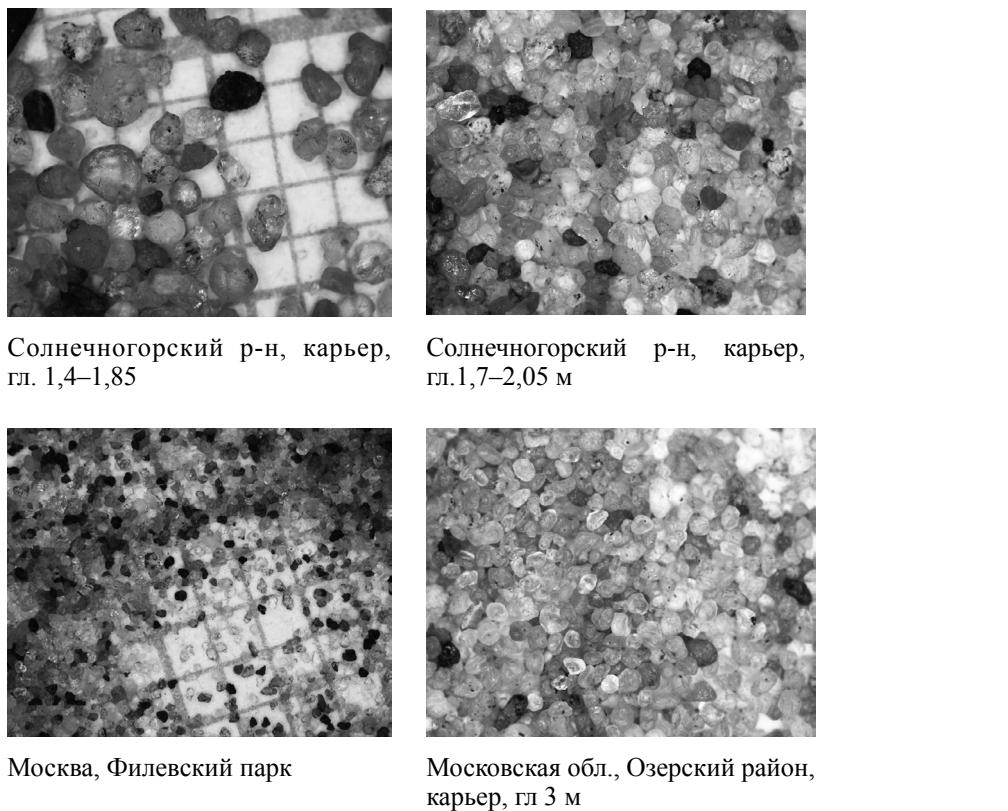
Минеральный состав исследованных грунтов представлен в табл. 1 и на рис. 1–2. В соответствии с классификацией Сергеева Е.М. [5] большинство исследованных грунтов относятся к моно- и биминеральным.

Все изученные мономинеральные кварцевые пески были отобраны в Московском регионе, относятся к московскому горизонту. Характерной их особенностью является присутствие ожелезненных пленок на поверхности кварцевым зерен (рис. 1).

Флювиогляциальные пески, отобранные в Карелии, имеют кварц-полевошпатовый состав. Содержание кварца и полевого шпата в этих грунтах приблизительно одинаковое (рис. 2). Помимо этого, присутствуют глинистые минералы – до 10 %.

Анализ минерального состава исследованных флювиогляциальных песков показал, что он напрямую связан с возрастом отложений и, соответственно, длительностью транспортировки перемываемого и откладываемого материала. Так, все изученные флювиогляциальные отложения Карелии осташковского горизонта являются биминеральными, содержат в своем составе большое количество темноцветных минералов; кварц и полевые шпаты присутствуют здесь как в виде мономинеральных зерен, так и в обломках пород. Пески Московского региона однородны, с незначительным содержанием слюд, часто присутствуют карбонаты, при этом часто они достаточно сильно ожелезнены.

Результаты **гранулометрического анализа** песков представлены на рис. 3. Среди песков Московского региона преобладают пески средней крупности, отсутствуют мелкие. Среди песков Карелии присутствуют все разновидности, преобладают также средние.



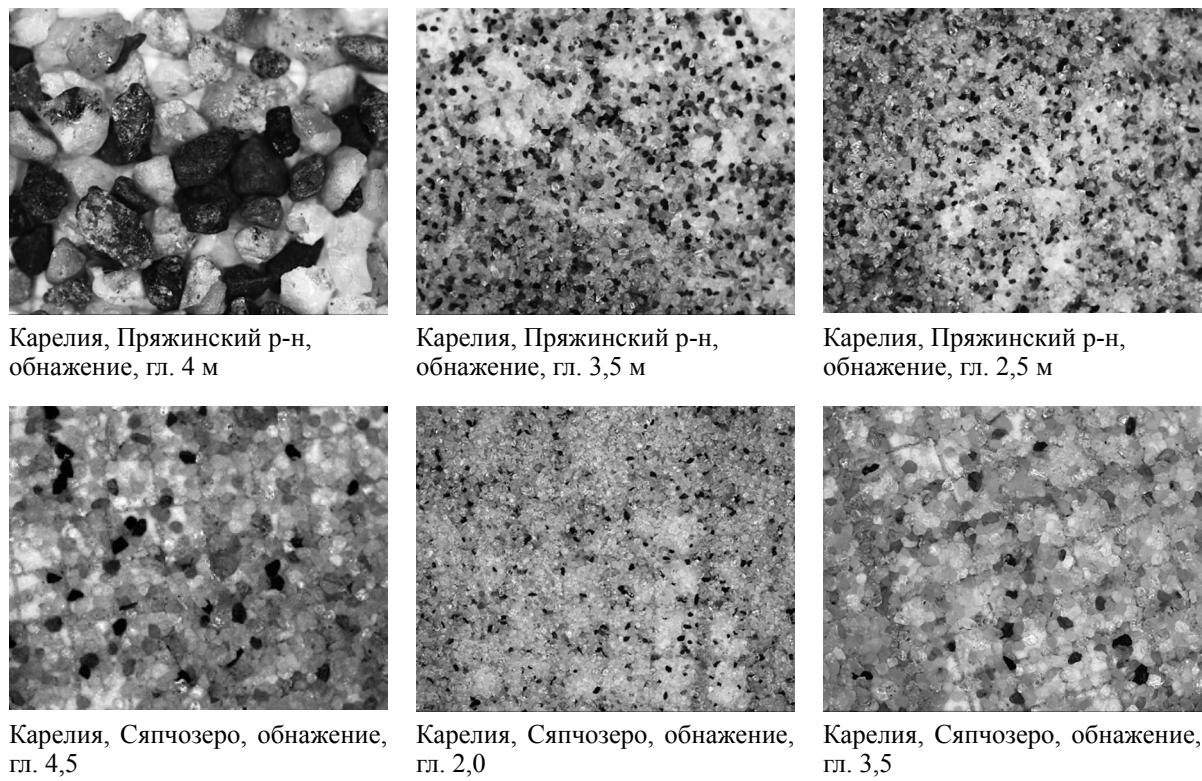
Солнечногорский р-н, карьер,
гл. 1,4–1,85

Солнечногорский р-н, карьер,
гл. 1,7–2,05 м

Москва, Филевский парк

Московская обл., Озерский район,
карьер, гл 3 м

Рисунок 1. Фотоизображения средней пробы мономинеральных песков Московского региона



Карелия, Пряжинский р-н,
обнажение, гл. 4 м

Карелия, Пряжинский р-н,
обнажение, гл. 3,5 м

Карелия, Пряжинский р-н,
обнажение, гл. 2,5 м

Карелия, Сяпчозеро, обнажение,
гл. 4,5

Карелия, Сяпчозеро, обнажение,
гл. 2,0

Карелия, Сяпчозеро, обнажение,
гл. 3,5

Рисунок 2. Фотоизображения средней пробы биминеральных песков Карелии

Согласно ГОСТ 25100-2011 все изученные пески являются неоднородными. По классификации Фадеева П.И. [6] изученные пески характеризуются от квазиоднородных до исключительно неоднородных.

Таблица 1

Минеральный состав изученных флювиогляциальных песчаных грунтов

Место отбора	Содержание минералов, %										Название по классификации Сергеева Е.М.	
	кварц	полевые шпаты	карбонаты	слюды	амфиболы, пироксены	иллит	хлорит	каолинит	смектиты	другие	группа	вид
Карелия, Сяпчозеро, обнажение, глубины отбора 2- 4,5 м (4 пробы)	40-50	50-40		✓		✓				✓	биминеральный	кварц-полевошпатовый
Карелия, Пряжинский р-н, обнажение, гл. 4 м	41,3	49,7		✓	1,1	2,8	3,3	1,8		✓	биминеральный	кварц-полевошпатовый
Карелия, Пряжинский р-н, обнажение, гл. 3,5 м	48,6	42,7		✓	2,0	4,9	1,2	0,6		✓	биминеральный	кварц-полевошпатовый
Карелия, Пряжинский р-н, обнажение, гл. 3,0 м	39,8	44,6		✓	5,9	6,0	3,7			✓	биминеральный	кварц-полевошпатовый
Карелия, Пряжинский р-н, обнажение, гл. 2,5 м	41,9	46,5		✓	3,8	1,5	6,3		<0,5	✓	биминеральный	кварц-полевошпатовый
Солнечногорский р-н, карьер, гл. 1,7-2,05 м	91,9	6,0		0,6			0,5	1,0		✓	мономинеральный	кварцевый
Москва, Филевский парк	> 90	✓	✓	✓		✓				✓	мономинеральный	кварцевый
Московская обл., Озерский р-н, гл. 3 м	91	5,2	1,7		0,6	0,8	0,7			✓	мономинеральный	кварцевый
Московская обл., Чашниково, гл. 2 м	> 90	✓		✓		✓				✓	мономинеральный	кварцевый

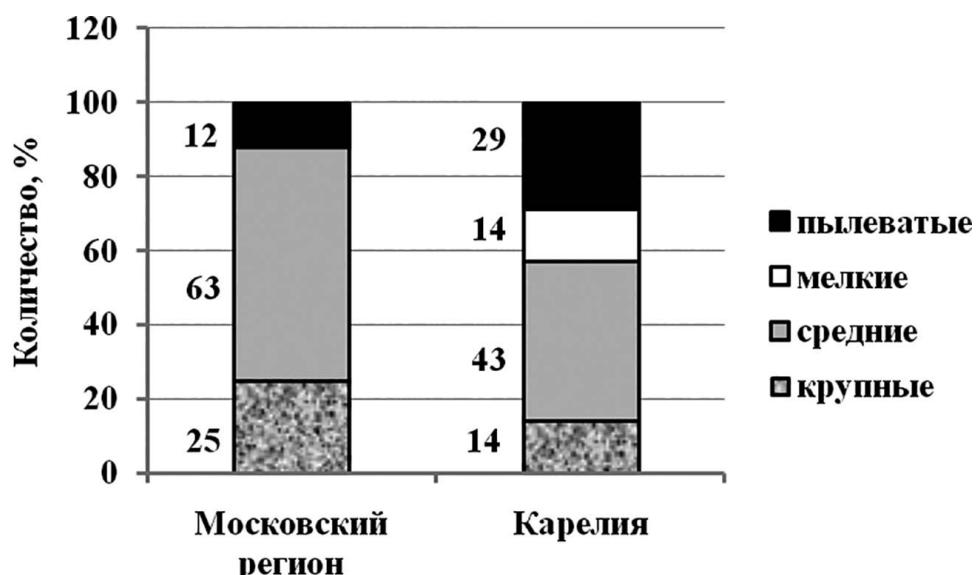


Рисунок 3. Разновидность изученных песков по гранулометрическому составу согласно ГОСТ 25100-2011

Морфология песчаных частиц. μ КТ-изображения песков дают представление о степени неоднородности гранулометрического состава песков. По ним удобно определять такие морфологические признаки, как форма частиц и их степень окатанности (рис. 4).

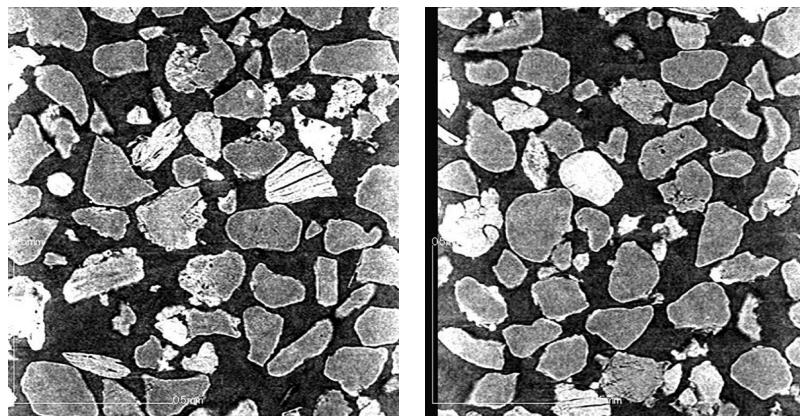


Рисунок 4. μ КТ-изображения флювиогляциального песка (Филевский парк) (фото Кузнецова Р.А.)

РЭМ-изображения песчаных частиц помимо формы и степени их окатанности позволяют оценить характер поверхности зерен (рис. 5).

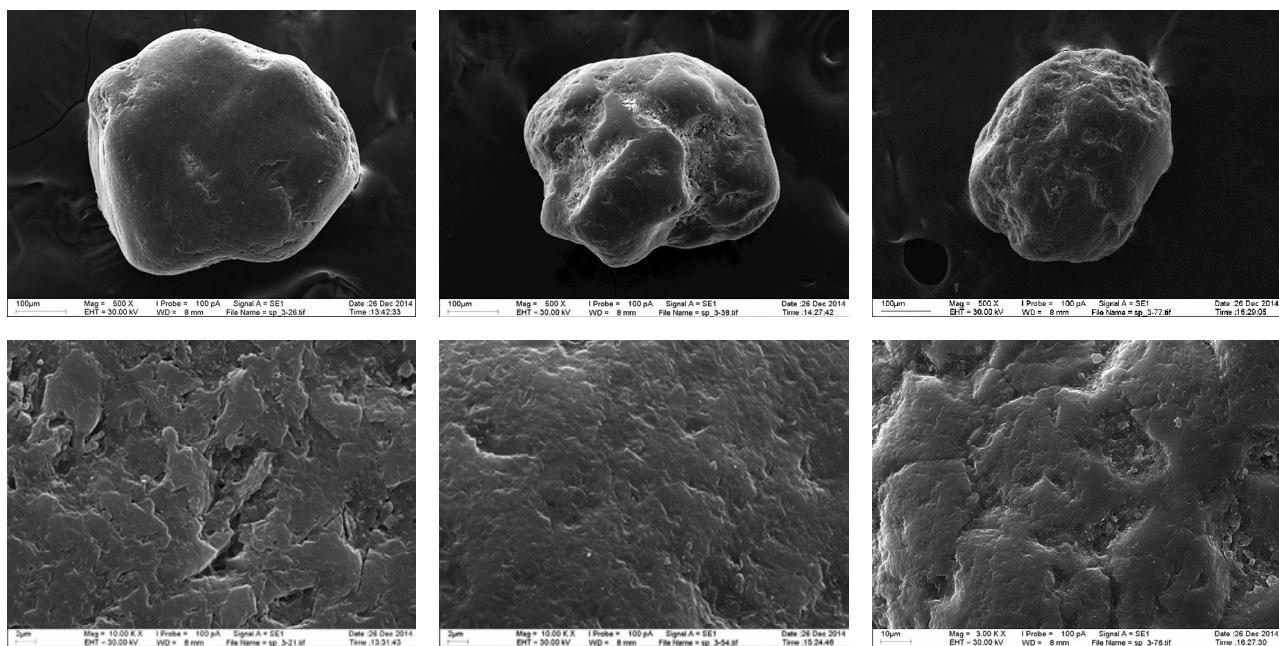


Рисунок 5. РЭМ-изображения зерен флювиогляциального песка (Озерский район) (фото Чернова М.С.)

Форма и степень окатанности частиц. Для исследованных флювиогляциальных песчаных грунтов характерны различные формы частиц и степень их окатанности: близкие к сферическим со средней степенью окатанности, близкие к изометричным и угловатые, сложной конфигурации, угловатые и т. д. В целом степень окатанности частиц у водно-ледниковых отложений характеризуется как сильно угловатая (по шкале Лидера М.Р.).

Связано это с присутствием в их составе, иногда в значительных количествах обломков пород и полевых шпатов, имеющих угловатую форму.

Характер поверхности. Зерна всех фракций водно-ледниковых песков, отобранных на территории Москвы и Подмосковья (рис. 1), имеют блестящую, гладкую, местами бугорчатую поверхность частиц. Отмечено увеличение сглаженности поверхности частиц в более мелких фракциях. Поверхность зерен флювиогляциальных отложений Карелии чаще всего

неровная, матовая, кавернозная; зерна полевых шпатов имеют часто ступенчатую поверхность с острыми сколами. Степень кавернозности поверхности зерен этих песков уменьшается в более мелких фракциях.

Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2013. – 78 с.
2. Грунтоведение / В.Т. Трофимов [и др.] Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
3. Лабораторные работы по грунтоведению: Учеб. пособие / В.А. Королев, Е.Н. Самарин, С.К. Николаева и др.; Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Высш. шк., 2008. – 519 с.
4. Лидер, М.Р. Седиментология. Процессы и продукты: Пер. с англ. / М.Р. Лидер.– М.: Мир, 1986. – С. 58–65.
5. Сергеев, Е.М. Грануло-минералогическая классификация песков / Е.М. Сергеев // Вестник Моск. ун-та. – 1953. – № 12. – С. 101–109.
6. Фадеев, П.И. Основные понятия и общая классификация песчаных образований / П.И. Фадеев // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения. М.: Изд-во МГУ, 1978. – Вып. 4. – С. 16–21.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА
КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КУСТИНСКОГО ЛОКАЛЬНОГО
ПОДНЯТИЯ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЪЕКТА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА**

C.E. Шпак

OAO «Газпром трансгаз Беларусь», Минск, Беларусь, e-mail: style28@tut.by

Выполнено детальное расчленение и охарактеризованы коллекторские свойства нижне- и среднекембрийских отложений Кустинской локальной структуры в Брестской впадине. Сделан вывод о перспективности структуры для создания подземного хранилища газа.

Ключевые слова: Подлясско-Брестская впадина, кембрий, коллекторские свойства, подземное хранилище газа.

**GEOLOGICAL SRUCTURE AND RESERVOIR PROPERTIES OF THE CAMBRIAN
DEPOSITS OF THE KUSTIN LOCAL RISE IN THE BREST DEPRESSION AS A
PERSPECTIVE OBJECT FOR THE UNDERGROUND GAS STORAGE BUILDING**

S.Ye. Shpak

«Gazprom transgas Belarus», Minsk, Belarus

The detailed partition of the Lower and Middle Cambrian deposits of the Kustin local structure within the Brest Depression has been fulfilled. The reservoir properties of the rocks have been characterized. The conclusion about availability of the structure for the underground gas storage building has been made.

Keywords: Podlesse-Brest Depression, Cambrian, reservoir properties, underground gas storage.

Кустинская структура приурочена к юго-западной части Брестской впадины, фундамент которой имеет блоковое строение [1]. Блоки ступенчато погружаются в юго-западном направлении и ограничены региональными дизьюнктивными нарушениями. Кустинское локальное поднятие расположено в пределах Каменецкого блока фундамента, ограниченного Высоковским и Каменецким разломами. В пределах блока прослеживаются Прибугское и Кустинское локальные поднятия, к которым приурочены менее протяженные одноименные разломы.

Кустинская структура расположена в 20 км на северо-запад от Бреста и в 15–16 км на юго-восток от Прибугского подземного хранилища газа и представляет собой по отложениям ордовика брахиантеклиналь размерами 12 км по длинной оси и порядка 2,5 км – по короткой. С юго-востока структура ограничена тектоническим нарушением.

Кустинское антиклинальное поднятие северо-восточного простирания, хорошо прослеживается по всем опорным горизонтам кембрия и имеет по ним сходные размеры, морфологию и амплитуду.

В пределах структуры пробурено восемь скважин. В своде структуры, в районе скважины 13-к наблюдается пережим структуры, разделяющий ее на два купола. Купола вскрыты скважинами 18-к (юго-западный купол) и 16-к (северо-восточный купол). По поверхности пласта-коллектора $E_1 str_{2-1}$ нижнекембрийских отложений прослеживается замыкание по изогипсе –1150 м, площадь ловушки составляет 16 км². Амплитуда разлома предположительно варьирует от 90 м в купольной части скважины 16-к до 80 м в купольной части, вскрытой скважиной 18-к. Структура по поверхности основного пласта-коллектора $E_1 str_{2-1}$ имеет общий уклон в юго-западном направлении.

Отложения балтийской серии, залегающие в основании кембрийской толщи, представлены породами рытской и страдечской свит.

Рытская свита вскрыта на Кустинской структуре на глубине 1250–1368 м. Он сложена глинами с прослойками алевролитов и песчаников. Глины зеленовато-серые, серые, аргиллито-подобные, алевритовые, слюдистые (особенно на плоскостях напластования), слоистые.

В разрезе **страдечской свиты** выделены четыре литологические пачки, соответствующие двум ритмам осадконакопления.

Пачка 2-1 ($\epsilon_{str_{2-1}}$) вскрыта на глубина 1237–1345 м (табл. 1). На всю мощность она пройдена четырьмя скважинами: 1-оп (14 м), 8-к (12 м), 12-к (15 м), 18-к (13 м). Отложения представлены песчаниками кварцевыми, полевошпатово-кварцевыми с глауконитом. Обломочный материал песчаников состоит из кварца (80–90 %), полевого шпата (5–12 %), глауконита (4–7 %), слюды (1–2 %) и обломков глинистых пород.

Отложения пачки опробованы в Кустинской опорной скважине № 1 по окончании бурения в инт. 1265–1272 м. Получена пластовая вода. Суточный дебит – 393 м³ при динамическом уровне – 200 м; пластовое давление на глубине 1282 м – 128,5 атм; пластовая температура – 36°C; статический уровень – 3,85 м от устья; удельный вес воды – 1,001 г/см³, минерализация – 1,72 г/л. Воды относятся к хлор-кальциевому типу.

Пачка 2-2. Глинистый пласт $\epsilon_{str_{2-2}}$, залегающий непосредственно выше пачки 2-1, полностью повторяет ее контуры. Пачка $\epsilon_{str_{2-2}}$ вскрыта на глубинах 1220,5–1330 м (табл. 1). Представлена глиной зеленой и темно-вишневой, гидрослюдистой, алевритовой, плитчатой, с раковистым изломом, с присыпками слюды по плоскостям напластования. В глинах встречаются прослои и линзы светло-серого мелкозернистого песчаника и алевролита (мощность прослоев от 0,2 до 2 мм, изредка до 1,5 см), придающие породе слоистый облик.

Основная масса породы сложена агрегатными скоплениями гидрослюды с примесью тонкодисперсного каолинита и обломочного материала алевритовой, реже песчаной размерности. Кластический материал сложен кварцем (45–77 %), полевым шпатом (18–33 %) и слюдой (1–20 %), которые концентрируются в линзочки, прерывистые тонкие прослойки и гнезда.

Пачка 3-1 ($\epsilon_{str_{3-1}}$) залегает на глубинах 1209–1317 м (табл. 1). Отложения представлены песчаниками и алевролитами серыми, зеленовато-серыми, кварцево-полевошпатовыми, с глауконитом, глинистым и карбонатным цементом. Обломочная часть представлена кварцем (80–85 %), полевым шпатом (15–20%), а также глауконитом, слюдой, цирконом, гранатом, роговой обманкой, турмалином и другими минералами.

Пачка 3-2 ($\epsilon_{str_{3-2}}$) установлена на глубинах 1156–1268 м (табл. 1). Скважины 13-к, 15-к, 16-к на полную мощность ее не вскрыли, однако видимая мощность составляет 52, 38, 38 м соответственно. Представлены отложения глинами с прослоями песчаников и алевролитов. Глины зеленовато- и голубовато-серые, иногда пестроцветные (в основном красноцветные, коричневые, буровато-красные, сиреневые, бурые), аргиллитоподобные, очень плотные, алевритовые, прослоями переходящие в алевролиты с гнездами и линзами алевролита и песка, слюдистые, в различной степени песчанистые, как правило, тонкослоистые (до листоватых).

Характер пород, слагающих страдечские отложения, указывает, что это типичные морские образования мелководного бассейна. Образовались осадки в условиях восстановительной обстановки, о чем свидетельствует зеленовато-серая и голубовато-серая окраска, наличие пирита и сидерита. Во второй половине раннего кембрия в результате восходящих тектонических движений описываемая территория была приподнята, и на поверхности $\epsilon_{str_{3-2}}$ развилась железисто-каолинитовая кора выветривания.

Отложения **спановской свиты** залегают со стратиграфическим несогласием на страдечских отложениях и перекрываются глинисто-алевролитовыми породами бугской, ставской и орлинской свит, которые ранее относились к нерасчлененным отложениям среднего и верхнего кембрия.

На Кустинской структуре спановские отложения вскрыты на глубинах 1048,0–1152,0 м (табл. 1). Представлены они песчаниками среднезернистыми, разнозернистыми, мелкозернистыми, алевритовыми и алевролитами крупнозернистыми, песчанистыми, чередующимися между собой. Эти породы группируются в крупные (мощностью до 50 м) гранулометрические циклы трансгрессивного ряда. В объеме среднекембрийских отложений выделено два таких цикла, каждый из которых начинается наиболее грубозернистыми разностями песчаников и оканчивается обычно алевролитами. В мелкозернистых песчаниках выделяется три прослоя глин, мощность которых изменяется от нескольких сантиметров до 0,9 м.

Отложения этого возраста опробовались по окончании бурения в Кустинской опорной скважине 1. Водоносными являются кварцевые песчаники, отличающиеся хорошими коллекторскими свойствами. Опробован интервал 1078–1090 м. Суточный дебит – 525 м³ при динамическом уровне 200 м; пластовое давление – 108 атм; статический уровень – 6,5 м от устья; удельный вес воды – 1 г/л.

Отложения **бугской свиты** залегают на отложениях спановской свиты. На Кустинской структуре эта свита вскрыта на глубинах 1005–1110 м (табл. 1). Представлена алевролитами, глинами, реже мелкозернистыми песчаниками, переслаивающимися между собой.

Образования **величковичской свиты** вскрыты всеми скважинами на глубинах 971,5–1076 м (табл. 1). Средняя мощность пласта 37,8 м.

Ставская свита сложена алевролитами, чередующимися с глинисто-алевролитовыми породами, которые представляют тонкое переслаивание глин и алевролитов. Свита вскрыта скважинами на глубинах от 938 до 1035 м (табл. 1). Средняя мощность пласта составляет 34,5 м.

Отложения **орлинской свиты** залегают на глубинах от 910 до 1007 м (табл. 1). Их средняя мощность 29 м. Свита сложен высокопористыми, хорошо проницаемыми песчаниками с прослойями алевролитов и глин. В основной массе песчаники хорошо отсортированы, содержание мелкопсаммитовой фракции составляет 78–90 %.

По данным опробования опорной скважины 1 (инт. 935–950 м), суточный дебит – 525 м³ при динамическом уровне 200 м; пластовое давление на глубине 942 м – 93,5 атм.; пластовая температура на глубине 942 м 31°C, статический уровень 5,57 м от устья; удельный вес воды 1 г/см³. При опробовании испытателем пласта скважина 14 (инт. 1005–1091 м) за 23 минуты дала приток пластовой воды в объеме 2,16 м³, скважина 15 (инт. 947–1011 м) за 24 минуты – 1,4 м³, скважина 18 (инт. 876–916 м) за 15 минут – приток воды 2 м³. Воды орлинской свиты напорные, пресные, минерализация их составляет 0,362–1,366 г/л, по классификации Сулина В.А., относятся к гидрокарбонатно-натриевому (скв. 1, 15) и сульфатно-натриевому (скв. 14 и 18) типам.

Таблица 1

Стратиграфическое расчленение кембрийских отложений, вскрытых на Кустинской структуре
(цифры – глубины залегания кровли стратиграфических подразделений, м)

№ скв.	€ ₂ or	€ ₂ st	€ ₁ vl(bg ₂ IB)	€ ₁ bg ₂ IB	€ ₁ bg ₁ IA	€ ₁ sp	€ ₁ str 3II	€ ₁ str 3I	€ ₁ str 2II	€ ₁ str 2I	€ ₁ rt
1	934	972	1002	1035	1067	1077	1205	1248	1253	1258	1272
8	1005	1033	1072,5	1107	1133,25	1149	1266	1307,5	1330	1338	1350
12	975	996	1041	1078	1101,3	1118	1227	1276	1290	1297	1312
13	925	950	983,5	1025	1052,3	1065	1175		забой в 3-2 1227		
14	998	1030	1050	1103	1130	1147	1265	1317	1324	1345	1368
15	1007	1035	1076	1110	1146,4	1152	1268		забой в 3-2 1306		
16	912	938	971,5	1005	1031,875	1048	1156		забой в 3-2 1194		
18	910	943	977	1013	1042	1052	1170	1209	1220,5	1237	1250

По данным бурения в разрезе кембрийских отложений Кустинской площади выделяется ряд горизонтов с породами, обладающими хорошими коллекторскими свойствами: открытая пористость – 14,7–25,2 %, проницаемость 7,13–240,33 мД (табл. 2).

Таким образом, Кустинская локальная структура имеет аналогичные строение, историю развития и осадконакопления с Прибузской, в пределах которой находится действующее газохранилище.

На Кустинской структуре имеется пласт-коллектор $\epsilon_{1}str_{2,I}$ с хорошими коллекторскими свойствами. Спановский и орлинский горизонты так же, как и на Прибузском поднятии, разделяются надежными флюидоупорами, характеризуются хорошими емкостными свойствами и могут служить резервуарами газа. В качестве надежных покрышек выступают непроницаемая толща ордовикско-силурийских отложений и «синие глины» нижнего кембра.

Таблица 2

**Результаты лабораторных определений коллекторских свойств пород
по скважинам Кустинской площади**

Глубина, м	Свита, пачка	Литоло-гия	Уд. вес	Объемный вес	Общая пористость, %	Окрытая пористость, %	Газопроницаемость, мД
Скважина № 14. Исследован 1 образец							
1068,2– 1069,6	Є ₂ st	Песчаник	2,71	2,13	21,4	17,4	8,62
Скважина № 15. Исследовано 2 образца							
1056,8– 1069,9	Є ₂ st	-“-	2,71– 2,74	2,14–2,20	19,7–21,0	17,2–18	
Скважина № 14. Исследовано 2 образца							
1085,2– 1101	Є ₁ vl	-“-	2,68– 2,71	2,02–2,19	19,1–24,6	16,1–21,9	7,31–20,75
Скважина № 15. Исследован 1 образец							
1092,3– 1083,9	Є ₁ vl	-“-	2,76	2,24	18,8	15,4	
Скважина № 14. Исследовано 8 образцов							
1149,3– 1253,6	Є ₁ sp	-“-	2,67– 2,70	2,04–2,15	19,7–27,2	14,7–25,2	7,13–240,33
Скважина № 15. Исследовано 4 образца							
1154,9– 1242,6	Є ₁ sp	-“-	2,69– 2,71	2,02–2,14	20,4–24,9	17,5–24,4	
Скважина № 14. Исследован 1 образец							
1318,0– 1319,0	Є ₁ str ₃₋₁	-“-	2,68	2,20	17,9	15,8	41,29

Приведенные данные свидетельствуют о возможности подготовить Кустинскую структуру в качестве объекта для подземного хранилища газа. Для этого необходимо выполнить сейсмические исследования для подготовки ловушки.

Список литературы

1. Геология Беларуси / ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.

РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Т.Т. Абрамова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: attoma@mail.ru*

Взрывы при разработке полезных ископаемых часто производятся вблизи зданий и сооружений. Возникает ряд проблем, требующих решения. Одной из них является оценка эффективности различных мероприятий по устранению или ослаблению колебаний, распространяющихся в грунтах. Анализ отечественных публикаций показал перспективность эффективного применения комплексного экранирования взрывания.

Ключевые слова: взрывы, сейсмическая безопасность, полезные ископаемые, экраны.

SAFETY METHODS IN DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS

Т.Т. Abramova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

During the extraction of minerals there are often explosions near buildings and structures. This consequence causes a number of problems that require solutions. One of them is evaluation of the effectiveness of various measures to eliminate or reduce fluctuations that propagate in the soils. Analysis of domestic publications has shown a perspective of an effective application of complex explosion shielding.

Keywords: Explosions, seismic safety, minerals, shields.

В настоящее время объемы взрывных работ при разработке месторождений полезных ископаемых возрастают. Одновременно с этим повышаются и требования к качеству проведения промышленных взрывов. Сейсмические колебания являются одним из проявлений вредных эффектов взрыва. Необходимость повышения безопасности ведения взрывов возникает в связи с приближением в ряде случаев фронта взрывных работ к ранее построенным промышленным и гражданским объектам.

Поэтому при выборе безопасных режимов взрывания, основываясь на существующих нормативных данных, фактическом состоянии охраняемых объектов, сроках их эксплуатации, степени ответственности и т. д., исходят из того, чтобы уровень сейсмического действия взрыва не превысил допустимого значения. Так, неоправданное увеличение веса заряда при взрыве может причинить большой ущерб, связанный с нарушением устойчивости сооружений и конструкций, нарушить сохранность ценных кристаллов, устойчивость бортов карьеров, горных выработок, а также установившийся режим подземных вод.

Основным документом, регламентирующим сейсмобезопасные условия производства взрывных работ, являются «Правила безопасности при взрывных работах» (далее – ПБВР) [4]. При расчете сейсмобезопасных расстояний (радиуса сейсмоопасной зоны) при мгновенном или короткозамедленном взрывании (далее – КЗВ) в ПБВР учитываются свойства грунта в основании охраняемого сооружения и в месте производства взрывных работ (обводненность грунта), тип сооружения, характер застройки, условия взрывания (камуфлированный взрыв, взрыв на выброс и др., а также число групп зарядов и интервал замедления при КЗВ).

В России в качестве критерия сейсмической опасности взрывов принята величина векторной скорости смещения грунта у основания сооружения. Этот параметр является определяющим сейсмической опасности взрывов в основных нормативных и технических документах.

В связи с этим наиболее актуальными исследованиями являются разработка различных способов управления энергией взрыва и уменьшения его вредного воздействия.

Глубокий анализ механизма разрушения горных пород взрывом и описание методов управления им выполнены Мельниковым Н.В., Садовским М.А., Шемякиным Е.И., Бронниковым Д.М., Миндели Э.О., Григоряном С.С., Баумом Ф.А., Власовым О.Е., Покровским Г.И., Родионовым В.Н., Демидюком Г.П., Ханукаевым А.Н., Кусовым Н.Ф., Петровым Н.Г., Моринцом В.Н. и др. Их работы позволили наметить основные пути повышения эффективности взрывных работ в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в добывающей промышленности.

В результате взрывов зарядов взрывчатых веществ и протекания сопутствующих процессов деформирования и разрушения происходит интенсивное динамическое нагружение горных пород. При этом в них возникают поверхности разрыва давлений, плотностей, скоростей и температур. Их исследованию на базе гидродинамической теории распространения ударных и взрывных волн посвящены многие работы К. Ренкина, Х. Гюгонио, Зельдовича Я.Б., Станюковича К.П., которые создали теоретические основы нестационарных плоских, цилиндрических и сферических волн.

Существенный вклад в развитие волновых процессов и методов их изучения внесли отечественные ученые Седов Л.И., Лехов Г.М., Григорян С.С., Садовский М.А., Христианович С.А., Шемякин Е.И. и др.

Адушкин В.В., Бронников Д.М., Волох А.С., Спивак А.А., Спунгин В.Г. и др. считают, что одним из важных технологических приемов, позволяющих активно вмешиваться в процессы деформирования и разрушения среды при взрыве (ослабление сейсмического эффекта, управление процессами, связанными с разрушением горной породы), является создание во взываемой среде экранов из тонких слоев разрушенной породы и щелей (как искусственно созданных, так и естественного происхождения, например, крупной трещины или тектонического разлома), нужным образом оконтуривающих взрывной источник.

С целью наиболее эффективного и экономичного применения экранированного взрывания и мероприятий по его совершенствованию Волох А.С. разработал их классификацию [3]. Основным признаком в ней является способ экранирования и связанные с ним разрушенный и охраняемый объект массива. Наиболее перспективным является комплексное экранирование действия взрыва, так как оно позволяет повысить эффективность взрывного разрушения (увеличение объема дробления породы) и снизить сейсмическое воздействие в охраняемой зоне в наибольшей степени.

Степень экранизации взрывных волн в горном массиве (B) и степень эффективности его разрушения (D) определяются через потенциалы массовых скоростей в отраженных, преломленных и дифрагированных от экрана волнах напряжений, затем они сравниваются с потенциалами массовых скоростей в среде без экрана.

Комплексное применение экранов и определение их оптимальных параметров основано на использовании теории потенциалов и дисконтинуума с учетом криволинейности профиля взрывной волны и дискретности среды в экране. Степень экранизации может быть рассчитана по уравнению:

$$B = \frac{c(1 + \frac{P}{P_0})}{c + C_0} e^{\delta/\lambda(1 + 0,03^H/l)} (1 + 0,21 \frac{\lambda}{R_0}), \quad [2]$$

где C , ρ , C_0 , ρ_0 – скорость распространения взрывной волны и плотность среды соответственно в породе и экране;

δ – ширина экрана;

λ – длина волны напряжений, определяемая разницей во времени появления трещин и фронта волны в точке R_0 ;

l – глубина основных зарядов ВВ;

H – глубина экрана;

R_s – расстояние от комплексного экрана до экранируемого ряда зарядов.

По результатам установленной связи между процессами экранирования и разрушения горного массива при расположении экранирующих слоев на границе ожидаемых разрушений в зоне действия волн напряжений с криволинейным фронтом и конечным значением амплитуд установлены эмпирические зависимости вида $(1-D)^\alpha B^\beta = A$, где $D = 1 - \frac{h}{H}$ (h – средний выход негабарита). Для крепких пород $\alpha = 1$, $\beta = 1/3$, $A = 0,2$; для пород средней крепости $\alpha = 1$, $\beta = 1/4$, $A = 0,1$. Взрывы, проведенные в крепких горных породах и породах средней крепости, показывают, что форма экрана должна быть близкой к форме экранируемых взрывных волн. В этом случае разрушение через экран не проникает.

Местоположение комплексного экрана R_s относительно одиночного заряда или ближайшего к нему ряда скважин является определяющим параметром при экранировании действия взрыва. Наиболее рациональное расстояние от экрана до ближайшего к нему ряда скважин с точки зрения степени дробления составляет 0,54–0,6 длины волны напряжений.

Длины волн напряжений, распространяющиеся в экране, составляют 10–100 м, ширина экрана на один-два порядка меньше. Уменьшение степени экранирования B при более близком расположении заряда относительно экрана обусловлено влиянием дифрагированных волн, образованием и распространением ударной волны в самом экране при переходе от неплотной к плотной упаковке, которая за счет особенностей процесса сжатия может распространяться и с дозвуковой скоростью. Эта волна и наносит «короткий» удар по внешней стенке экрана.

С увеличением расстояния от заряда до экрана (> 100 м) независимо от отношения глубины заряда к глубине экрана степень экранирования значительно уменьшается (с 8–8,5 до 1,7–2). При увеличении расстояния до 160 м от заряда экранирование практически отсутствует [3].

К определяющим характеристикам процесса управления действием взрыва при экранировании относятся ширина, глубина и протяженность экранов. С увеличением ширины экрана энергия проходящей волны монотонно уменьшается. В диапазоне, наиболее важном для практики, на основе анализа результатов отношения ширины экрана δ к длине волны λ (от 0,05 до 0,8) и отношения глубины зарядов к глубине экрана ($l/H = 0,3; 0,4$ и 0,5) можно управлять амплитудой суммарного смещения частиц горной породы и потоками массовых скоростей в массиве.

В разрушаемой зоне имеет место увеличение массовой скорости (также степени и объема дробления) в среднем на 80–90 %, что объясняется отражением падающих и дифрагированных волн и их взаимодействием.

При увеличении ширины экрана меняется и доля энергии волн, отраженных от экрана. Для экранирования в горных породах значение $\delta = 0,7 \div 0,8\lambda$ является наиболее рациональным, так как дальнейшее увеличение ширины экрана не приводит к заметному снижению доли сейсмической энергии в охраняемой зоне.

В работе [2] установлено, что при ширине экрана $0,7\lambda$ и перемещении внутренней (ближней к взрыву) стенки экрана массовые скорости в охраняемой зоне уменьшаются практически в два раза в сравнении с массовыми скоростями при больших значениях отношения δ/λ и взрывами без экрана. Суммарное смещение внутренней стенки экрана составит в этом случае $0,01\lambda$. При таком перемещении коэффициент трещинной пустотности n_{tp} должен быть не менее 0,4.

На основании вышеизложенного можно считать рациональным применение экранов шириной до 20 м (при длинах волн напряжений до 30 м) для слоев раздробленной породы, а для щелей, заполненных раздробленным материалом, ширина экрана составляет около 0,6 м (при коэффициенте трещинной пустотности $n_{tp} = 0,5$).

С учетом данных работы [2] протяженность экранов должна составлять $L + 1,5R_s$, где L – длина экранируемого ряда зарядов.

Степень дробления породы между зарядом и экраном зависит от места расположения щели (ее удаленности от места взрыва).

Кроме этого, необходимо отметить, что оконтуривание взрывного источника щелевым экраном с четырех сторон повышает эффективность взрыва в 1,35 раза. Если же щель ограничивает блок породы только с одной стороны, то ожидаемый эффект составляет около 10 % от энергии взрыва [1].

Представленный способ комплексного экранирования успешно использовался на многих месторождениях полезных ископаемых (Байкальских и Карельских гранитных карьерах, Джезказганском ГМК, Ново-Раздольском ГОКе, Ткибульском комбинате «Грузуголь», шахтах ПО «Донецкуголь» и др.).

Возможность рассмотренного комплексного экранирования и степень эффективности разрушения в охраняемой и разрушающей зонах в значительной степени определяются отношением волновых сопротивлений экрана и массива, а также местоположением экрана в зависимости от длины распространяющейся в нем волны. Степень защиты зависит от ширины экранируемого слоя, а также длины распространяющейся в нем волны.

Положение экрана на границе зоны трещинообразования позволяет увеличить степень дробления в разрушающей зоне за счет перенапряжения отраженными и дифрагированными волнами напряжений.

Эффективность экранированного взрывания во многом зависит от точности расчета и регулирования параметров управления при взрывах.

Решение вопросов управления этими процессами позволит повысить как полноту и экономичность извлечения полезных ископаемых, так и безопасность труда, эффективно использовать современную высокопроизводительную технику и прогрессивную технологию, а также существенно снизить влияние сейсмических волн на окружающую природную среду и инженерные сооружения.

Список литературы

1. Адушкин, В.В. Подземные взрывы / В.В. Адушкин, А.А. Спивак. – М.: Наука, 2007. – С. 399–413.
2. Волох, А.С. Расчет параметров управления действием взрыва с помощью экранирования в разрушающей и охраняемой зонах горного массива // Вопросы управления состоянием горного массива. Научные сообщения ИГД им. А.А.Скочинского. – 1984. – Вып. 224. – С. 68–75.
3. Волох, А.С. Основы управления действием взрыва с помощью экранирования / А.С. Волох. – М.: Наука, 1988. – 224 с.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности при взрывных работах. Сборник документов. – 2014. – Сер. 13. Вып. 14. – М.: ЗАО «Научно-техн. центр исследований проблем промышленной безопасности». – 332 с.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Т.В. Андреева, С.Д. Балыкова, О.С. Барыкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: andreeva@geol.msu.ru

В статье охарактеризованы состав, строение и свойства песков, сформировавшихся в при- и внутриледниковых озерах севера-запада Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: озерно-ледниковые пески, слоистость, камы.

ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE GLACIOLACUSTRINE SAND DEPOSITS OF NORTH-WESTERN PART OF EAST EUROPEAN PLATFORM

Т.В. Andreeva, С.Д. Balykova, О.С. Barykina

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The composition, structure and properties of sands formed in the glacial and intraglacial lakes of the north-western part of the East European platform are described in the paper.

Keywords: glaciolacustrine sands, lamination, kame.

Озерно-ледниковые отложения входят в состав группы водно-ледниковых образований и являются осадками озер, которые питались талыми водами ледника. Среди них обособляются отложения приледниковых и внутриледниковых озер.

Шире развиты отложения **приледниковых** озер, которые образовались перед фронтом ледниковых покровов или в их пределах после стаивания мертвого льда. Отложения локальных и региональных приледниковых озер отмечаются по всей территории Карелии, на западе Кольского полуострова, в Новгородской, Псковской и Ленинградской областях, а также в верховьях Западной Двины, в бассейне Вычегды, в Мезенской, Северо-Двинской, Мошинской, Мещерской и др. низинах (Россия), в пределах Полоцкой, Дисненской, Суражской, Дриссенской низин (Беларусь), на юго-востоке и западе Эстонии, на Видземской возвышенности и Восточно-Латгальской низменности (Латвия) и др. [1, 2, 5, 9].

Мощность отложений локальных озер измеряется первыми метрами, иногда достигая 10–15 м, региональных приледниковых озер – от 15 до 50 м [5]. Отложения представлены песками, супесями, но в основном суглинками и глинами, нередко ленточными. Пески обычно тонкозернистые до крупнозернистых различной сортировки, с редкими прослойками гравия (прибрежная фация), с линзами и прослоями глин и суглинков.

Глинистые осадки часто слоистые, безвалунные, с линзами песка, гравия и гальки [5]. Слоистая текстура обусловлена ритмическим чередованием тонких прослойков глины и пыли или тонкого пылеватого песка. Переход между прослойками постепенный.

Песчаные грунты имеют подчиненное развитие, но на отдельных участках они играют существенную роль. Например, в пос. Харлу, г. Сортавала под ленточными глинами залегает слой мощностью до 4,0 м. В г. Лахденпохья 2–5-метровый слой песка венчает толщу глин и суглинков [9]. Пески обычно пылеватые, реже мелкие, серого, желтовато-серого цвета, с пятнами более темной окраски [2].

Данные по минеральному составу приледниковых песков немногочисленны. Песчаная фракция отложений верхневалдайского ледникового комплекса Карелии состоит в основном из кварца (80 %) и полевых шпатов (18 %), в небольшом количестве присутствуют амфиболы и пироксены (до 2 %) и т. д. Пылеватая фракция представлена кварцем (86 %), в небольшом количестве могут присутствовать слюды, главным образом биотит, встречаются карбонаты. Глинистая фракция состоит в основном из гидрослюд. Наличие гидрослюд объясняется авторами тем, что в условия низких температур проявляется лишь начальный этап процесса химического выветривания алюмосиликатов [2].

В озерно-ледниковых песках Беларуси тяжелая фракция присутствует в количестве 0,43–1,85 %, причем чем выше содержание фракции 0,1–0,05 мм в породе, тем выше выход тяжелой фракции. Главные составляющие – ильменит, гранат, амфиболы, турмалин, циркон, нередко эпидот и рутил. В меньших количествах содержатся лейкоксен, лимонит, ставролит, магнетит, пироксены и др. Легкая фракция состоит в основном из кварца, полевых шпатов, мусковита [1].

По гранулометрическому составу приледниковые пески неоднородны. Как правило, они представлены мелкими и пылеватыми разностями. По данным Левкина Ю.М. и др. [2] в составе пылеватых песков в среднем преобладающей является фракция 0,05–0,005 мм (12,1–83,3 %), содержание которой порой превышает содержание песчаных фракций.

Даже в пределах одной и той же литологической разности наблюдаются отличия в содержании разных фракций. Так, в лужских пылеватых песках г. Санкт-Петербурга преобладает тонкопесчаная фракция (56,3 %), а в пылеватых песках г. Питкяранта и I балтийского ледникового озера более крупные фракции [3, 10]. Отложения II балтийского ледникового озера представлены в основном песками различной крупности, они отличаются от песков I балтийского ледникового озера повышенным содержанием фракций крупнее 0,5 мм, в том числе гравелистых частиц [10].

В озерно-ледниковых песках Беларуси преобладают две фракции: 0,1–0,05 мм или 0,25–0,1 мм. При преобладании последней пески относятся к мелкозернистым. Первая содержится в количестве 20–75%, вторая 5–65%. Содержание частиц < 0,05 мм варьирует от 1–5 до 30–40 % (20–30 % в среднем) [1].

Таким образом, приледниковые пески представлены преимущественно мелкими и особенно пылеватыми разностями. В отдельных слоях содержится так много пылеватых частиц, что они уже являются связанными грунтами.

Неоднородность гранулометрического состава песков приледниковых отложений предопределяет высокую неоднородность их свойств. Характерной особенностью песков является высокая влажность (в среднем 21–22 %). Пески часто насыщены водой. Плотность твердых частиц колеблется незначительно, что обусловлено близостью минерального состава, и составляет 2,65–2,7 г/см³. Плотность грунта колеблется в широких пределах: от 1,48 до 2,15 г/см³. Эти грунты обладают высокой пористостью – до 46 %, но чаще она составляет 38–42 %.

Угол внутреннего трения варьирует в широких пределах: 27–35°. Модуль деформации составляет 10–30 МПа. Однако у средне- и крупнозернистых песков, встречающихся в краевых частях приледниковых озерных бассейнов, он может достигать 50 МПа [4]. Модуль общей деформации песков Карелии и запада Кольского полуострова, по данным опытных нагрузок на штампы, находится в пределах 30–35 МПа, по результатам статистического зондирования в пределах 15–27 МПа. Результаты динамического зондирования указывают на большую неоднородность песков по сжимаемости, но модуль общей деформации всех разностей песков, встречаемых в разрезе, как правило, не ниже 15 МПа. Значения угла внутреннего трения у песков оцениваются по данным статического и динамического зондирования в 33–35° [5].

Приледниковые пески, если мощность их равна или превышает мощность активной зоны возведимого здания или сооружения или они залегают на более прочных породах (морене, скальных грунтах), могут служить более или менее надежным основанием. Но необходимо учитывать, что в толще песка часто встречаются прослойки, линзы, пятна глинистых грунтов, что эти пески являются пылеватыми, водонасыщенными, при замерзании таких грунтов интенсивно развивается процесс пучения. Зачастую грунты характеризуются достаточно высокой сжимаемостью и тиксотропией [3, 8]. При полном водонасыщении и при нарушенном сложении эти пески могут проявлять плавунные свойства [4, 9].

К озерно-ледниковым относятся также отложения озер, возникающих в пределах полей мертвого льда (*внутриледниковые*). После окончательного таяния ледника эти озерные осадки проектируются на основную морену, образуя в рельефе холмы – лимнокамы. **Флювиокамы** – это хорошо выраженные в рельефе крутосклонные холмы округлой или продолговатой формы высотой 10–20 и более метров, сложенные песчано-галечными отложениями, располагающиеся у края покровных ледников и образовавшиеся в результате аккумулятивной

деятельности проточных ледниковых вод [11]. Камовые отложения как грунты в настоящее время изучены слабо и характеризуются совместно. Отложения камов характерны для областей материкового покровного оледенения, и значительно реже они встречаются в областях горного оледенения. Основными областями распространения камов являются Кольский п-ов и Карелия. Камы также распространены в пределах озерно-ледниковых равнин Московской и Балтийской синеклизы, Белорусской антеклизы.

Камы представляют собой холмы округлой, овальной, неправильной формы высотой до 40–50 м (в среднем 15–20 м), которые встречаются по одиночке или образуют скопления [11]. Одиночные камы имеют вид отдельных конусов с довольно крутыми склонами (30–45°), крутизна которых определяется составом слагающих их грунтов. Диаметр круглых холмов у основания может быть от 20–50 до 100–200 м, реже больше. Овальные холмы и холмы неправильной формы имеют длину подошвы до 600 м, а ширину – до 100–300 м [9]. Они характеризуются сравнительно плоскими вершинами, часто асимметричными склонами крутизной 15–40° [2]. Также распространены камовые террасы, которые наиболее четко выражены в горных районах западной части Кольского п-ова и Сев. Карелии [5].

Нередко камы сливаются в «камовые поля», образующие неправильной формы возвышенности, занимающие значительные площади. В их пределах холмы расположены на различных расстояниях друг от друга – от десятков до сотен метров, иногда они сливаются своими основаниями [4].

В связи с разнообразным режимом водоемов и впадающих в них потоков талых вод камовые отложения пестры по литологическому составу. Встречаются разности от валунников до глин, но преобладают пески мелкие, тонкие, пылеватые и средней крупности, а также супеси. В южной и юго-восточной Карелии эти образования нередко отличаются супесчаным, суглинистым и даже глинистым составом. Гравийно-галечный материал может образовывать отдельные маломощные прослойки или присутствовать в виде включений. Однако в камовых (флювиокамы) отложениях Беларуси гравийно-галечные фракции играют существенную роль [1]. Отложения лимнокамов в отличие от флювиокамов сложены более дисперсными отложениями: суглинками, супесями, реже песками и гравием.

Переслаивание грунтов различного гранулометрического состава придает отложениям четко выраженную слоистую текстуру. Слоистость обычно горизонтальная (лимнокамы), реже косая и перекрещивающаяся (флювиокамы), иногда наблюдается их сочетание. Встречается «облекающая» слоистость.

В основании камов залегают моренные либо скальные грунты докембрия. С поверхности камы холмы часто перекрыты аблационной мореной мощностью до 3–5 м, но чаще меньше. Наличие морены свидетельствует о том, что камы образовались в замкнутом внутритечниковом озере, моренный чехол остался на поверхности в виде аблационной морены после полного таяния ледника. Моренный покров имеет четкую границу с камовыми отложениями [2, 4, 9].

Тяжелая фракция в камовых песках Беларуси содержится в незначительном количестве (0,27–0,72 %) и представлена в основном амфиболами, гранатами, ильменитом, лимонитом, цирконом. В меньшем количестве встречаются магнетит, турмалин, рутил, лейкоксен, пироксены и др. Легкая фракция состоит из кварца, полевых шпатов, карбонатов [1]. В минеральном составе камовых песков Карелии преобладают полевые шпаты и кварц, суммарное содержание которых выше 80 %. Помимо них в составе постоянно присутствуют иллит и хлорит. Содержание каждого из них может достигать 5–6 %. Содержание амфиболов составляет первые проценты. Иногда присутствуют пироксены, каолинит и монтмориллонит. Таким образом, пески преимущественно кварц-полевошпатовые [6].

Камовые пески района с. Пряжа (Карелия) по классификации Сергеева Е.М. относятся к пескам гравелистым, чистым или пылеватым, преимущественно неотсортированным, от крупных до тонко-мелкозернистых. Пески неоднородны по гранулометрическому составу, содержат большое количество пылеватой фракции. Окатанность зерен средняя [6, 9].

Камовые пески имеют незначительную влажность, если не служат водоносным горизонтом, сравнительно высокую пористость (37–42 %), большой угол внутреннего трения (29–38°), незначительную величину сцепления (0–0,006 МПа), высокий модуль деформации

(28–40 МПа). Они могут служить вполне надежным основанием, но всегда необходимо помнить, что присутствие прослоев и линз супесей, суглинков, гравийно-галечного материала придает этим отложениям неоднородные физико-механические свойства на всю их мощность [2, 9].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-05-00944а.

Список литературы

1. Горелик, З.А. Пески БССР и их промышленное использование / З.А. Горелик, Э.Д. Мишагова, Э.А. Левков. – Минск.: Изд-во АН БССР, 1961. – 172 с.
2. Грунты Карелии / Ю.М. Левкин, Б.И. Серба, В.А. Самохвалов и др. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 212 с.
3. Здобин, Д.Ю. Физико-механические свойства пылеватых грунтов озерно-ледниковых отложений Санкт-Петербурга / Д.Ю. Здобин, Л.К. Семенова // Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 154–160.
4. Инженерная геология СССР. Платформенные регионы европейской части СССР. Кн. 1 / Под ред. И.С. Комарова, Д.Г. Зилинга, В.Т. Трофимова. – М.: Недра, 1992. – 271 с.
5. Инженерная геология СССР. Т.1. Русская платформа. – М.: МГУ, 1978. – 528 с.
6. Какурина, М.О. Особенности состава и строения водно-ледниковых песчаных грунтов / М.О. Какурина, С.Д. Балыкова // Инженерные изыскания в строительстве: Мат-лы. седьмой научно-практической конференции молодых специалистов. – М.: ПНИИИС, 2011. – С. 12–16.
7. Козлова, В.А. Юшкозерская плотина на р. Кеми / В.А. Козлова, М.С. Маслова // Геология и плотины. – Том XII. Глава 7. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – С. 178–190.
8. Мангушев, Р.А. Строительство подземных паркингов в центральной части Санкт-Петербурга / Р.А. Мангушев, М.А. Зайцев, Е.Б. Лашкова и др. // Геотехника. – 2015. – № 3. – С. 44–57.
9. Серба, Б.И. Инженерно-геологические свойства грунтов Карелии / Б.И. Серба. – Петрозаводск: Карелия, 1975.
10. Фурса, В.М. Строительные свойства грунтов района Ленинграда / В.М. Фурса. – Л.: Стройиздат, 1975. – 143 с.
11. Чистяков, А.А. Четвертичная геология / А.А. Чистяков, Н.В. Макарова, В.И. Макаров. – М.: ГЕОС, 2000. – 303 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ЮГА БЕЛАРУСИ

С.Е. Баранцева¹, А.И. Позняк², Ю.А. Климош¹

¹ Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь

e-mails: svetbar@tut.by; klim-aspir@mail.ru

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

e-mail: poznyak.a87@gmail.com

Приведены результаты исследований по получению стекол, стеклокристаллических, керамических материалов, пористых заполнителей и покрытий с использованием гранитоидов и базальтов юга Беларуси и сформулированы технологические основы их синтеза.

Ключевые слова: сырьевая база, гранитоиды, базальты, силикатные материалы, технология.

TECHNOLOGICAL BASIS OF SYNTHESIS OF SILICATE MATERIALS AND PRODUCTS OF VARIOUS PURPOSES BASED ON THE MAGMATIC ROCKS OF THE SOUTH OF BELARUS

S.E. Barantseva¹, A.I. Pozniak², Yu.A. Klimosh¹

¹ Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

² National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia

The research results on the production of glasses, glass-ceramics, ceramic materials, porous aggregates and covers using granitoids and basalts of the south of Belarus are presented as well as the technological bases of their synthesis are formulated.

Keywords: raw materials, granitoids, basalts, silicate materials, technology.

Расширение минерально-сырьевой базы силикатной промышленности Беларуси, являющейся основным изготовителем и поставщиком керамических строительных материалов, изделий из стекла, теплоизоляционных материалов из минеральных волокон, пористых заполнителей для легких бетонов и др., представляется в настоящее время актуальной и требующей оперативного решения задачей.

Гранитоиды Микашевичского месторождения строительного камня и базальты Пинского участка юга Беларуси, по химико-минеральному составу, как первому и основному признаку пригодности сырья для получения силикатных материалов, являются многофункциональной основой, поскольку могут быть использованы как исходный и дополнительный компонент сырьевых композиций силикатных материалов широкого диапазона назначения. По данным [3] балансовые запасы гранитоидов разрабатываемого Микашевичского месторождения по промышленным категориям составляют около 320 млн т.; прогнозируемые запасы базальтов и базальтовых туфов, как потенциально перспективного сырья, – более 85 млн т. В настоящее время имеется реальная возможность использования гранитоидов Микашевичского месторождения путем утилизации отсевов некондиционных фракций, образующихся при производстве дорожного щебня, что может внести весомый вклад в улучшение экологической ситуации за счет освобождения значительных площадей, занятых отходами вблизи действующего горно-перерабатывающего предприятия РУПП «Гранит».

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований возможности синтеза силикатных материалов различного назначения, проведенных на кафедре технологии стекла и керамики Белорусского государственного технологического университета. Пробы базальтов и гранитоидных отсевов предоставлены филиалом «Институт геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии», а также Микашевичским РУПП «Гранит», соответственно.

Известно, что получение силикатных материалов основано на использовании высокотемпературных процессов (синтез стекол, термическая обработка с целью кристаллизации, спекание керамических материалов и др.), поэтому наряду с химическим и минеральным составом важная роль отводится технологическим характеристикам горных пород и их расплавов, а также параметрам получения материалов, которые в зависимости от назначения различны и многообразны [4]. Следует отметить, что при получении конкретных силикатных материалов избирательно прогнозируются и изучаются составы сырьевых композиций, обеспечивающие возможность синтеза материалов широкого диапазона – стекол, стеклокристаллических материалов (петроситаллов), каменного литья, минеральных волокон, керамических материалов, пористых заполнителей, разделительных покрытий для кокильного литья алюминиевых сплавов, а также жароупорных безобжиговых изделий для футеровки тепловых агрегатов. Вместе с тем существует ряд критериев, которые позволяют оценить пригодность горных пород для синтеза конкретного вида силикатного материала [1]. Однако в большинстве случаев они применимы для получения изделий из чистых пород, а при использовании многокомпонентных составов технологические свойства смесей при высоких температурах определяются особенностями взаимодействия составляющих компонентов и их взаимным влиянием, что обуславливает необходимость изучения вышеуказанных характеристик материалов в привязке к конкретному виду получаемых изделий.

Граниты относятся к классу кислых магматических горных пород с высоким содержанием кремнезема (SiO_2 63–78 %), базальты – к основным породам с низким содержанием кремнезема (SiO_2 45–52 %) [2]. Помимо этого, есть и другие различия в химизме пород: базальты богаче оксидами магния, титана, железа; граниты – как правило, оксидами щелочных металлов. Отличия в минеральном составе пород отражаются в их химическом составе. В базальтах, помимо полевых шпатов (средний-основной плагиоклаз, реже калиевый полевой шпат), в значимых количествах (до 50 об. %) присутствуют фемические (оливин, пироксены) и рудные минералы. В минеральном составе гранитов доминируют полевые шпаты (кислый-средний плагиоклаз и калиевые полевые шпаты) и кварц; в незначительном количестве (до 7–10 об. %) могут присутствовать фемические минералы (пироксены, амфиболы, слюды) и рудные минералы.

При проведении исследований использованы валовые пробы гранитоидных отсевов и базальтов (табл. 1).

Таблица 1
Усредненный химический состав гранитоидных отсевов и базальтов

Исследуемая валовая проба	Содержание оксидов, %									
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	TiO_2	P_2O_5	MnO	ппп
Гранитоиды	61,64	14,86	4,38	3,32	8,94	2,52	0,93	0,35	0,19	2,87
Базальт	46,11	11,49	5,0	7,87	14,0	4,30	1,74	0,31	–	9,18

Для определения критериальных технологических характеристик пород, таких как температура начала плавления и образования расплава, проведена градиентная термическая обработка проб пород и дифференциально-сканирующая калориметрия. Результаты исследований позволили определить, что интервал «температура начала плавления – образование расплава» для валовой пробы гранитоидов составляет 1165–1300 °C; для валовой пробы базальта – 1140–1280 °C, что объясняется различием химического состава пород по содержанию тугоплавких оксидов кремния и алюминия, оксидов железа и щелочных металлов. Исследования по получению различных силикатных материалов проводились в соответствии с направлениями, приведенными на рис. 1.

Новым, ранее не изученным направлением является исследование возможности применения гранитоидов и базальта для получения разделительных покрытий, используемых для защиты стальных кокилей при литье алюминиевых сплавов, а также жароупорных тугоплавких безобжиговых изделий для футеровки тепловых агрегатов.

В зависимости от назначения материала сырьевые композиции дополнялись компонентами, позволяющими регулировать вязкость стекол, их кристаллизационную способность, специфические свойства расплавов для минеральных волокон, спекание керамических масс, способность всучивания при синтезе пористого материала. При создании разделительных покрытий и безобжиговых жароупорных материалов использовались алюмофосфатное связующее (АФС) или экстракционная фосфорная кислота, пластичный компонент (глина).

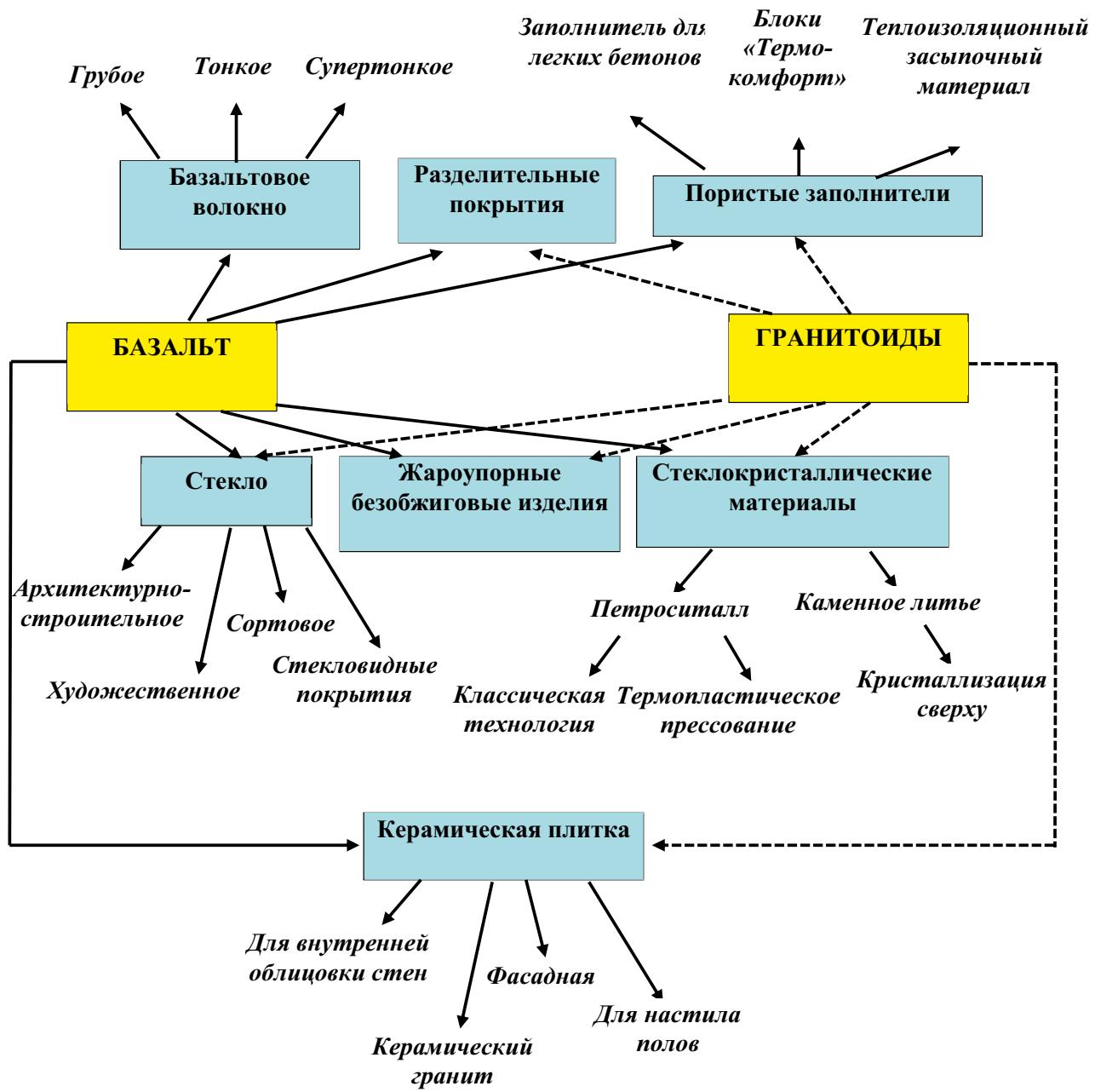


Рисунок 1. Основные направления исследования

Качественный состав сырьевых композиций для синтеза различных силикатных материалов приведен в табл. 2, основные технологические стадии их получения – в табл. 3.

В результате проведенных исследований подтверждена перспективность использования гранитоидных отсевов Микашевичского месторождения и белорусских базальтов Пинского участка для получения стекол, стекловидных, керамических и пористых материалов, петроситаллов и каменного литья.

Таблица 2

Качественный состав сырьевых композиций для синтеза силикатных материалов

№	Синтезируемый материал	Компоненты сырьевой композиции
1	Сортовое и художественное стекло	Гранитоиды или базальт, кальцинированная сода, мел, глинозем технический
2	Петроситалл	Гранитоиды или базальт, кальцинированная сода, мел, доломит, оксид хрома или хромитовая руда
3	Каменное литье	Гранитоиды или базальт, кальцинированная сода, доломит, магнезит, оксид хрома или хромитовая руда
4	Минеральное волокно	Базальт, доломит, известняк
5	Пористый заполнитель	Гранитоиды или базальт, глина, вспениватель (карбид кремния), связующее (КМЦ), вода
6	Керамические плитки	Глина огнеупорная, каолин, полевой шпат, гранитоиды или базальт (в зависимости от назначения)
7	Разделительные покрытия	Гранитоиды или базальт, алюмофосфатное связующее или экстракционная фосфорная кислота, глина, вода
8	Жароупорные безобжиговые изделия	Гранитоиды или базальт, алюмофосфатное связующее или экстракционная фосфорная кислота, вода

При этом содержание горных пород в сырьевых композициях составляет 80–93 мас. %. Не исключается возможность получения методом термопластического прессования малогабаритных ситалловых изделий сложной конфигурации, в частности, износостойкой нитепроводящей гарнитуры для оборудования легкого машиностроения и индустриального текстиля методом термопластического прессования.

По экспериментально определенным технологическим характеристикам исследованного базальта (температура образования расплава, вязкость и краевой угол смачивания) и проведенным исследованиям синтезированных стекол, сделан вывод о пригодности базальта для получения базальтовых волокон высокого качества.

При изучении возможности использования гранитоидов и базальтов для получения керамогранита по результатам определения водопоглощения, являющегося критериальным показателем при производстве керамического гранита, в совокупности с декоративными характеристиками полученных образцов, подтверждена целесообразность их использования в сырьевых композициях в количестве 6–12 мас. % взамен кварц-полевошпатовых материалов.

Таблица 3

Технологические стадии получения силикатных материалов

№	Материал	Технологические стадии получения
1	Сортовое и архитектурно-художественное стекло	Подготовка сырьевой композиции (шихты) → варка стекла при температуре 1420–1430 °C с выдержкой 1 ч. → выработка методами отливки или прессования при температуре 1200–1230 °C → отжиг при температуре 580–610 °C (45–60 мин) → охлаждение
2	Петроситалл	Подготовка сырьевой композиции (шихты) → варка стекла при температуре 1440–1460 °C с выдержкой 1 ч. → выработка методами отливки или прессования при температуре 1200–1230 °C → отжиг при температуре 580–610 °C (45–60 мин) → охлаждение → кристаллизация при 800–820 °C в течение 1 ч. → охлаждение
3	Петроситалл (термопластическая технология)	Подготовка сырьевой композиции (шихты) → варка стекла при температуре 1440–1460 °C с выдержкой 1 ч. → получение стеклогранулята отливкой в воду → сушка → тонкий помол до удельной поверхности 5000–6000 см ² /г → приготовление литейной массы с пластификатором (парафином) → термопластическое прессование под давлением в многоместной форме → удаление связки (нагрев до 600 °C) → спекание и кристаллизация при 1050 °C, 1 ч. → охлаждение
4	Каменное литье	Подготовка сырьевой композиции → варка стекла при температуре 1440–1460 °C с выдержкой 1 ч. → выработка методами отливки или центробежного литья при температуре 1220–1290 °C → кристаллизация горячих отливок в печи, нагретой до 780–800 °C, 1 ч. → охлаждение

№	Материал	Технологические стадии получения
5	Минеральное волокно	Подготовка сырьевой композиции (шихты) → получение силикатного расплава при температуре 1450–1460 °C → переработка расплава в волокна различного вида (ровинг, штапельное и др.)
6	Пористый заполнитель	Подготовка сырьевой композиции → формование сырцовых гранул → сушка гранул (100 °C) → обжиг в интервале 1160–1190 °C (вспучивание и формирование пористой структуры) → охлаждение → рассев на фракции
7	Керамические плитки	Подготовка сырьевых материалов → мокрый помол → приготовление пресс-порошка → прессование полуфабриката → высокотемпературный одно- или двукратный обжиг → охлаждение
8	Разделительные покрытия	Синтез алюмофосфатного связующего → подготовка наполнителя → приготовление суспензии → нанесение на стальную подложку → литье алюминиевых сплавов
9	Жароупорные безобжиговые изделия	Приготовление композиции «наполнитель-связующее» → полусухое прессование → сушка

При получении керамических плиток для внутренней облицовки стен отмечено положительное влияние совместного присутствия обеих пород. Установлено, что при температуре обжига 1100 ± 10 °C гранитоидные отсевы выступают в качестве отщающего материала, а базальт играет роль флюсующего компонента и его введение целесообразно в количестве до 15 мас. %.

При использовании гранитоидных отсевов и базальта в качестве основного сырья для изготовления пористого теплоизоляционного материала установлено, что сырьевые композиции являются вполне доступными, не содержат дефицитных компонентов. Ключевым фактором получения пористых заполнителей является оптимизация температурно-временных параметров термической обработки, которая заключается в определении интервала эффективного вспучивания сырцовых гранул с формированием развитой пористой структуры. Разработанные пористые заполнители удовлетворяют требованиям нормативно-технической документации и могут использоваться многофункционально: в качестве заполнителей легких бетонов, для изготовления блоков «Термокомфорт» и самостоятельного засыпочного материала для теплоизоляции стен, потолков в гражданском строительстве.

Подтверждена целесообразность использования для защиты поверхности стальных кокилей при производстве алюминиевых отливок разделительных покрытий следующего качественного состава: связующее – АФС; наполнитель – гранитоидные и базальтовые породы; растворитель – вода, а также установлено оптимальное качественное содержание вышеуказанных ингредиентов для получения разделительных покрытий с удовлетворительным комплексом требуемых свойств [5].

Важным положительным экономическим фактором является доступность и невысокая стоимость рекомендуемых для использования в качестве наполнителей природных материалов, а именно гранитоидных и базальтовых пород. Простота изготовления АФС и низкие цены на реагенты, а также небольшое количество оборудования, требуемого для синтеза противопригарных покрытий, позволяет организовать их рентабельное производство на существующих предприятиях.

Разработанные составы разделительных покрытий рекомендованы к апробации в цехе алюминиевого литья ОАО «Минский моторный завод» при изготовлении алюминиевых отливок литьем в кокиль.

Таким образом, проведенные исследования позволили подтвердить возможность получения широкого ряда технических силикатных материалов на основе гранитоидных отсевов и базальта. С учетом особенностей химического и минерального состава этих пород разработаны технологические параметры синтеза материалов. Использование полученных результатов позволит значительно расширить минерально-сырьевую базу Республики Беларусь за счет замены традиционно применяемых сырьевых материалов магматическими породами.

Список литературы

1. Criteria for Assessing Technological Properties of Gabbro-Basalt Rocks / S.V. Fomichev [and etc.] // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2012. – Vol. 46. – No. 4. – P. 424–428.
2. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. – СПб: ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
3. Полезные ископаемые Беларуси: К 75-летию БелНИГРИ / Редкол.: П.З. Хомич [и др.] – Мин.: Адкуацыя івыхаванне, 2002. – 528 с.
4. Сулименко, Л.М. Основы технологии тугоплавких неметаллических силикатных материалов / Л.М. Сулименко, И.Н. Тихомирова. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. – 248 с.
5. Климош, Ю.А. Разделительные покрытия стальных кокилей для изготовления алюминиевых отливок / Ю.А. Климош [и др.] // Современные электрохимические технологии и оборудование: материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., Минск: БГТУ, 2017. – С. 262–266.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В.Н. Губин¹, В.Д. Коркин²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: vngubin@mail.ru

²Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: vdkorkin@mail.ru

Рассмотрена технология ведения космического геоэкологического мониторинга объектов горнодобывающего комплекса. По данным дешифрирования космических снимков установлены закономерности состояния и изменений геологической среды, вызванные разработкой месторождений калийных солей и минерального строительного сырья на территории Беларуси.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, геологическая среда, геоэкологический мониторинг, объекты горнодобывающего комплекса.

GEOECOLOGICAL MONITORING WITHIN TERRITORIES OF DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS ON THE BASIS OF THE REMOTE SENSING DATA OF THE EARTH

V.N. Gubin¹, V.D. Korkin²

¹Belarusian State University, Minsk, Belarus

²RUE «RPC for Geology», Minsk, Belarus

The technology for fulfillment of space geoecological monitoring of objects of the mining excavation complex is considered. According to the interpretation of space images, the regularities of the state and changes in the geological environment, caused by the development of deposits of potassium salts and mineral materials of construction on the territory of Belarus, are established.

Keywords: remote sensing, geological environment, geoecological monitoring, objects of the mining excavation complex.

Промышленное освоение минеральных ресурсов недр оказывает существенное воздействие на состояние геологической среды (далее – ГС). При этом нередко возникают сложные геоэкологические ситуации, которые необходимо системно и оперативно изучать в связи с проведением природоохранных мероприятий и решением проблем рационального недропользования. Ведущим направлением в оценке горнотехнического воздействия на ГС является космический мониторинг [2–4]. На основе комплексной интерпретации оперативных и высокоточных данных дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) из космоса, полученных оптико-электронной аппаратурой, возможно выявление пространственно-временных закономерностей трансформаций ГС, вызванных разработкой месторождений полезных ископаемых.

В рамках программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» («Мониторинг-СГ», 2013–2017 гг.) разработана технология геоэкологического мониторинга территорий освоения месторождений твердых полезных ископаемых на основе данных ДЗЗ из космоса.

Структуру технологии космического геоэкологического мониторинга в районах горнодобывающих предприятий определяют функциональные системы организации и ведения периодических наблюдений за состоянием ГС по данным ДЗЗ из космоса на предварительном камеральном, полевом и окончательном камеральном этапах. Основными в структуре технологии являются системы: научно-технической подготовки мониторинга, ведения мониторинга горнодобывающих объектов, комплексной оценки состояния ГС и картографического моделирования геоэкологической информации. Функциональные системы технологии позволяют определить рациональный комплекс и последовательность отдельных операций мониторинга,

оптимизировать процесс его выполнения в районах разработки месторождений полезных ископаемых.

В системе научно-технической подготовки космического мониторинга ГС анализируется геолого-геофизический материал, полученный в ходе традиционных геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических режимных наблюдений, наземной и скважинной геофизики, буровых работ и лабораторных исследований в пределах изучаемых горнодобывающих объектов. При этом осуществляется подготовка площадей для последующего ведения мониторинга. Особое внимание уделяется предварительному геоэкологическому дешифрированию космических снимков (далее – КС).

Важнейшим элементом технологии мониторинга являются данные ДЗЗ из космоса, так как они обеспечивают практически непрерывный обзор территорий недропользования с достаточно высокой степенью разрешения горнотехнических объектов. При использовании космической информации для решения задач, связанных с геоэкологическим мониторингом объектов недропользования, необходимо учитывать как технические характеристики аппаратуры и физические основы формирования сигнала, регистрируемого на уровне искусственных спутников Земли, так и особенности исследуемых горнотехнических объектов.

Особое внимание уделяется оценке геоэкологической информативности КС, полученных оптико-электронной аппаратурой в панхроматическом и мультиспектральном режимах. Определение рационального комплекта данных ДЗЗ для ведения космического мониторинга с учетом разрешающей способности и спектрального диапазона КС позволяет с наибольшей степенью достоверности фиксировать изменения ГС в условиях горнотехнического воздействия по комплексу космогеоэкологических индикаторов.

Ведущее место в технологии космического мониторинга ГС занимают обработка данных ДЗЗ из космоса на основе ГИС-технологий и визуальное геоэкологическое дешифрирование КС. При этом особую роль играет программный интерфейс автоматизации процесса дешифрирования данных многозональной космической съемки с эксплуатационной документацией к нему. Разработанный программный интерфейс представляет собой механизм отображения результатов космического мониторинга ГС, позволяет осуществлять оверлейные операции и настраивать отображение результатов полуавтоматической и автоматической интерпретации космогеоэкологической информации, комбинирования, выявление фактов корреляции данных. Компьютерная обработка данных ДЗЗ обеспечивает автоматизацию геоэкологического дешифрирования КС и создание картографических моделей 2D космогеоэкологического содержания. В рассматриваемой технологии комплект цифровых космогеоэкологических карт и отдешифрированных КС районов освоения месторождений полезных ископаемых размещен в базе геоданных информационных ресурсов.

При ведении космического мониторинга особое внимание уделяется оценке горнотехнического воздействия на ГС в период полевых исследований. Дешифрирование КС непосредственно на местности, прежде всего на ключевых участках, позволяет проверить предварительные результаты обработки КС с целью оценки состояния ГС и картографического моделирования геоэкологических обстановок, обусловленных освоением месторождений полезных ископаемых. При этом на КС уточняются и детализируются дешифровочные признаки геоэкологических индикаторов состояния и динамики ГС. Выполняется также экстраполяционное дешифрирование территорий, расположенных как вблизи ключевых участков, так и удаленных от них площадей, но сходных по геоэкологической обстановке и выраженности на КС.

Важную роль в технологии космического мониторинга ГС играет обработка результатов полевых мониторинговых исследований, составление итоговых космогеоэкологических карт и как результат наполнение базы геоданных информацией о состоянии и изменениях ГС в условиях горнотехнического воздействия. Особое внимание уделяется картографическому моделированию геоэкологической информации на основе ГИС-технологий. При создании цифровых космогеоэкологических карт районов горнодобывающих предприятий первоначально анализируются геолого-геофизические картографические материалы, отражающие прежде всего природные компоненты ГС и их устойчивость к горнотехническим трансформациям.

Составление космогеоэкологических карт базируется на комплексном всестороннем подходе к выявлению пространственно-временных закономерностей эволюции ГС в условиях горнотехнического воздействия. При этом ведущую роль играет картографическое моделирование геоэкологических ситуаций, вызванных извлечением полезных ископаемых шахтным и карьерным способами. Выделены следующие категории сложности геоэкологических ситуаций в горнодобывающих районах: 1) простые, преимущественно с одной важной геоэкологической проблемой; 2) сложные, с двумя-тремя проблемами, 3) весьма сложные и 4) чрезвычайно сложные с комплексом геоэкологических проблем. На основе данных космогеоэкологического картографирования возможно создание прогнозных моделей развития ГС при освоении минеральных ресурсов с целью принятия управляющих решений по проведению природоохранных мероприятий и рациональному недропользованию.

При проведении космического мониторинга ГС в пределах разрабатываемого шахтным способом Старобинского месторождения калийных солей обращено внимание активным геодинамическим зонам, выявленным на основе космоструктурного картирования [2, 3]. Они представляют собой системы разломов и зоны повышенной трещиноватости земной коры, активные на неотектоническом этапе: от позднего олигоцена (около 30 млн лет назад) до настоящего времени. На территории калийного месторождения и центриклинальной депрессии Припятского прогиба в целом выделена Старобинская геодинамическая зона, в пределах которой инструментально зарегистрированы геофизической обсерваторией «Плещеницы» и сейсмостанцией «Солигорск» (Минская обл., Беларусь) [1] землетрясения интенсивностью 4–5 баллов (по шкале MSK-64), обусловленные карпатскими и другими транзитными сейсмическими событиями, а также техногенные микроземлетрясения от одного до 2–3 баллов, возникающие при подземной отработке калийных горизонтов. В ходе космического мониторинга ГС Старобинского месторождения калийных солей обращено внимание на особенности локализации газодинамических явлений. Наряду со многими геологическими факторами их пространственное распределение контролируется также системами тектонических трещин в верхнесоленосных отложениях осадочного чехла, отражающихся на КС в виде линеаментов, плотность которых по площади подчеркивается коэффициентами трещиноватости. Заполненные газом мульды встречаются реже, где коэффициенты трещиноватости породных массивов более 0,5. На участках, характеризующихся невысокой трещиноватостью калиеносной толщи, фиксируется большая часть газодинамических событий.

В пределах шахтных полей калийного месторождения на основе данных ДЗЗ из космоса выявлены закономерности размещения мульд сдвижения горных пород над отработанным пространством продуктивных толщ. Такие процессы образуют в современном рельфе просадочно-западинные формы с размерами в поперечнике от нескольких десятков до первых сотен метров и с максимальной глубиной 4–4,5 м.

В результате геоэкологического мониторинга Старобинского месторождения калийных солей установлены проявления экзодинамических процессов на площадях складирования твердых солевых отходов обогащения калийного сырья, которые состоят более чем на 90 % из галита. По данным дистанционного зондирования объектов солеотвального типа выявлены закономерности развития карстовых и гравитационных процессов, активизация которых приводит к перемещению значительных масс галитовых отходов с формированием карстовых воронок на поверхности солеотвалов и сводовых обрушений на их склонах.

На основе технологии космического мониторинга выявлены пространственно-временные закономерности экзодинамики ГС в карьерных горнотехнических комплексах освоения разных видов минерального строительного сырья: песков, песчано-гравийных материалов, кирпичных глин и др. Ведущим техногенным фактором, вызывающим активизацию экзодинамических процессов: гравитационных, водно-эррозионных и др., является извлечение продуктивной толщи полезного ископаемого и, как следствие, образование деформаций в породных массивах. Экзодинамика ГС проявляется в разрушении горных пород, особенно на склонах карьеров, переносу обломков и отложению их в виде осадочных аккумуляций, нарушению уровенного режима грунтовых вод и формированию карьерных водоемов.

В результате космического мониторинга ГС в пределах действующих рудоуправлений Старобинского месторождения калийных солей и в районах освоения залежей минерально-строительного сырья создана электронная база геоэкологических данных о состоянии ГС в условиях горнотехнического воздействия.

Геоэкологический мониторинг объектов горнодобывающего комплекса на основе космической информации является инновационной технологией и играет важную роль в решении проблем охраны ГС и рационального недропользования при освоении минеральных ресурсов. Разработанная в рамках программы Союзного государства «Мониторинг-СГ» технология космического мониторинга позволяет определить рациональный комплекс и последовательность ведения наблюдений за состоянием ГС по данным ДЗЗ из космоса, оперативно оценить геоэкологическую обстановку в районах освоения месторождений калийных солей и минерального строительного сырья. Технология космического мониторинга приобретает особую актуальность как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации при оценке горнотехнического воздействия на ГС в связи с извлечением полезных ископаемых подземными и открытыми горными работами.

Список литературы

1. Аронов, А.Г. Сейсмичность Беларуси / А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, Т.И. Аронова, В.М. Колковский // Природные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 90–97.
2. Журавков, М.А. Геодинамика Старобинской центриклинали Припятского прогиба / М.А. Журавков, В.Н. Губин, В.С. Конищев, В.Э. Кутырло. – Минск: Изд-во БГУ, 2015. – 151 с.
3. Губин В.Н. Сейсмоактивные геодинамические зоны Старобинского месторождения калийных солей по данным дистанционного зондирования Земли / В.Н. Губин // Геоматика. – 2015. – № 3. – С. 56–62.
4. Королев, В.А. Мониторинг геологической среды / В.А. Королев. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 272 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Э.Я. Жовинский, Н.О. Крюченко

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины,
Киев, Украина
e-mail: zhovinsky@ukr.net

Представлены результаты лито- и биогеохимических исследований Центрального рудо-проявления флюорита Пержанской зоны. Рассчитаны средние содержания химических элементов флюоритсодержащих пород, почв и растений. Установлено, что среди геохимических критериев рационального недропользования важное значение имеют – бериллий, фтор и литий, для которых выявлены растения-концентраторы.

Ключевые слова: флюорит, геохимические критерии, Пержанская зона, бериллий, фтор, литий.

GEOCHEMICAL CRITERIA FOR RATIONAL USE OF MINERAL RESOURCES

E.Ya. Zhovinsky, N.O. Kryuchenko

M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The results of litho- and biogeochemical investigations of the Central ore manifestation of the fluorine of the Perga zone are presented. The average contents of chemical elements of fluorite-bearing rocks, soils and plants are calculated. It has been established that among the geochemical criteria of rational subsoil use, beryllium, fluorine and lithium are important, for which plant concentrates have been identified.

Keywords: fluorite, geochemical criteria, Perga zone, beryllium, fluorine, lithium.

Рациональное недропользование с геохимической точки зрения заключается в максимально возможном уменьшении негативного воздействия на природу в процессе ее использования (добыча полезных ископаемых и др.). Геохимические исследования должны включать: определение фоновых параметров состояния окружающей среды (химический состав почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, растительности и т. д.); результаты экологогеохимической оценки объектов окружающей среды и определения интенсивности воздействия на них.

Геохимические критерии рационального природопользования рассмотрены на примере Пержанского рудопроявления флюорита. Участок работ находится на территории Житомирского Полесья (северо-восточная окраина села Перга), абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах 160–180 м. В 2,5 км к юго-западу протекает р. Перга, которая впадает в р. Уборть, водотоки относятся к бассейну р. Припять. Территория расположена в 15 км от границы с Беларусью.

Несмотря на высокую потребность флюоритового сырья, выявленные рудопроявления и месторождения на территории Украины не разрабатываются. Флюорит используется при производстве алюминия, цемента, эмалей, плавиковой кислоты, в качестве легирующей добавки при выплавке сталей; соединения иттрия – в качестве катализаторов в производстве аккумуляторов водорода, в ядерной технике. На импорт концентратов каждый год расходуется до 20 млн долларов США. Поставщиками флюоритового концентрата в Украине являются Китай, Монголия, Таиланд, Россия. Годовая потребность промышленности Украины в концентратах флюорита составляет 122 тыс. т., в том числе для металлургической и алюминиевоперерабатывающей отраслей – 100–105 тыс. т., для других нужд – 17–22 тыс. т. (данные Национального отчета Украины о состоянии природной среды, 2017).

Геоструктурная позиция Сущано-Пержанской (Пержанской) зоны. Пержанское рудо-проявление флюорита расположено в пределах Сущано-Пержанской тектонической зоны активизации, которой характерно развитие метасоматических формаций с высокой реальной

и потенциальной рудоносностью. Метасоматиты различного состава здесь характеризуются связью с вполне определенными магматическими породами и имеют широкое площадное развитие (пропилиты, апограниты), или локальное – в зонах повышенной трещиноватости, катаклиза и милонитизации (грейзены, вторичные кварциты, щелочные метасоматиты). Слабо проявленные метасоматические изменения (грейзенизация, калишпатизация), как правило, приурочены к контактным частям гранитных массивов и зон разломов [1].

Флюоритовые рудопроявления (Пержанский участок). Был проанализирован химический состав флюоритсодержащих пород центральной части Сущано-Пержанской зоны – тектонической брекчии (CaF_2 30,5%), слюдистых кварц-полевошпатовых метасоматитов (CaF_2 27,8%), метасоматитов (CaF_2 22,8%) и среднезернистых гранитов (CaF_2 18,5%) (в скобках представлено среднее содержание CaF_2). Средняя глубина залегания проанализированных пород: тектонической брекчии – 114,2–129,7 м, слюдистых кварц-полевошпатовых метасоматитов – 26,1–33,8 м, метасоматитов – 54–59 м, среднезернистых гранитов – 57–140 м. Флюорит выделяется в виде гнездовой вкрапленности, часто играет роль цемента в зонах брекчирования. Цвет флюорита от светло-фиолетового до темно-фиолетового, размер зерен от 1 до 4 мм, в зонах брекчирования флюорит крупнокристаллический и размер отдельных кристаллов достигает 1 см.

В пределах Центрального рудопроявления было выделено три рудных тела [2]. Размеры рудных тел – от 70 до 740 м по простирианию и 70–110 м по падению; мощность – от первых сантиметров до 25 метров. Содержание флюорита составляет в среднем 28 %, с колебанием от 5 до 48 %.

С позиций экологической геохимии критерии рационального недропользования оцениваются степенью минимально наносимого ущерба объектам окружающей среды (почвам, водам, растительности). Прогнозируемая подземная разработка данного рудопроявления должна быть наиболее безопасной с экологической точки зрения. Однако при прогнозировании экологического риска необходимо учитывать возможное поступление на поверхность вскрышных и коренных пород и вовлечение их химической составляющей в круговорот. Для его оценки наиболее рационально использовать вторичные литохимические ореолы и их сравнение с фоновым содержанием элементов в почвах.

Результаты и обсуждение. Для определения геохимических критериев рационального природопользования было определено фоновое и аномальное содержание химических элементов в дерново-подзолистых почвах, которые повсеместно распространены на участке работ (pH 4,8–5,5). Средние содержания химических элементов в флюоритсодержащих породах (спектральный анализ) и почвах (масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой) Пержанского участка представлены в табл. 1.

Геохимические особенности почвенных отложений определяет химический состав почвообразующих пород. Так, увеличение содержания кварца в осадочных породах обуславливает дефицит большинства микроэлементов. Тяжелые суглинки, озерный аллювий характеризуются обогащением Mn, Cr, V, Cu, Ni, Sr. Содержание металлов в лессах и глинах почти такое же, как в основных и кислых породах. Для осадочных пород, где основным элементом является кремний, свойственно накопление Zr, Ti, Sn, Au, Pt. Известняки и доломиты накапливают Ba, Sr, Pb, Mn, B; в меньшем количестве – Mo, Cu, Co, I, Zn. Максимальным накоплением микроэлементов отличаются сланцы обычные и битуминозные, а также глинистые и суглинистые рыхлые отложения. Повышенными содержаниями Cu, Zn, Co, Ni характеризуются покровные и лессовидные суглинки, глины, меньшим – песчаные и супесчаные породы.

Активное участие фтора в метасоматических и гидротермальных процессах способствовало мобилизации, переносу и локализации акцессорных, редких и редкоземельных элементов, для которых характерно повышенное содержание.

Для оценки возможного загрязнения почв (экологического риска) при возможной разработке рудопроявлений был рассчитан коэффициент концентрации (КК) – соотношение между содержанием элемента в дерново-подзолистых почвах и флюоритсодержащих породах и составлены геохимические ряды (табл. 2).

Таблица 1

Среднее содержание химических элементов в флюоритсодержащих породах и почвах (мг/кг) Пержанского участка

Элемент	1	2	3	4	5
Ba	–	60	60	9,3	176
Be	4,3	29,4	55,7	7,5	0,07
Pb	180	40	181,4	98,4	8
Sn	58,3	11,6	9,3	11,8	2,7
Nb	91,7	65	85,7	72,4	5
Ga	–	18,8	14,6	31,8	1,5
Bi	–	0,8	1,2	0,5	0,04
Mo	–	0,7	1,4	4,2	1,2
Cu	63,3	9,6	12,9	20,5	2,5
Zn	–	65	85,7	123,4	15
Zr	1883,3	2450	985,7	513,2	230
Y	425	318,8	278,6	84,9	9
Yb	85	35,6	19,9	5,6	2,3
La	700	40,6	17,1	53,7	10
Ce	516,7	87,5	55,7	111,1	10
U	–	30,6	0	0,7	0,15
Th	–	28,8	28,6	77,2	2,5
Li	666,7	262,5	100	370,9	1,7

Примечание. Флюоритоносные породы: 1 – тектоническая брекчия, 2 – слюдистые кварц-полевошпатовые метасоматиты, 3 – метасоматиты, 4 – среднезернистые граниты, 5 – почвы; «» содержание элемента ниже чувствительности прибора

Таблица 2

Коэффициенты концентрации (относительно почв) химических элементов в флюоритсодержащих породах Пержанского участка

Порода	Геохимические ряды
Тектоническая брекчия	F(900)–Li(390)–Be(60)–La(55)–Ce(50)–Y, Yb (40) –Cu, Pb(25)
Слюдистые кварц-полево-шпатовые метасоматиты	F(800)–Be(420)–Li(154)–Y(35)–Bi(30)–Yb(15)
Метасоматиты	F(800)–Be(750)–Li(58)–Bi(30)–Pb(22)
Среднезернистые граниты	F(700)–Li(218)–Be(107)–Pb(12)

Установлено, что фтор, бериллий и литий являются элементами, превышение содержаний которых в породах в десятки и сотни раз выше, чем в почвах.

Фтор флюоритсодержащих пород превышает его содержание в почвах в 700–900 раз. Среднее содержание фтора в почвах над флюоритсодержащими породами – 700–900 мг/кг, тогда как фоновое – 250 мг/кг. Наиболее высокие содержания фтора (900 мг/кг в почвах) характерны для зон тектонических нарушений и тектонической активизации, где создаются локальные участки областей пониженного давления – наиболее благоприятные для привноса фтора с глубин водами различного происхождения. Это характерно и для лития. Поэтому непосредственно над зонами тектонических нарушений в почвах содержания фтора превышают фоновые в три и более раз, а лития – в два-три раза.

Даже по слабопроявленным разломам осуществляется миграция восходящих подземных вод и образование лито- и гидрохимических аномалий, которые являются контрастными индикаторами зон тектонических нарушений и показателями связи с участками максимального притока глубинных высокоминерализованных подземных вод.

Повышенное содержание бериллия в породах и его увеличение наблюдается в направлении Пержанского гентгельвинового месторождения бериллиеносных полевошпатовых метасоматитов, которым присущи рядовые и богатые руды со значительными запасами BeO [3]. Минеральный тип руд – гентгельвиновый, гельвин-фенакит-лейкофановый, кварц-полевошпат-фенакитовый, среднее содержание BeO в руде 0,2–1,4 %. Фоновые содержания бериллия в почвах региона составляют 0,07 мг/кг, а аномальные – 3 мг/кг и выше. Растворимые комплексы бериллия характерны для почв с повышенным содержанием гуминовых и фульфокислот. Бериллий может накапливаться в растительных остатках, увеличение которых характерно для дерново-подзолистых почв. Биогеохимическими критериями наличия бериллия в почвах Пержанского участка являются листья черники (*Vaccinium myrtillus L.*, Ericaceae), в золе которых фиксируется содержание Be 150–200 мг/кг (при фоновом содержании 40 мг/кг).

Фтор оказывает токсическое действие на растения, наиболее характерными признаками интоксикации являются хлороз и некроз лиственного покрова, уменьшение размеров листьев, замедленный рост и снижение урожайности. Предельно допустимые концентрации фтора для зерновых трав – 3 мг/кг. При повышении этого значения существует вероятность заболевания животных флюорозом. Как показали наши исследования, на участке биогеохимическим индикатором фтора может быть подорожник (*Plantago major L.*), в золе листьев которого содержание фтора 15 мг/кг (фоновое 1 мг/кг).

Концентратором лития на участке исследования является пырей ползучий (*Elytrigia repens*), в золе листьев которого зафиксировано содержание до 24 мг/кг (фоновое – 8 мг/кг). Литий отличается относительно слабой миграцией в биосфере. Количество его водорастворимых соединений в плодородных слоях почв не превышает 5 % (от общего содержания элемента), так как остальная его часть связана с глинистыми минералами. Аномальные его содержания характерны в основном для зон тектонической активизации.

Выводы. На примере Центрального рудопроявления флюорита Сущано-Пержанской зоны выявлены геохимические критерии, которые необходимо учитывать при разработке мероприятий для рационального недропользования. Установлено, что элементами, представляющими экологическую опасность, на исследуемой территории являются бериллий, фтор и литий. Выявлены биогеохимические индикаторы определения территорий возможного экологического риска при нерациональном недропользовании для данных элементов: бериллия – листья черники (*Vaccinium myrtillus L.*, Ericaceae), фтора – листья подорожника (*Plantago major L.*), лития – листья пырея ползучего (*Elytrigia repens*).

Список литературы

1. Неметаллические полезные ископаемые / ред. Д.С. Гурский, К.Ю. Есипчук, В.И. Калинин и др. – Львов: Центр Европы. – 2006. – 551 с.
2. Жовинский, Э.Я. Фторометрические методы поисков / Э.Я. Жовинский. – Киев: Наукова думка. – 1985. – 161 с.
3. Металлические полезные ископаемые / ред. Д.С. Гурский, К.Ю. Есипчук, В.И. Калинин и др. – Львов: Центр Европы. – 2006. – 739 с.

ВЛИЯНИЕ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Н.А. Ларионова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: nin.larionowa@yandex.ru

В работе приведены результаты по влиянию отвалов фосфогипса на загрязнение всех компонентов окружающей среды: атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Представлены данные по содержанию и распространению загрязняющих компонентов в почвах, поверхностных и подземных водах.

Ключевые слова: фосфогипс, загрязнение, поверхностные и подземные воды.

INFLUENCE OF DROPS OF PHOSPHOGYPS ON ENVIRONMENTAL POLLUTION

N.A. Larionova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The paper presents the results of the influence of phosphogypsum dumps on pollution of all environmental components: atmosphere, soil, surface and groundwater. Data on the content and distribution of polluting components in soils, surface and groundwater are presented.

Keywords: phosphogypsum, pollution, surface water and groundwater.

В связи с возрастающими объемами промышленных отходов обостряется проблема их негативного воздействия на компоненты окружающей среды, и она является актуальной для многих стран мира. К категории крупнотоннажных отходов относится фосфогипс, образующийся на предприятиях по производству экстракционной фосфорной кислоты и сложных фосфорсодержащих удобрений. Объемы образования фосфогипса зависят от вида используемого сырья, мощности предприятия и технологии производства. Его количество может составлять от 4,0 до 7,0 т на 1,0 т готовой продукции. В настоящее время в мире накоплено 150–300 млн т фосфогипса. В России ежегодно образуется 14–15 млн т шлама. В большинстве стран фосфогипс складируют на поверхности земли в отвалы, которые занимают достаточно большие площади и создают экологические проблемы. Отвалы шлама образуют огромные горы, высота которых может достигать 60–65 м при углах наклона 25–38° (рис. 1).



Рисунок 1. Отвалы фосфогипса ГХЗ [1]

Как и многие накопители промышленных отходов, отвалы фосфогипса оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды. В связи с этим в различных странах уделяется большое внимание оценке воздействия отвалов на загрязнение окружающей среды, а также разработке мероприятий по снижению их негативного влияния. Эта проблема характерна и для Беларусь. Динамика образования производственных отходов в Республике Беларусь указывает на увеличение их объемов, накопленная величина которых за период 2003–2013 гг. возросла с 764,7 до 1015 млн т [1].

Фосфогипс представляет собой белый рыхлый, жирный на ощупь материал, в отвалах содержит до 40% влаги. В пересчете на сухое вещество он на 94–97 % состоит из гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). В его составе присутствуют неразложившиеся фосфаты железа и алюминия (3,0–3,5 %), не отмытая фосфорная кислота, фторсиликаты калия и натрия, фториды кальция, а также соединения молибдена, кобальта, марганца, меди, цинка, стронция и др. Суммарно содержание примесей составляет порядка 3,0%. Основными примесями, ограничивающими широкое использование фосфогипса, являются соединения фтора и фосфора (P_2O_5). Плотность фосфогипса без уплотнения составляет 0,8 т/м³, с уплотнением – 1,34 т/м³. В состав фосфогипса на основе Кольских апатитовых концентратов входят: CaO – 30–42%; SO_3 – 44–57%; P_2O_5 (общ.) – 1,0–2,0%; P_2O_5 (водораствор.) – 0,5–0,6%; F – 0,1–1,0%; Al_2O_3 – 0,3–5,0%; Fe_2O_3 – 0,2–2,0%; SiO_2 – 0,3–10%; H_2O – 25–40 %.

В Беларуси на Гомельском химическом заводе (ГХЗ) при формировании отвала была создана глиняная подушка с целью снижения поступления загрязняющих компонентов в грунты и подземные воды. Но поступление гипса с инфильтрационным стоком способствовало коагуляции глинистого грунта и в связи с этим повышению его пористости и фильтрационной способности. Глинистый экран не обеспечил необходимую защиту от поступления загрязняющих веществ в подстилающие грунты и подземные воды. Поэтому вокруг отвала устроен обводной канал, перехватывающий загрязненные потоки. Дополнительно по контуру отвала оборудованы специальные скважины, которые откачивают загрязненную воду [1]. Тем не менее экологическое равновесие нарушается. Отвалы являются техногенными источниками загрязнения окружающей среды. Они занимают большие площади, при этом изменяется природный ландшафт. Отвалы пылят на ветру, но считается, что пыление характерно для свежих отвалов, а старые – не пылят, так как их поверхность перекрыта плотной коркой. В твердой фазе фосфогипса содержится 0,5 % NH_3^+ ; 1,5 % $\text{P}_2\text{O}_{\text{общ}}$ и 0,4 % F [3]. Количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу, не превышает 4 т в год.

Подземная инфильтрация и поверхностный сток с отвалов фосфогипса являются основным, постоянно действующим источником загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод, преимущественно сульфатами и фосфатами.

Основными источниками загрязнения компонентов окружающей среды являются промплощадка завода, отвалы фосфогипса, дымовые выбросы, проливы под цехами мокрого производства. Сточные воды ГХЗ, стоки атмосферных осадков и талых вод с территории промплощадки и отвалов влияют на состав поверхностных и подземных вод.

Наибольшее загрязнение отмечается в искусственных водных объектах, являющихся непосредственными приемниками поверхностного стока с отвалов фосфогипса. Вода в них, как правило, характеризуется сильнокислой средой ($\text{pH} = 2,04–2,6$). Для водных объектов, находящихся в зоне ближней периферии отвалов, характерны аномально высокие концентрации практически всех анализируемых химических компонентов и сухого остатка.

В результате поступления стоков загрязняются воды р. Рандовка, ближайшего к заводу водотока, а также ряда естественных и искусственных водоемов (каналы, канавы, пруды). Поверхностные воды на участках территории завода сильно минерализованы, обладают углекислотной и сульфатной агрессивностью, возрастающей во времени, а также коррозионной активностью по отношению к металлическим конструкциям. В результате стоков с отвалов вода в р. Рандовка загрязнена. Ее минерализация на отдельных участках достигает 2,43 г/л. Содержание фосфатов колеблется в пределах 0,44–1,96 мг/л, сульфатов – 1650 мг/л и фтора – 14,42 мг/л [2]. Содержание сульфатов и фосфат-иона в водах р. Уза практически в три раза меньше, чем в р. Рандовка, при близких концентрациях хлоридов и азота аммонийного [5].

Устойчивое загрязнение установлено для многих притоков рек Сож. Разовые концентрации фосфатов, превышающих лимитирующий показатель в 2–2,5 раза, наблюдались в воде р. Уза в районе г. Гомеля. Загрязнение фосфатами является характерной особенностью для водных объектов бассейна Днепра и имеет долговременный характер [4]. Наибольшая минерализация отмечается в пруду, сформированном посередине отвала, где она составляет 22,0–22,5 г/л. Вода в канале характеризуется кислой реакцией ($\text{pH} = 3,0–5,0$), жесткостью – 25 мг·экв/л., сульфатно-кальциевым составом с высоким содержанием фтора, фосфатов и аммония [2].

Сточные воды, обогащенные фтором, аммиаком и сульфатами, инфильтруются через подстилающие отвалы породы и поступают в подземные воды, загрязняя их. На территории старых отвалов в грунтовых водах накапливаются сульфаты, а на месте новых отвалов – также фосфаты и фтор [2]. В грунтовом водоносном горизонте (глубина залегания 0,1–9,4 м) под отвалами фосфогипса и цехами завода сформировалась единая зона загрязнения площадью около 600 га. Минерализация грунтовых вод составляла 8,30–31,50 г/л. Содержание в них сульфат иона достигает 5,4–7,2 г/л; фосфатов – 13,20 г/л; фтора – 38,0 мг/л (табл. 1).

Содержание загрязняющих веществ в подземных водах [3]

Таблица 1

Водоносный горизонт	Глубина, м	Минерализация, г/л*	SO ₄ ²⁻ , г/л**	Фосфаты, мг/л***	Фтор, мг/л****
Грунтовый горизонт	0,1–9,4	8,3–31,5	5,4–7,2	13,20	38,0
Нижне-средне-плейстоценовый	14–20	0,5–1,0	0,53–1,03	4,3–11,2	3,4–72,2
Палеогеновый	27–35	0,54–1,0	0,10–0,47		34,3

Примечание: * – ПДК = 1,0 г/л; ** – ПДК = 500 мг/л; *** – ПДК = 3,5 мг/л; **** – ПДК = 0,1–1,5 мг/л

Грунтовый водоносный горизонт подстилается моренными отложениями супесчано-глинистого состава, под которыми находится нижне-средне-плейстоценовый водоносный горизонт, расположенный на глубинах 14–20 м. Его загрязнение прослеживается на площади более 200 га. В воде концентрация сульфатов составляет 0,53–1,03 г/л, что в 50–200 раз выше фоновых значений, фосфатов 4,3–11,2 мг/л, фтора 3,4–72,2 мг/л [3]. Моренные отложения значительно ослабляют уровень загрязнения подземных вод этого горизонта. Загрязняющие вещества сорбируются глинистыми грунтами, поэтому концентрация их значительно уменьшается.

Палеогеновый водоносный горизонт, залегающий на глубинах 27–35 м, также загрязнен. Площадь загрязненной зоны достигает 130 га. Минерализация воды и концентрации загрязняющих компонентов значительно ниже, по сравнению с вышележащими горизонтами. Это обусловлено протекающими физико-химическими процессами взаимодействия стоков с вмещающими породами. Под отвалами фосфогипса минерализация подземных вод равна 0,54–1,0 г/л, содержание сульфатов – 0,1–0,47 г/л, фтора – до 34,3 мг/л [3].

На ряде водозаборов показатели pH, перманганатной окисляемости, жесткости, превышают ПДК. На водозаборах Сож, Короновский и Юго-Западный в г. Гомеле в воде скважин установлены повышенные содержания окиси кремния (от 10,84 до 32,0 мг/дм³), что составляет 1,1–3,2 ПДК, показатели pH ниже (5,42), а окисляемость выше нормы (1,0–1,1 ПДК) [4].

В зоне отвалов и их ближней периферии ионы SO₄²⁻; PO₄³⁻ и NH₄⁺ формируют устойчивое во времени загрязнение грунтового водоносного горизонта. Максимальные концентрации фосфора фосфатного, превышающие ПДК более чем в 1000 раз, приурочены к его источнику поступления – отвалам фосфогипса, а с удалением к периферии они не превышают установленных нормативов. В пределах ближней периферии отвалов сульфатное загрязнение является превалирующим, но его абсолютные величины в 5–15 раз ниже, чем в грунтовых водах зоны отвалов, при этом превышая ПДК в 0,5–2 раза [5].

В пределах размещения отвалов почвенный покров бывает перекрыт фосфогипсом, и здесь преобладают захороненные почвы. Наличие аномально высоких концентраций сульфатов и повышение содержания фосфатов в почвах наблюдается лишь на отдельных участках, непосредственно примыкающих к отвалам фосфогипса и подверженных периодическому затоплению в результате поверхностного стока с отвалов. Другие участки находятся в зоне влияния поверхностного стока, поступающего в весенний период из озера, являющегося приемником сточных вод с отвалов. Одной из ключевых причин увеличения содержания загрязняющих компонентов в почвенном покрове является периодическое затопление отдельных участков территории загрязненным поверхностным стоком с отвалов фосфогипса [5].

Для всех компонентов окружающей среды является характерным уменьшение содержания загрязняющих веществ с увеличением расстояния от источника загрязнения. Их содержание в почвах, поверхностных и подземных водах уменьшается. Площади максимально-го загрязнения приурочены к зоне отвалов фосфогипса. Так, в зависимости от направления

исследованной территории и расстояния от источника загрязнения величина сухого остатка, по данным водных вытяжек, колебалась в широких пределах от 44,0 до 1579,3 мг/дм³. Содержание SO₄²⁻ изменялось от 5,0 до 946,9 мг/дм³, а PO₄³⁻ – от 0,43 до 2,6 мг/дм³. Присутствие иона хлора и азота аммонийного составляло 3,4–9,1 и 0,94–1,76 мг/дм³ соответственно [5].

Таким образом, установлено, что отвалы фосфогипса являются техногенными источниками загрязнения почв, поверхностных и подземных вод. На участках их воздействия происходит техногенная метаморфизация подземных вод в направлении замещения гидрокарбонатов сульфатами, и при этом происходит формирование вод сульфатного типа.

Учитывая значительные объемы образующегося фосфогипса, в ряде организаций проводятся исследования по разработке технологий для получения строительных материалов, в том числе и оценке возможности его использования в дорожном строительстве. Отмечается, что фосфогипс может использоваться в чистом виде и в композиции с вяжущими веществами. Но многие вопросы для решения этой проблемы требуют дальнейшего детального исследования.

Список литературы

1. Горы химзавода: здесь может вырасти лес или появиться горнолыжная трасса // Сильные новости. Общественно-демократический сайт Гомеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://newsgomel.by>. – Дата доступа: 2013.
2. Коцур, В.В. Гидрогеохимия зоны интенсивного водообмена территории Гомельского химического завода/ В.В. Коцур // Літасфера. – 2000. – № 13. – С. 93–100.
3. Лысухо, Н.А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду / Н.А. Лысухо, Д.М. Ерошина. – Минск.: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 210 с.
4. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. 2014 / Под общей редакцией акад. НАН Беларуси В.Ф. Логинова. – Минск, 2015. – 344 с.
5. Шершнёв, О.В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды / О.В. Шершнёв // Экологический вестник: научно-практический журнал, 2016. – № 2 (36). – С. 97–103.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

Н.А. Ларионова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: nin.larionowa@yandex.ru*

В работе на основании лабораторных и полевых исследований установлена возможность использования торфяной золы ТЭЦ для укрепления песчаного грунта в качестве самостоятельного вяжущего. Прочность укрепленного мелкого песка зависит от нагрузки уплотнения смеси и времени твердения. В процессе взаимодействия активных компонентов золы с песком формируются новообразования, упрочняющих матер и ал.

Ключевые слова: торфяная зола, прочность зологрунта, процесс твердения.

USING THE ASHS OF THERMAL STATIONS FOR STABILIZATION OF SOILS IN ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PURPOSES

N.A. Larionova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

In work on the basis of laboratory and field studies the possibility of using peat ash for strengthening sandy soil as an independent binder has been established. The strength of the reinforced fine sand depends on the sealing pressure of the mixture and the hardening time. In the process of interaction of active components of ash with sand, new connections are formed that strengthen the material.

Keywords: peat ash, the strength of the ash, the hardening process

В настоящее время в связи с увеличивающимся объемом дорожного строительства возрастаёт потребление строительных материалов. Только при строительстве автомобильных дорог на возведение 1 км трассы, в зависимости от ее категории и местных условий, для сооружения земляного полотна требуется от 6,0 до 60 тыс. м³ грунта, а для создания дренирующих и морозозащитных слоев – около 1,6–6 тыс. м³ песка. При этом расход вяжущих материалов для устройства дорожных покрытий может достигать 55,0–235 т битума и 480–1700 т цемента. Таким образом, в дорожном строительстве особенно остро стоит проблема использования местных материалов, в том числе и вяжущих веществ.

Проблема рационального использования как природных ресурсов, так и вяжущих материалов приобретает особое значение. Ее решение может быть основано на разработке технологий с привлечением вторичных минеральных ресурсов, в частности, промышленных отходов, объемы которых с каждым годом увеличиваются. Многие промышленные отходы в результате технологической переработки по своим свойствам зачастую являются уже подготовленным минеральным сырьем и могут использоваться для получения строительных материалов. К числу таких отходов относятся золы тепловых станций, являющиеся качественным и дешевым минеральным сырьем. Одним из направлений сокращения объемов ЗШО является возможность их использования в области строительства. Проведенные научные исследования и практика дорожного строительства показали, что золы от сжигания твердых видов топлива могут использоваться при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд, в том числе для укрепления грунтов в качестве самостоятельного или комплексного вяжущего.

Особенность золошлаковых материалов, в частности их дисперсность, позволяет использовать такие отходы в качестве добавок к песчано-гравийным грунтам, выполняющих роль заполнителя межзерновых пустот. Это обеспечивает снижение пористости и возможность достижения наибольшей плотности смеси при уплотнении.

Большинство исследований по использованию зол для укрепления грунтов посвящено выбору оптимальных рецептур и соотношений дозировок вяжущих и золошлаковых отходов. При этом недостаточное внимание уделялось оценке возможности использования торфяных зол для укрепления грунтов и изучению процессов их твердения. Вероятно, это обусловлено

значительно меньшим объемом их образования, а также вследствие перехода тепловых станций на другой вид топлива (мазут или природный газ). Однако долгие годы топливный торф активно использовался на некоторых ТЭЦ в качестве топлива. И в настоящее время он продолжает использоваться на отдельных ТЭЦ в России и Беларусь. В связи с этим на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ проведены исследования по оценке возможности и эффективности использования торфяной золы сухого удаления для укрепления песчаного грунта и изучению процессов твердения и структурообразования композиционных материалов во времени. Объектом исследования являлся флювиогляциальный пылеватый песок, преимущественно кварцевый, карбонатный (2,14 %), ожелезненный [2].

В качестве самостоятельного вяжущего использовалась торфянная зола сухого удаления, отобранная на Лидской ТЭЦ (г. Лида, Беларусь). Зола тонкодисперсная с удельной поверхностью $2600 \text{ см}^2/\text{г}$, характеризуется высоким содержанием CaO (37,15 %), в том числе в виде свободной извести ($\text{CaO}_{\text{своб.}}$) в количестве 17,7 %. В ее составе присутствуют $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 13,74\%$ и $\text{SO}_3 - 3,32\%$. Зола отличается низким показателем п.п.п. – 5,7 % и высоким модулем основности – 1,27. Активные минералы представлены преимущественно двухкальциевым силикатом ($\beta\text{-C}_2\text{S}$). Также в ее составе присутствуют двухкальциевый феррит (C_2F), ранкинит ($\text{C}_3\text{S}_2\text{O}_7$), браунмиллерит [1, 2].

Гидравлическая активность золы и эффективность ее использования в качестве самостоятельного вяжущего для укрепления песчаного грунта оценивались по изменению прочности образцов, твердевших в нормальных условиях. Образцы готовились при оптимальной влажности и нагрузках уплотнения 3,0 МПа и 10,0 МПа. Добавка золы составляла 30 %.

Наличие в составе золы активных минералов и свободной окиси кальция обеспечивают активное протекание процесса твердения, что подтверждается увеличением прочности образцов во времени. Для образцов чистой гидратированной золы ее показатели к 28 суткам достигали 2,5 МПа, а к 90 суткам – 4,2 МПа. Процесс твердения обусловлен гидратацией и гидролизом клинкерных минералов с образованием портландита и гидросиликатов кальция различного состава. Образцы на чистой гидратированной золе отличаются высокой прочностью, водостойкостью и морозостойкостью. Их остаточная прочность после 25 циклов испытаний на морозостойкость составляет 2,1 МПа.

Процесс твердения торфяной золы носит замедленный характер, что характерно для многих активных зол. Известь частично находится в переобожженном состоянии. Поверхность частиц извести зачастую покрыта оплавленной оболочкой, что делает ее труднодоступной для взаимодействия с водой. Это проявляется в некотором замедлении процесса твердения и повышении прочности в период 90–180 суток. Формирующиеся новообразования, обеспечивающие упрочнение грунта, в основном представлены гидросиликатами кальция различного состава.

Исследования кинетики твердения мелкозернистого песчаного грунта, укрепленного 30 %-ной добавкой торфяной золы, показали, что прочность полученного зологрунта при небольшой нагрузке уплотнения (3,0 МПа) ниже по сравнению с зольными образцами на протяжении всех сроков испытаний. К 28 суткам его прочность не превышает 1,5 МПа. Этот период характеризуется процессами: а) гидратации активных компонентов золы; б) активизации ее стекловидной фазы в щелочных условиях.

За 28 суток в реакцию с грунтом вступает 3,30 % CaO , и в смеси остается 1,99 % свободной извести. Замедленная и неравномерная гидратация активных компонентов золы приводит к проявлению внутренних напряжений в уже сформировавшемся камне, в его структуре возникают микротрещины и микродефекты (рис. 1).

Эти процессы приводят к некоторому разуплотнению структуры и, соответственно, к снижению прочности в период 60–90 суток твердения до 0,40–0,90 МПа. При этом уменьшается и плотность скелета образцов до $1,53 \text{ г}/\text{см}^3$. Наряду с этим, в системе происходит трансформация фазового состава новообразований, что приводит к некоторому повышению содержания свободной извести до 2,29 % (табл. 1).

Эти процессы приводят к некоторому разуплотнению структуры и, соответственно, к снижению прочности в период 60–90 суток твердения до 0,40–0,90 МПа. При этом уменьшается и плотность скелета образцов до $1,53 \text{ г}/\text{см}^3$. Наряду с этим, в системе происходит трансформация

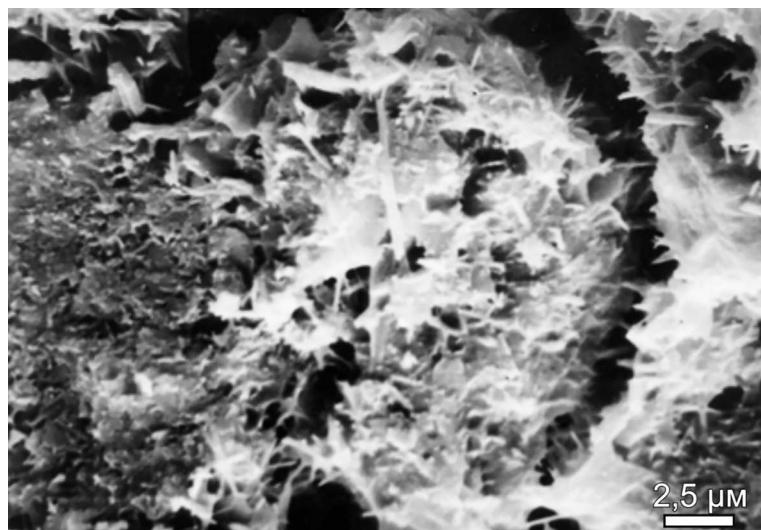


Рисунок 1. Формирование кристаллических новообразований и микродефектов в поровом пространстве зологрунта 28 суток твердения (фото В.Н. Соколова)

фазового состава новообразования, что приводит к некоторому повышению содержания свободной извести до 2,29 % (табл. 1).

Таблица 1

Изменение прочности (МПа) укрепленного пылеватого песка и содержания $\text{CaO}_{\text{своб}}$ (%) во времени

Исследованная система	Прочность (МПа) / содержание $\text{CaO}_{\text{своб}}$ (%)			
	Время твердения, сутки			
	28	90	180	360
Торфяная зола	2,50	4,20	4,20	5,90
Песок пылеватый+30% золы	1,50 / 1,99	1,00 / 2,29	2,50 / 1,38	3,40 / 1,33
То же + 1,5% $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	1,80 / 1,66	2,40 / 1,60	2,90 / 1,43	4,10 / 0,98

К 180 суткам твердения степень кристаллизации новообразований возрастает. Происходит заполнение пор и микротрещин кристаллическими новообразованиями. Поры заполняются густым переплетением игольчатых кристаллов. Происходит более полное связывание извести. Количество свободной окиси кальция уменьшается до 1,38 % и практически остается неизменным в течение 12 месяцев (1,33 %) [1, 3]. К 180 суткам в результате активизации стекловидной фазы золы и протекающих пущоланических реакций, прочность увеличивается до 2,50 МПа, а к 12 месяцам – до 3,40 МПа [1, 2]. На рентгенограммах образцов 180-суточного твердения отмечается преобладание гидросиликатов кальция, преимущественно с низкой основностью, типа CSH (А и В). За счет глинозема и окиси железа, присутствующих в составе золы, образуются гидроферриты и гидроалюминаты кальция C_3AH_6 ; CAH_{10} , упрочняющие материал [1].

Неблагоприятный комплекс процессов структурообразования зологрунта, в частности, сброс прочности в период 60–90 суток твердения и низкая морозостойкость, определили необходимость поиска активизаторов, обеспечивающих интенсификацию процесса твердения. В условиях повышенной щелочности среды активизируется процесс гидратации стекловидной фазы золы. Присутствие в системе подвижной формы SiO_2 и ее взаимодействие с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ способствуют формированию дополнительного количества цементирующих новообразований, в виде гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, обеспечивающих повышение прочности материала.

Добавка силиката натрия способствует повышению прочностных показателей зологрунта. Но образцы характеризовались низкой морозостойкостью, после 15 циклов испытаний их остаточная прочность составляла 0,60 МПа [2]. Это обусловлено низкой плотностью материала при нагрузке уплотнения 3,0 МПа. Образцы этого состава, уплотненные под нагрузкой 10,0 МПа, через 28 суток твердения имели прочность равную 2,80 МПа, а через 60 суток – 4,30 МПа. Их морозостойкость существенно возросла. После 25 циклов испытаний они имели

остаточную прочность 3,10 МПа с коэффициентом морозостойкости равным 1,03 [1]. Аналогично подготовленные образцы без добавки силиката натрия отличались меньшей прочностью и морозостойкостью. После 25 циклов испытаний их остаточная прочность составила 0,94 МПа при коэффициенте морозостойкости равным 0,43 [1, 3].

Добавка силиката натрия способствует активизации кремнезема и глинозема золы и песчаного грунта, ускоряет гидратацию стекловидной фазы золы, повышает количество новообразований и степень их раскристаллизации.

На одном объекте проведено опытно-производственное опробование исследованного состава смеси при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд (Белоруссия), где в качестве самостоятельного вяжущего применялась сухая торфянная зола местной ТЭЦ. Опытные работы проводились на участке длиной 15 м и шириной 3 м. Толщина основания сооружения из укрепленного грунта составляла 30 см. Использовалась смесь следующего состава: песок мелкий пылеватый – 70 % + зола торфянная сухого удаления – 30 % + $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ – 1,5 % + вода. Расчетное количество силиката натрия вводилось с водой затворения. Строительные работы проводились по общепринятой технологии. На дорожной полосе смесь увлажнялась до оптимальной влажности, перемешивалась фрезой и уплотнялась пневматическим катком [3].

Постоянно проводился контроль качества уплотнения материала, его влажность, плотность и прочность. Влажность зологрунтовой смеси после уплотнения составляла 6,5–8,0 %. С увеличением сроков твердения значительно увеличиваются прочностные показатели зологрунта. Наибольший рост прочности отмечался в течение первых 10 суток после уплотнения и твердения.

Таким образом, установлено, что торфяные золы сухого удаления, как и другие высококальциевые золошлаковые материалы, могут использоваться в качестве самостоятельного вяжущего для укрепления грунтов в дорожном строительстве. Физико-механические свойства укрепленных грунтов зависят от дозировки золы, нагрузки уплотнения и времени твердения материала. Показатели прочности и морозостойкости существенно улучшаются в присутствии активизаторов твердения. Использование активных зол сухого удаления способствует получению качественных строительных материалов, существенному сокращению традиционных вяжущих веществ, а также повышению процента их утилизации.

Список литературы

1. Евдокимова, Л.А. Химическая активизация зологрунта на основе торфянной золы / Л.А. Евдокимова, Н.А. Ларионова, Е.Н. Огородникова // Использование зол ТЭС для закрепления грунтов / под ред. Е.Н. Огородниковой. – М.: Изд-во Московского университета, 1984. – С. 60–76.
2. Ларионова, Н.А. Возможности и перспективы использования торфянной золы для закрепления грунтов / Н.А. Ларионова, Е.Н. Огородникова // Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Сергеевские чтения. Вып 7. «Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы утилизации и захоронения отходов». – М.: ГЕОС, 2005. – С. 147–151.
3. Ларионова, Н.А. Использование промышленных отходов в качестве вторичного минерального сырья для получения строительных материалов с заданными свойствами / Н.А. Ларионова. – М.: ГеоИнфо, 2017. – 500 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ПОТОКОВ

Е.И. Наседкин, А.Н. Иванова

Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: a_1207@ukr.net

В статье представлены результаты двухлетних натурных и лабораторных наблюдений за распределением седиментационного вещества в атмосфере, а также взаимосвязью его природной и антропогенной составляющих.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, мониторинг, тяжелые металлы.

GEOECOLOGIC ASPECTS OF STUDY OF ATMOSPHERIC FLOWS MATERIAL

Ye.I. Nasedkin, A.N. Ivanova

Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine

The results of biennial natural and laboratory observations of the distribution of sedimentation material in the atmosphere, as well as the relationship between its natural and anthropogenic components are presented in the article.

Keywords: atmospheric aerosol, monitoring, heavy metals.

Современный период технического прогресса и роста производства в мире определяет неизбежное влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. В частности, интенсивное развитие перерабатывающей промышленности приводит к процессам загрязнения рядом поллютантов земной поверхности, природных вод, атмосферы. Одним из важных путей решения указанных проблем можно считать изучение транспортировки эоловыми потоками и последующей аккумуляции вещества, поступающего в атмосферу в процессе производственной деятельности. Данные различных авторов свидетельствуют, что в атмосферном аэрозоле содержание антропогенной составляющей, в частности, тяжелых металлов, может вдвое и более превышать их природное содержание. В крупных промышленных центрах и на прилегающих к ним площадях выбросы в атмосферу приводят к концентрации загрязнителей в приземном воздухе, а также прогрессирующему накоплению их в верхнем слое грунтов.

Серьезный дисбаланс соотношений антропогенная / естественная составляющая в веществе эоловой взвеси наблюдается в воздухе индустриально развитых городов Украины с металлургической промышленностью, таких как Днепр, Мариуполь, Запорожье и ряде других. В частности, Запорожье представлено значительным количеством предприятий металлургического комплекса, осуществляющих активные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу («Запорожсталь», «Днепропресссталь», ОАО «Запорожский завод ферросплавов», «Запорожкокс», «Запорожский титаномагниевый комбинат», «Запорожский железорудный комбинат», «Запорожский производственный алюминиевый комбинат» и др.).

Непрерывный мониторинг процессов переноса и осаждения воздушной взвеси в пределах Запорожья позволил нам провести анализ вещества атмосферных потоков, определить основные тенденции его временного распределения и закономерности накопления тяжелых металлов в составе вещества эоловых потоков.

Система мониторинга вещества седиментационных потоков представлена ловушкой для отбора атмосферного аэрозоля, что позволяет изучать процессы его передвижения за определенные промежутки времени (помесячно) в течение года (рис. 1). Этот тип оборудования, апробированный в течение длительной эксплуатации в условиях морского побережья, зарекомендовал себя надежным инструментом отбора натурной вещества из атмосферных потоков [1].

Изъятие из ловушек осевшего вещества раз в месяц создает условия «накопления» аэрозоля за определенное время. Параллельные непрерывные наблюдения за гидрометеорологическими факторами (скорости, направления, продолжительность ветров, осадки) обеспечивают накопление массива данных, обработку результатов комплексных наблюдений, их дальнейший



Рисунок 1. Ловушка для атмосферного аэрозоля [1]

научный анализ. Комплекс лабораторных исследований позволяет исследовать связь между различными внешними факторами воздействия с качественными и количественными характеристиками осадочного вещества.

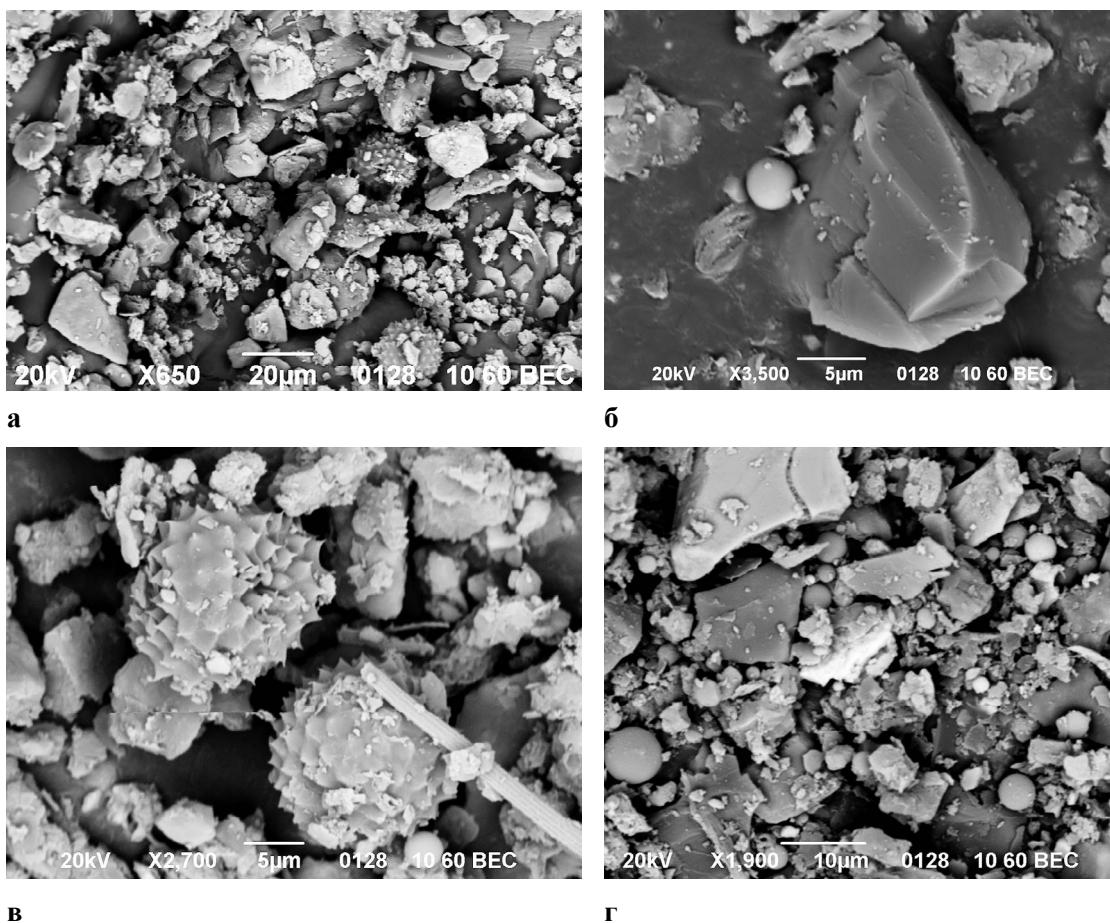
Результаты натурных наблюдений за период со второй половины 2015 года по 2017 год, включительно, а также всесторонних лабораторных исследований полученного материала показали ряд определенных закономерностей в распределении атмосферного вещества, которые могут определяться такими факторами, как:

- влияние сезонности, что объясняется изменениями в соотношении основных составляющих компонентов эолового вещества;
- влияние атмосферных возмущений на интенсивность поступления вещества в ловушки и распределение фракций гранулометрического состава аэрозоля;
- влияние второстепенных факторов (влажность почв и интенсивность осадков) на размерность, минеральный и микроэлементный состав атмосферной взвеси.

Также в этот перечень отдельным пунктом следует отнести возможные изменения в соотношении естественная / антропогенная составляющие вещественного состава в зависимости от ряда естественных причин. Изменения качественных характеристик эоловой взвеси определяются, помимо всего, перераспределением содержания конденсированной в воздухе (аэрозоли конденсации) и диспергированной (аэрозоли дезинтеграции) частей эоловой взвеси. Образование аэрозолей конденсации, как известно, большей частью связано с высокотемпературными производственными процессами, а количество диспергированной составляющей – с природными процессами, в частности, силой и продолжительностью ветров и интенсивностью осадков. Таким образом, интенсивность технологических процессов, обуславливающих выбросы антропогенной составляющей эоловой взвеси – величина условно постоянная, а процессы, определяющие содержание природной части, характеризуются значительной изменчивостью в течение года.

Результаты исследований свидетельствуют, что пробы аэрозоля, отобранные в теплый период года, фактически содержат три основные составляющие (рис. 2). Первая составляющая – биогенная (пыльца и споры растений, фрагменты древесины). Вторая – терригенная, представленная аэрозолями дезинтеграции (обломки пород и минералов, глинистые агрегаты). При этом техногенная составляющая, представленная частицами алевритовой размерности, отличается значительным содержанием железа и тяжелых металлов. Третья составляющая – агрегаты из частиц атмосферного образования, значительная часть которых, исходя из результатов лабораторных исследований, имеет техногенное происхождение.

В холодное время года в отличие от летнего периода под влиянием внешних факторов содержание естественной составляющей уменьшается. За этот период почти отсутствует в



**Рисунок 2. Электронно-микроскопический снимок образца эолового вещества (июль-август 2015 г.):
а – общий вид пробы; б – фрагмент зерна кварца; в – растительная пыльца; г – общий вид пробы,
где наблюдается значительное количество сферических образований атмосферного происхождения**

пробах биогенная составляющая, что вполне объясняется окончанием периода вегетации растений.

Также незначительное уменьшение доли аэрозолей дезинтеграции, главным образом их алевритовой составляющей, вызвано увлажнением поверхности почвы и увеличением частоты осадков. При этом содержание аэрозолей конденсации почти не меняется по сравнению с другими периодами, а в относительном выражении растет, что приводит к изменениям в размерности эолового вещества, его минерального состава, а также содержанию тяжелых металлов и железа (рис. 3).

В целом содержание железа и тяжелых металлов в веществе атмосферных потоков значительно превышает их концентрации в составе поверхностных грунтов, донных отложений и речной взвеси Днепра в г. Запорожье. Хотя это известная закономерность, обусловленная не только антропогенным воздействием, но и естественными причинами, содержание ряда микроэлементов в эоловой взвеси может достигать в отдельные месяцы достаточно высоких концентраций. Наблюдаются периоды существенного повышения содержания железа в веществе воздушных потоков; его концентрация, при достаточно несистемном распределении, в отдельные месяцы может превышать 400 г/кг. Существенные корреляционные связи временного распределения железа с некоторыми тяжелыми металлами, в частности, свинцом (показатель коэффициента корреляции превышает 0,8), могут свидетельствовать об основной роли металлургического производства в распределении тяжелых металлов в атмосферной среде города.

В общем, электронно-микроскопические исследования вещественного состава аэрозоля свидетельствуют о существенном влиянии на содержание компонентов техногенного происхождения именно высокотемпературных процессов, связанных со сжиганием угля на тепловых энергетических станциях, плавлением руд и рядом других циклов металлургического

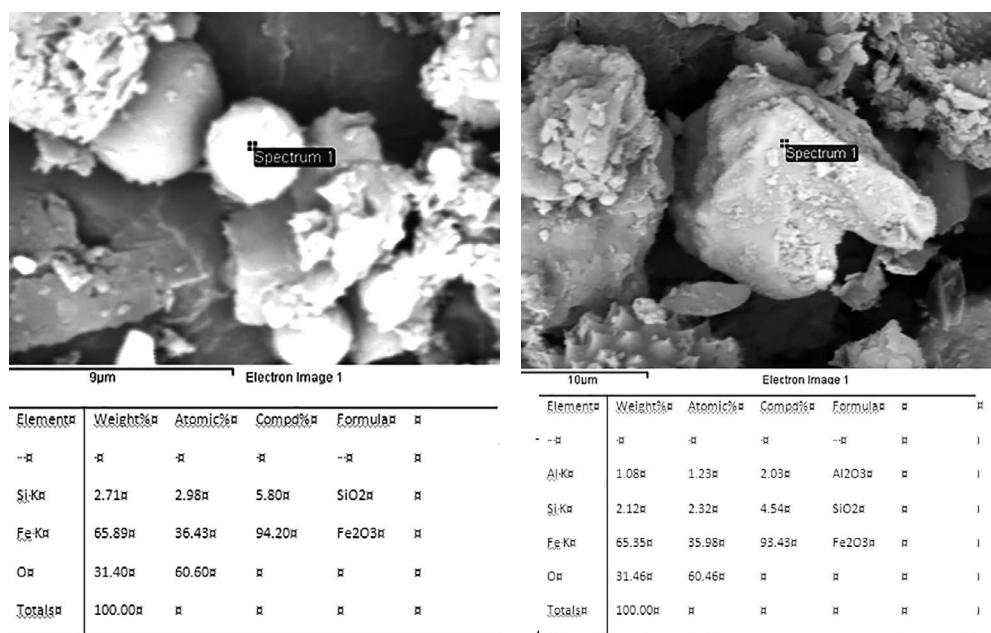


Рисунок 3. Электронно-микроскопические снимки: а) образца атмосферной взвеси (осенне-зимний период отбора, 2015 год) и химический состав сферических атмосферных образований, б) образца атмосферной взвеси (летний период отбора, 2015 год) и химический состав обломочной составляющей отобранного вещества

производства. При этом обломочная составляющая, представленная оксидами металлов, может достигать алевритовой размерности, а содержание железа превышать 90 %. Обломочной составляющей, представленной оксидом железа, также свойственны примеси ряда черных и тяжелых металлов, в частности, титана, марганца и микропримеси тяжелых металлов – никеля, меди, свинца. Тяжелые металлы также встречаются в виде отдельных зерен, где их содержание может превышать 50 %.

Таким образом, мониторинговые наблюдения временного распределения и особенностей вещественного состава атмосферного аэрозоля в пределах города Запорожья позволили выделить ряд закономерностей содержания железа в минеральной составляющей воздушной взвеси, принадлежность металлоконтентов образований к определенным технологическим процессам. Высокие концентрации железа в веществе эоловых потоков свидетельствуют о существенном влиянии горно-перерабатывающей промышленности города на состояние атмосферного воздуха.

Список литературы

1. Наседкін, Є.І. Моніторинг седиментаційних процесів у зоні взаємодії суходолу та моря / Є.І. Наседкін, О.Ю. Митропольський, Г.М. Іванова. – Севастополь: НВЦ «ЕКОСІ-Гідрофізика», 2013. – 295 с.

ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.С. Нестеров, В.А. Королёв, М.С. Чернов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: dsnesterovmsu@gmail.com; va-korolev@bk.ru; miha.chernov@yandex.ru

Рассмотрена возможность применения глинистых грунтов различных минеральных типов в качестве материала для защитного электрокинетического барьера. Охарактеризованы основные электроповерхностные свойства глин, такие как ζ -потенциал и точка нулевого заряда, учитываемые при создании барьера. Сделаны выводы о возможности применения глинистых барьеров для защиты от миграции различных загрязнителей.

Ключевые слова: глины, электрокинетический барьер, поверхностный электрический заряд, ζ -потенциал, точка нулевого заряда.

ELECTROKINETIC BARRIERS FOR THE PURPOSES OF THE RATIONAL MINERAL RESOURCES MANAGEMENT

D.S. Nesterov, V.A. Korolev, M.S. Chernov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The perspective of the application of clay soils of various mineral types as a material for a protective electrokinetic barrier is considered. The main electrosurface properties of clays such as ζ -potential and point of zero charge, that are considered while designing the barrier, are characterized. The conclusions of possible application of clay barriers for the protection from the migration of various pollutants are drawn.

Keywords: clays, electrokinetic barrier, surface electrical charge, ζ -potential, point of zero charge.

Введение. Для территории Беларуси и смежных государств в настоящее время остро стоит проблема загрязнения окружающей среды. Токсичные загрязнители формируются в пределах городских агломераций, свалок, горных производств, разносятся на огромные расстояния потоками грунтовых или глубоко залегающих подземных вод. Для предотвращения распространения токсикантов применяются различные защитные технологии, в частности, и электрокинетические барьеры. В основе принципа их действия лежит создание в теле барьера под действием наложенного электрического поля потока воды, противоположно направленного по отношению к потоку подземных вод [7].

Эффективной технологией для борьбы с различными загрязнителями является создание комбинированного электрокинетического реакционного барьера. Под действием внешнего электрического поля поток подземных вод концентрируется и направляется к полупроницаемому участку барьера, сложенному из материала, химически активного по отношению к загрязнителю. Это позволяет не только предотвратить распространение токсикантов, но и добиться очистки подземных вод [6].

Одним из актуальных вопросов при создании подобного барьера является выбор материала. Многие глинистые грунты обладают высокими показателями адсорбционных свойств, широко распространены и сравнительно дешевы, что делает их применение в данной области перспективным. Кроме того, глины являются природными материалами и поэтому более предпочтительны, чем искусственные сорбенты. Также при изменении физико-химических факторов среды (рН, окислительно-восстановительных условий, ионной силы порового раствора и др.) свойства глин (электрокинетические, электроповерхностные, адсорбционные и др.) изменяются в том или ином направлении. В силу этого возможно создание глинистых барьеров с заданными характеристиками [2–3].

Поэтому целью настоящего исследования было изучение зависимости электроповерхностных свойств глин различных минеральных типов от физико-химических факторов среды

и определение условий их применения в качестве материала для защитного электрохимического барьера.

Объекты и методика исследования. В качестве объектов исследования были использованы Ca-формы глин основных минеральных типов: глуховецкого каолина (с. Глуховцы, Украина), кембрийской иллитовой глины (Ленинградская область, Россия) и мацарадзевской монтмориллонитовой глины (с. Аскания, Грузия).

По минеральному составу глуховецкий каолин состоит на 75 % из каолинита и содержит значительные примеси кварца (20 %) и иллита (5 %). Кембрийская глина содержит 53 % иллита, 25 % кварца, 15 % других глинистых минералов и 7 % калиевого полевого шпата. Мацарадзевская глина (асканглина) состоит на 100 % из монтмориллонита. По ГОСТ 25100-2011 глуховецкий каолин является глиной легкой пылеватой, кембрийская глина – глиной тяжелой пылеватой, асканглина – глиной тяжелой [1]. Показатели физико-химических свойств глин закономерно возрастают в ряду «каолин < иллитовая глина < асканглина».

При проведении исследования из глин готовились суспензии на растворах 0,1–0,001 н HCl и 0,0001–0,01 н Ca(OH)₂. Изменение свойств глин оценивали по pH и окислительно-восстановительному потенциалу (Eh) суспензии, а также величине ζ -потенциала глинистых частиц. Для определения pH и Eh использовали приборы марок pH-061 и ORP-169B соответственно, величины ζ -потенциала измеряли на лазерном анализаторе наночастиц Horiba SZ-100.

Результаты и их обсуждение. Глинистые грунты крайне чувствительны к изменению физико-химических условий среды. На поверхности глинистых частиц расположены гидроксильные группы (чаще всего Si-OH и Al-OH), которые имеют амфотерные свойства. Поэтому глинистые частицы в щелочной среде вступают в реакцию нейтрализации, отдавая в раствор ионы H⁺, а в кислой среде реагируют с внешним раствором путем отщепления OH⁻ или присоединения H⁺ ионов. При этом в кислой среде из-за наличия в суспензии свободных протонов (H⁺) формируется окислительная обстановка, а в щелочной среде возможно образование восстановительной обстановки (рис. 1).

Для рассматриваемых глин в целом характерны положительные значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh), при этом рост pH суспензий вызывает снижение Eh. В ряду «глуховецкий каолин – кембрийская иллитовая глина – асканглина» при одном значении pH величины Eh уменьшаются, то есть среда становится более восстановительной. Возможной причиной этого является увеличение числа активных OH-групп в единице объема в ряду от каолина к монтмориллонитовой глине. Также для эталонных растворов характерна более окислительная среда, чем для суспензий.

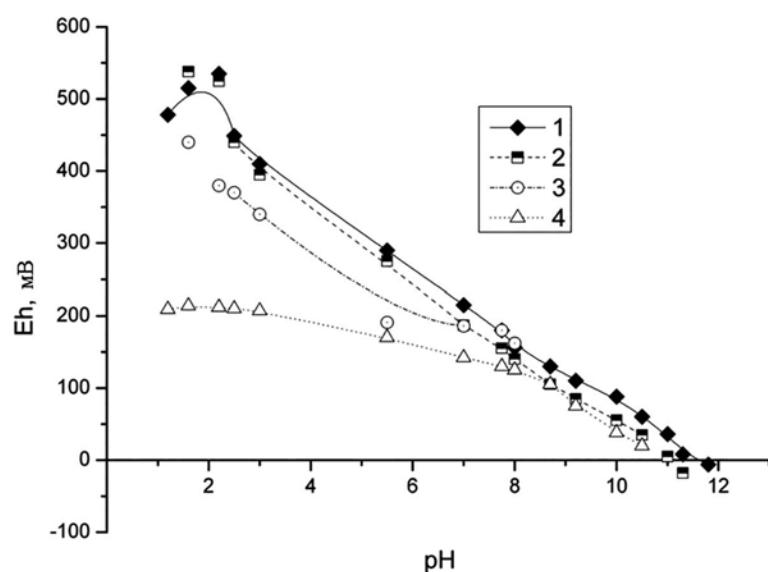


Рисунок 1. Зависимость окислительно-восстановительного потенциала (Eh) от pH:
1 – эталонных растворов HCl и Ca(OH)₂; суспензий: 2 – глуховецкого каолина,
3 – кембрийской иллитовой глины, 4 – асканглины

Интегральной характеристикой, определяющей эффективность применения глин в качестве материала электрокинетического барьера, является электрокинетический или ζ -потенциал. Его величина зависит от поверхностного заряда глинистой частицы σ_p , а также от температурно-влажностных и физико-химических условий среды [2]. При этом и свойства частиц, и внешние условия (температура, давление, влажность) влияют на величину ζ -потенциала, а его знак определяется исключительно поверхностным зарядом глинистых частиц σ_p .

Заряд частиц значительно изменяется при изменении pH: в щелочной и нейтральной средах частицы заряжены отрицательно, а в кислой среде возможна их перезарядка. В соответствии с этим при изменении pH порового раствора ζ -потенциал частиц претерпевает подобные изменения (рис. 2). В нейтральной среде ζ -потенциал частиц всех глин отрицателен. В щелочной среде отрицательные значения ζ -потенциала еще более увеличиваются, в кислой – уменьшаются [5, 8]. В сильнощелочной среде происходит смена знака ζ -потенциала на положительный (для асканглины – в слабокислой) [4]. Значение pH, при котором $\zeta = 0$, называется точкой нулевого заряда [9].

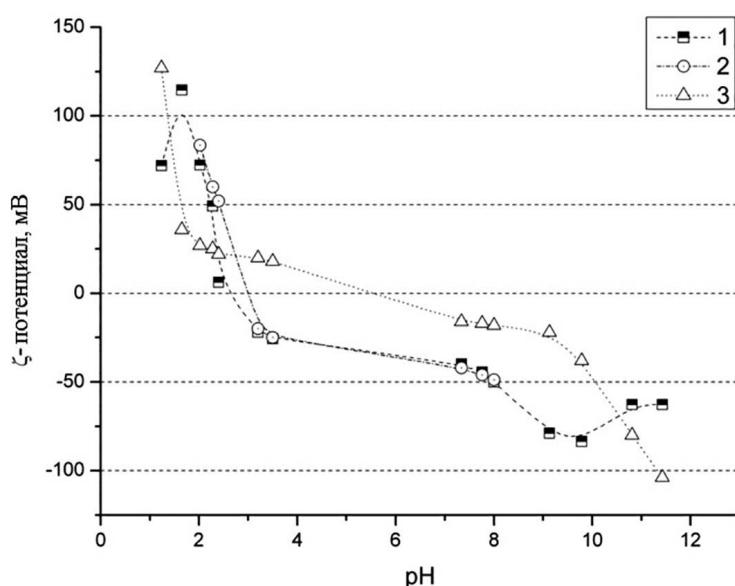


Рисунок 2. Зависимость ζ -потенциала частиц глин от pH: 1 – глуховецкого каолина, 2 – кембрийской иллитовой глины, 3 – асканглины

При величине pH, соответствующей точке нулевого заряда, должно происходить резкое изменение сорбционных свойств глин. Поскольку в нейтральной и щелочной среде глинистые частицы заряжены отрицательно, глинистый барьер будет наиболее эффективен против катионных загрязнителей, например, таких как Cs^+ , Cd^{2+} , Zn^{2+} , а также катионных комплексов органических токсикантов. В кислой среде, напротив, частицы заряжаются положительно, поэтому защитный сорбционный экран будет поглощать анионные загрязнители, например, такие как CrO_4^{2-} , SeO_4^{3-} , а также анионные комплексы органических токсикантов и другие.

Также в сильнощелочной среде глинистый барьер будет эффективен против поллютантов-окислителей, таких как ClO_3^- , CrO_4^{2-} , MnO_4^- . В сильнощелочной среде такой барьер может быть эффективен против различных органических токсикантов (карбоновых кислот, цианидов), обладающих восстановительными свойствами.

Выводы. 1. Эффективность и направленность работы электрокинетических барьеров, создаваемых из глинистых грунтов, может успешно регулироваться путем воздействия на величину и знак заряда их глинистых частиц. Одним из способов такого воздействия является кислотно-щелочная обработка глин.

2. Среда глинистых суспензий в ряду «глуховецкий каолин – кембрийская иллитовая глина – асканглина» становится более восстановительной.

3. В нейтральной и щелочной среде ζ -потенциал частиц глин отрицателен, в кислой среде отрицательные значения ζ -потенциала глинистых частиц уменьшаются вплоть до смены знака на положительный.

4. При величине pH точки нулевого заряда происходит перезарядка глинистых частиц, и в соответствии с этим изменяются адсорбционные свойства защитного глинистого барьера. В щелочной среде глинистый барьер эффективен против катионных и окислительных токсикантов, а в кислой – против анионных и восстановительных.

5. Использование электрохимических защитных барьеров представляет собой эффективную современную технологию для борьбы с распространением различных токсичных загрязнителей в геологической среде.

Благодарности. Работа была выполнена на оборудовании, приобретенном в рамках «Программы развития Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова». This work was supported in part by «M.V. Lomonosov Moscow State University Program of Development», and the authors acknowledge support from «M.V. Lomonosov Moscow State University Program of Development».

Список литературы

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М., 2011.
2. Злочевская, Р.И. Электроповерхностные явления в глинистых породах / Р.И. Злочевская, В.А. Королёв. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 177 с.
3. Королёв, В.А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение / В.А. Королёв. – М.: ООО «Сам полиграфист», 2015 – 468 с.
4. Королёв, В.А. Физико-химические закономерности изменения электрических зарядов частиц глинистых грунтов / В.А. Королёв, Д.С. Нестеров // Инженерная геология. – 2017. – Т. 12. – № 4. – С. 50–60. DOI 10.25296/1993-5056-2017-4-50-60
5. Нестеров, Д.С. Электрохимические технологии создания защитных экранов для обеспечения техносферной безопасности / Д.С. Нестеров, В.А. Королев, М.С. Чернов // IV Межд. научно-практич. конф. Комплексные проблемы техносферной безопасности (Воронеж, ВГТУ, 27–28 октября 2017 г.). — Воронеж: Воронеж, 2017. – С. 142–145.
6. Ha Ik Chung and Myung Ho Lee. Coupled electrokinetic PRB for remediation of metals in groundwater / Ha Ik Chung and Myung Ho Lee // Electrochemical Remediation Technologies for Polluted Soils, Sediments and Groundwater / Ed. by K.R. Reddy & C. Cameselle. – Published by A. John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2009. – P. 647–660. DOI: 10.1002/9780470523650
7. Lynch, R. Electrokinetic barriers for preventing groundwater pollution / R. Lynch // Electrochemical Remediation Technologies for Polluted Soils, Sediments and Groundwater / Ed. by K.R. Reddy & C. Cameselle. – Published by A John Wiley & Sons. Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2009. – P. 335–356. DOI: 10.1002/9780470523650
8. Korolev, V.A. Regulation of clay particles charge for design of protective electrokinetic barriers / V.A. Korolev, D.S. Nesterov // Proceedings of the 15th Symposium on Electrokinetic Remediation (EREM 2017) (ed. Elektorowicz M.). Montreal, Canada: Concordia Univ., 2017. – P. 239–248
9. Sposito, G. The Chemistry of soils. Second edition / G. Sposito. – Oxford University Press, 2008. – 344 p.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С.К. Николаева¹, М.Г. Дургалин¹, Н.В. Абакумова¹, Е.Н. Огородникова²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: sk.niko@geol.msu.ru

² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Территории освоения месторождений полезных ископаемых характеризуются накоплением массивов техногенных грунтов, которые могут рассматриваться как техногенные месторождения. На примере грунтов хвостов обогащения золоторудного месторождения г. Пласт и золоотвалов Каширской ГРЭС показаны пути их использования.

Ключевые слова: Техногенные месторождения, хвосты обогащения, золоотвалы.

GEOECOLOGIC PROBLEMS OF TERRITORIES INVOLVED IN DEVELOPMENT OF MINERAL DEPOSITS

S.K. Nikolaeva¹, M.G. Durgalyan¹, N.V. Abakumova¹, E.N. Ogorodnikova²

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

² RUDN University, Moscow, Russia

Territories involved in development of mineral deposits are characterized by accumulation of technogenic soils, which can be viewed as technogenic deposits. The ways of using them will be shown by the example of tailings of enrichment of the gold-ore deposit of Plast and ash dumps of state district power station Kashirskaya.

Keywords: technogenic deposits, tailings of enrichment, ash dumps.

Добыча и переработка полезных ископаемых приводит к формированию массивов техногенно образованных грунтов на прилегающих территориях. Это твердые отходы производственной и хозяйственной деятельности человека, в результате которой произошло коренное изменение состава, структуры и текстуры природного материала или органического сырья [2].

Сформировавшиеся в процессе открытой и подземной добычи полезных ископаемых отвалы, продукты обогащения руды, отходы сжигания угля на ТЭЦ и ГРЭС могут представлять техногенные месторождения полезных ископаемых. Использование техногенных грунтов решает задачу рационального недропользования и способствует реализации ресурсной экологической функции литосферы.

Одной из наиболее актуальных проблем является проблема отработки этих месторождений. В последние годы из-за увеличения ограниченности ресурсов особенно остро встает вопрос использования новых технологий для повышения эффективности отработки месторождений рудных полезных ископаемых.

Присутствие в отходах ценных элементов при совершенствовании способов и технологий позволяет рентабельно извлекать их при содержании даже более низком, чем в промышленных рудах. Например, себестоимость получения редких металлов из отвалов на 60 % ниже, чем их извлечение из промышленных руд. При этом кроме существенной экономической выгоды решаются многие экологические проблемы в горнопромышленных районах.

Золошлаки и шлаки металлургических производств нашли широкое применение в строительной индустрии. Однако опыт использования зол и шлаков в качестве материала при возведении грунтовых сооружений ограничен, что определяет необходимость их изучения в качестве насыпных грунтов.

Таким образом, прежде чем принять решение о рациональном использовании техногенно образованных разностей грунтов, необходимо детально изучить их состав, строение и физико-механические характеристики применительно к условиям их разработки и использования. Среди наук естественнонаучного цикла с этой целью десятилетиями используются методы

изучения инженерно-геологических особенностей горных пород. В качестве примера приведем характеристику хвостов золотодобычи Кочкарского рудного поля (Южный Урал) и пример использования зол и шлаков Каширской ГРЭС при сооружении дамбы путепровода [1].

Кочкарское золоторудное месторождение расположено на восточном склоне Южного Урала, на территории Челябинской области в пределах города Пласт. По всему городу встречаются отвалы, образованные за счет складирования хвостов золотообогащения до 1960 года. Длина отвала, расположенного в центре города около фабрики заключительного цикла очистки им. Артёма, составляет около 700 м, ширина – 400 м, высота – до 30 м. Эти отвалы покрыты 40-сантиметровым слоем почвы, а также луговой растительностью и смешанным лесом высотой до 3 метров (рис. 1). До 1960 года обогащение руды происходило по старым технологиям, не обеспечивающим полное извлечение золота, поэтому на данный момент ведется добыча слежавшихся хвостов карьерным способом и вторичное извлечение из них золота.



Рисунок 1. Действующее техногенное месторождение золота в г. Пласт (фото Абакумовой Н.А.)

Объектами исследования стали хвосты золотоизвлечения Кочкарского месторождения, отобранные с поверхности хвостохранилища ФЗЦО им. Артема, существующего около 40 лет, с целью их оценки в качестве строительных материалов. Точки опробования располагались в разной степени удаления от места сброса пульпы. Для сравнения изучался образец давно слежавшихся хвостов. Исследуемые грунты являются отходами процесса извлечения золота из плагиогранитов путем цианирования.

Анализ инженерно-геологических особенностей техногенно образованных грунтов – продуктов обогащения золотоносной руды Кочкарского месторождения, позволяет заключить следующее.

По химическому составу хвосты золотоизвлечения отличаются от материнской горной породы: заметно меньше полезного компонента, появляются новые химические вещества. В минеральном составе появляется большое количество глинистых минералов. Хвосты – песчано-глинистый материал, дисперсность которого зависит от положения в массиве хвостохранилища. Форма частиц хвостов неокатанная, оскольчатая, поверхность бугристая. Угловатая форма частиц и неровный характер поверхности свидетельствуют о грубой механической переработке руды при извлечении золота.

Хвосты золотоизвлечения несортированы и неоднородны, даже в составе крупнодисперсных разностей содержится до 16 % пылеватых и глинистых фракций, что обусловлено их техногенным генезисом. На хвостохранилище ФЗЦО им. Артема наблюдается изменчивость дисперсности, обусловленная фракционированием материала при намыве – дисперсность увеличивается при отдалении от источника сброса. Однако первичная зависимость иногда нарушается сбросом пульпы из соседнего хвостохранилища.

Плотность твердого компонента хвостов соответствует плотности плагиогранитов (невыветрелых разностей) и глинистых кор выветривания по ним; хвосты являются средне– и сильно

уплотняемыми. Прослеживается четкая зависимость естественной влажности от дисперсности хвостов.

Прочностные свойства исследуемых грунтов занижены из-за большого содержания глинистых и пылеватых фракций, в грунтах преобладают коагуляционные связи.

С массивами хвостохранилищ связано развитие опасных инженерно-геологических процессов, а также негативное влияние на экологическое состояние окружающих территорий.

Накопленные хвосты помимо доизвлечения золота без предварительной обработки в хозяйственной деятельности использовать невозможно. Требуется разработка методов очистки от вредных химических веществ, «обезвреживания» материала.

Каширская ГРЭС расположена в г. Кашира-2 Московской области, в 115 км от г. Москвы, на правом берегу реки Оки. Основным источником потребления ГРЭС многие годы был бурый уголь Московского угольного бассейна. В процессе сжигания в топках котлоагрегатов образуются зола и шлак, которые удаляются на золошлакотвал гидротранспортом (рис. 2).



Рисунок 2. Золоотвал Каширской ГРЭС

На территории золоотвала были пробурены скважины и отобраны пробы золы для последующих исследований состава и физико-механических свойств.

Минеральный состав золы Каширской ГРЭС представлен стеклом, несгоревшими частицами угля, гидросиликатами кальция, браунмиллеритом, что определяет ее как неактивную, неспособную к самостоятельному гидравлическому твердению. Частицы стекла – это стеклянные сферы, которые могут разрушаться при приложении нагрузки уплотнения (рис. 3).

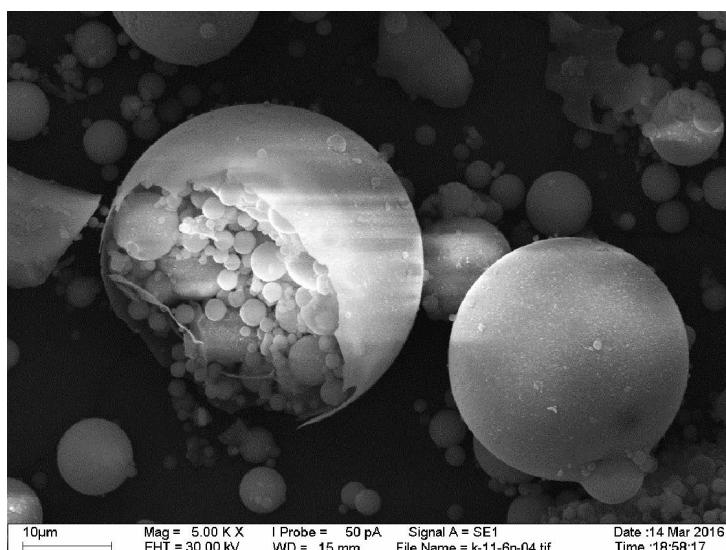


Рисунок 3. Разрушенная сфера, в которой находится множество сфер меньшего диаметра
(фото Чернова М.С.)

По результатам анализа дисперсности можно выделить две грунтовые разности, которые относятся к песку пылеватому однородному средней плотности и грунту дресвянистому с песчаным заполнителем.

Использование представления об оптимальных грунтовых смесях позволило установить, что соотношение песка пылеватого и дресвяного грунта при соотношении 80 : 20 отвечает этому составу. Полученная искусственная смесь относится к песку пылеватому однородному средней плотности с примесью органических веществ. Полученные значения физико-механических характеристик этой смеси приведены в табл. 1. Определение оптимальной влажности и плотности проводилось методом стандартного уплотнения и позволяет считать, что максимальная плотность скелета грунта (с учетом фракции < 5 мм) равна 1,46 г/см³, а оптимальная влажность (с учетом фракции < 5 мм) равна 18 %.

Как видно из приведенных данных, золошлаковая смесь относится к среднепучинистой, значение модуля деформации составляет около 10 МПа, что сопоставимо со значениями модуля деформации песчаного грунта, величина угла внутреннего трения высокая при значении проектной влажности. Изученная смесь характеризуется сцеплением, что объясняется зацеплением частиц при сдвиге, обусловленным их неровной, иногда остроугольной поверхностью.

Полученные результаты были использованы при сооружении транспортной развязки перегона Михнево-Жилево Павелецкой железной дороги, которая построена и сдана в эксплуатацию 12.01.2016 (рис. 4).

Таблица 1
Значения среднестатистических показателей свойств золошлаковой смеси

Показатели свойств золошлаковой смеси						
ρ	e	W	ε_{fh}	C	φ	E
1,46	0,62	18	5,2	18	31	10,3

Примечание: ρ — плотность грунта, г/см³, e — коэффициент пористости; W — влажность (%), соответствует оптимальной влажности уплотнения; ε_{fh} — степень пучинистости %; C — сцепление, кПа; φ — угол внутреннего трения, град.; E — модуль деформации, МПа.



Рисунок 4. Отсыпка золы в дамбу подъездных путей на перегоне Михнево – Жилево (осень 2016 г.)

Список литературы

1. Николаева, С.К. Рациональное использование техногенных грунтов – отходов производств / С.К. Николаева [и др.] // Труды Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования», г. Москва. 23–24 ноября 2017 г. – М.: РУДН, 2017. – С. 201–206.
2. Огородникова, Е.Н. Классификации техногенных грунтов / Е.Н. Огородникова, С.К. Николаева // Сергеевские чтения. Выпуск 16. Развитие научных идей академика Е.М. Сергеева на современном этапе. – М.: Изд-во РУДН, 2014.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.И. Павловский, О.В. Шершнёв

Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, Гомель, Беларусь
e-mail: aipavlovsky@mail.ru, gomelgeo@yandex.ru

Приведены результаты оценки трансформации экологических функций геологической среды в пределах зоны влияния горно-химического производства. На примере Гомельского химического завода показано, что в зоне влияния отвалов фосфогипса происходит активное воздействие на основные природные компоненты. Это проявляется в технолитоморфологическом изменении геолого-геоморфологической основы природных ландшафтов, почвенного и растительного покрова, формировании литогеохимических и гидрогеохимических аномалий.

Ключевые слова: геологическая среда, почвы, растительность, поверхностные и подземные воды, загрязнение.

TRANSFORMATION OF ECOLOGICAL FUNCTIONS OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE MINING-CHEMICAL PRODUCTION

A.I. Pavlovsky, O.V. Shershnjov

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

The results of the assessment of the transformation of ecological functions of the geological environment within the zone of influence of mining and chemical production are presented. By the example of the Gomel chemical plant it is shown that in the zone of influence of phosphogypsum dumps there is an active impact on the main natural components. The evidence of this is technolithomorphological changes of geological and geomorphological basis of natural landscapes, soil and vegetation, and the formation of lithogegeochemical and hydrogegeochemical anomalies.

Keywords: geological environment, soil, vegetation, surface water, groundwater, pollution.

С момента возникновения геологии литосфера в основном исследовалась и использовалась с позиций поиска полезных ископаемых, однако начиная с XX века в связи с инженерно-хозяйственной, прежде всего инженерно-строительной деятельностью человека, эти приоритеты изменились. Появилась насущная необходимость оценить литосферу и в первую очередь ее верхнюю часть (геологическую среду), как вещественно-энергетическую основу существования человеческого сообщества. Согласно Сергееву Е.М. под геологической средой понимается «верхняя часть литосферы, которая рассматривается как многокомпонентная динамичная система, находящаяся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и, в свою очередь, в известной степени определяющая эту деятельность» [3].

Геологическая среда, как составная часть литосферы выполняет ряд важнейших экологических функций: ресурсную, геодинамическую, геохимическую и геофизическую. Ресурсная функция определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и геологического пространства для жизни и деятельности биоты; геодинамическая отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления; геохимическая отражает свойства геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека; геофизическая отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека [5].

Взаимодействие человека с геологической средой приводит к формированию природно-технических систем (далее – ПТС), которые существенным образом влияют на геологическое

пространство, изменения его функциональные особенности. В качестве такой природно-технической системы можно рассматривать крупнейшее предприятие химической промышленности ОАО «Гомельский химический завод» (далее – ГХЗ), ежегодный объем продукции которого составляет около 150 тыс. т фосфорных удобрений и 450 тыс. т серной кислоты. В результате ежегодно образуется до 650–800 тыс. т твердых отходов фосфогипса, общий объем которых за 50-летний период функционирования завода составил 18 млн т, или около 70 % от накопленных отходов производства в Гомельской области [4]. Таким образом, ПТС активно изменяет экологические функции геологической среды, что требует своевременного анализа и интерпретации для принятия необходимых решений по оптимизации производственной деятельности и обеспечения качества геологической среды.

В пределах санитарно-защитной зоны ГХЗ в наибольшей степени проявляется нарушение ресурсной, геохимической и геодинамической функций геологической среды. Это выражается прежде всего в воздействии на геолого-геоморфологическую основу ландшафтов, что привело к изменению свойств и морфологии основных природных компонентов, возникновению и протеканию геодинамических процессов.

Рельефопреобразование в пределах данной территории выражено в формировании положительных и отрицательных техногенных форм рельефа. Общая площадь проявления таких форм составляет около 1,4 км² и включает отвалы фосфогипса до границ санитарно-защитной зоны в радиусе 1000 м в северном, южном и западном направлениях.

Среди техногенных положительных форм доминирующими являются отвалы фосфогипса, которые занимают площадь около 0,91 км². Прочие положительные формы представлены единичными линейными объектами – дамбой обвалования и насыпями автодорог для движения технического транспорта.

Отрицательные техногенные формы представлены озерно-болотным комплексом (площадь 0,09 км², глубина до 1 м), карьерными водоемами (площадь 0,4 км², глубина до 2 м) и системой канав, которые расположены по периферии отвалов.

Геологические процессы в пределах территории размещения отвалов фосфогипса проявляются под влиянием экзогенных агентов. На открытой поверхности отвалов активно протекают водно-эррозионные процессы. В результате образовалась ручейковая сеть в виде промоин, длинной 10–40 метров и достигающих ширины от первых десятков сантиметров до 1–2 м. Через ручейковую сеть на прилегающие территории выносится с твердым стоком значительное количество фосфогипса с отвалов.

Загрязняющие вещества из отвалов фосфогипса переносятся также воздушным путем с пылевым облаком. Дальность такого переноса составляет от 2 до 10 км, преимущественно в северном и восточном направлениях [2].

На склонах отвалов формируются разнообразные виды гравитационных процессов, проявляющиеся в виде оплывин и осипей, развитие которых обусловлено различными уклонами поверхности отвалов, их экспозицией и условиями увлажнения.

В понижениях рельефа получили развитие процессы подтопления и заболачивания. В зоне подтопления наблюдается уменьшение проектного покрытия (до 30–40 %) и мозаичность растительного покрова, а часть подтопленных почв полностью лишена растений.

Почвенный покров на территории ГХЗ представлен исключительно техногенно измененными почвами. В пределах промышленной площадки почвенный покров сложен преимущественно захороненными, перемешанными, экранированными почвами и грунтами.

Растительный покров в зоне влияния отвалов фосфогипса ГХЗ в разной степени деградирован, либо полностью отсутствует, что привело к формированию техногенных пустошей. Деградация древостоя проявляется на удалении до 2,5 км, а на расстоянии 0,8–1,2 км деградация настолько значительна, что выражается в массовой гибели популяции сосны [1]. Однако постепенное уменьшение влажности отвалов фосфогипса и выветривание их поверхности привело к появлению растений-пионеров. Среди них вейник наземный (*Calamagrostis sepigeios* (L.)Roth), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.)Scop.) и другие. Длительная (более 20 лет) сукцессия в нижней части склонов отвалов фосфогипса привела в ряде случаев к их зарастанию и сокращению или полному затуханию эрозионных процессов.

Геохимическое преобразование геологической среды обусловлено, прежде всего, миграцией химических веществ (сульфатов, фосфатов) из отвалов фосфогипса в результате процессов физического и химического выветривания. В результате чего грунты, растительность поверхностные и подземные воды подвергаются значительному химическому воздействию, что приводит к их существенной деградации (табл. 1).

Таблица 1

Геохимические показатели состояния компонентов ландшафта в зоне влияния отвалов фосфогипса

Показатель	Грунты зоны аэрации вблизи отвалов (водная вытяжка)	Поверхностные воды у отвалов	Грунтовые воды у отвалов
pH	3,5–5,5	1,5–2,5	2–3
Сухой остаток, г/дм ³	1,3–1,6	5,0–25,0	5,0–25,0
Сульфат-ион, мг/дм ³	500–1000	1000–6000	3000–5000
Фосфор фосфатный, мг/дм ³	1,6–70	1000–5000	100–4000
Фтор-ион, мг/дм ³	2–25	100–1000	20–1000
Ион алюминия, мг/дм ³	0,5–10	10–200	1–500

В почво-грунтах, подтопленных загрязненными водами, отмечается увеличение минерализации (в 9,6 раз по сравнению с фоном), содержания сульфат-иона (в 9,1 раза), содержания фосфора фосфатного (в 50 раз), содержания азота аммонийного (в 4,8 раза), содержания иона алюминия (в 5 раз); снижается pH (в 1,3 раза).

Процесс подтопления загрязненными водами диагностируется с помощью фитоиндикации (табл. 2).

Таблица 2

Фитоиндикация подтопления территории загрязненными водами в зоне влияния отвалов фосфогипса

Показатель	Луговые экосистемы	
	в зоне подтопления	вне зоны подтопления
Общее проективное покрытие, %	30–40	88–90
Видовое богатство, видов на 100 м ²	7,8	13,8
Кислотно-щелочные условия по шкале Х. Элленберга	4,6	5,6
Солевое богатство по шкале Х. Элленберга	0,65	0,42

Среди поверхностных водных объектов наибольшее загрязнение характерно для приемников поверхностного стока с отвалов фосфогипса (стокоотводящие канавы, пруды). Вода в них, как правило, характеризуется сильнокислой pH 1,5–2,5. Максимальные концентрации среди загрязняющих веществ характерны для фосфат-иона, в десятки тысяч раз превышающие ПДК. Весьма высокое загрязнение наблюдается по азоту аммонийному, концентрации которого превышают ПДК от 4 до 80 раз. Избыточные концентрации, составляющие 1,4–6 ПДК, характерны и для сульфатов.

В пределах размещения отвалов фосфогипса и их ближайшей периферии наблюдается устойчивое во времени загрязнение грунтовых и напорных подземных вод сульфатами, фосфатами и азотом аммонийным, которые превышают ПДК в десятки, сотни, а иногда и тысячи раз.

Таким образом, результаты исследований на примере Гомельского химического завода показали, что в пределах влияния объектов горно-химического производства происходит многолетняя трансформация экологических функций геологической среды, прежде всего ресурсной, геохимической и геодинамической. Это приводит к всестороннему влиянию на компоненты природной среды, что выражается в технолитоморфологическом воздействии на земную поверхность, формировании литогеохимических и гидрогеохимических аномалий, изменении почвенного и растительного покровов, образовании техногенных ландшафтов.

Список литературы

1. Гусев, А.П. Индикаторы деградации лесных ландшафтов Белорусского Полесья в зоне влияния химического производства / А.П. Гусев // География и природные ресурсы. – 2005. – № 4 (октябрь-ноябрь). – С. 145–148.
2. Коцур, В.В. Геохимия подземных вод зоны активного водообмена на территории влияния Гомельского химического завода: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.09 / В.В. Коцур; ИГН НАН Беларуси. – Минск, 2004. – 21 с.
3. Сергеев, Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е.М. Сергеев // Инженерная геология, 1979. – № 1. – С. 3–19.
4. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2015 г. – Минск, 2016. – 323 с.
5. Трофимов, В.Т. Экологическая геология / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: ЗАО «ГеоИнформмарт», 2002. – 415 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А.М. Павлюченко¹, С.И. Зуй¹, Б.П. Власов², С.Г. Кавитова¹, В.Н. Кузмин²

¹ Научно-практический центр НАН Беларусь по биоресурсам, Минск, Беларусь
e-mail: rabo4mail@gmail.com

² Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Представлены предварительные результаты измерений содержания парниковых газов в донных отложениях четырех озер Ушачской группы.

Ключевые слова: донные отложения, парниковые газы, газовая хроматография.

PRELIMINARY RESULTS OF MEASUREMENTS OF CONTENT OF METHANE IN GROUND DEPOSITS OF THE BELARUSIAN POOZERJE LAKES

А.М. Pavlyuchenko¹, С.И. Zui¹, В.П. Vlasov², С.Г. Kavitova¹, В.Н. Kuzmin²

¹ Research and Practical Center of NAS of Belarus for bioresources, Minsk, Belarus

² Belarusian State University, Minsk, Belarus

Preliminary results of measurements of content of greenhouse gases in ground deposits of four lakes of Ushachsky group are presented.

Keywords: ground deposits, greenhouse gases, gas chromatography.

Возрастание концентрации парниковых газов в атмосфере Земли принято считать основной причиной глобального изменения климата. Из анализа многочисленных данных об изменениях, происходящих в составе атмосферы Земли, и из оценок влияния парниковых газов на радиационный баланс планеты установлено, что основной вклад вносят диоксид углерода и метан. При имеющимся дисбалансе в обменном метановом цикле в системе атмосфера-гидросфера-литосфера приходится искать новые природные источники и процессы образования CH₄ и внимательно анализировать уже имеющиеся [3].

В настоящее время для интерпретации данных, полученных при изучении процессов выделения парниковых газов с земной поверхности, используется достаточно простая модель источников. Она связана с биогенным, микробиогенным и термогенным механизмами образования газа. Биогенный механизм связан с химическими превращениями органических веществ на земной поверхности, например, с выделением двуокиси углерода при дыхании макроорганизмов и растений. Газы сразу же поступают в атмосферу. Газы из подземных источников поступают в атмосферу через пласти горных пород. Микробиогенный (аэробный и анаэробный) механизм обусловлен функционированием микроорганизмов в достаточно тонком подповерхностном слое Земли. Термогенный газ образуется на значительных глубинах при высоких температуре и давлении и скапливается в газовых ловушках (месторождениях) или диффундирует через осадочный чехол в атмосферу. Считается, что в образовании газовых гидратов, которые относят к самостоятельным источникам парниковых газов, участвуют как микробиогенные (донные отложения), так и термогенные источники.

На земной поверхности парниковые газы могут проявляться и фиксироваться в виде смесей, поступающих из различных источников. Основными маркерами газов подземного происхождения служат изотопный и вещественно-структурный состав углеводородных соединений.

При изучении природного углеродного цикла значительное внимание уделялось и уделяется источникам и стокам газов как в мировом океане, занимающем 70 % поверхности Земли [10], так и на континентах в их твердой части. Работ, посвященных воде-мам, которые занимают около 2 % площадей континентов, мало. При этом существуют регионы, где озера могут занимать до 20 % от их общей площади. Озерный газообмен в этом случае становится важным фактором углеродного цикла. В качестве примера можно привести Белорусское Поозерье, где водные ресурсы занимают значительную часть территории и считаются структурообразующими элементами экосистемы региона в целом.

Цель настоящей работы – представить предварительные результаты измерений концентрации метана в донных отложениях некоторых озер, отмеченных повышенным газовыделением в виде скопления пузырей в водной или ледовой массе.

Поиск подводных структур, связанных с выделением метана и других углеводородов, достаточно хорошо отработан геологами, занимающимися поисками месторождений нефти и газа. Месторождениям, скрытым в структурных ловушках, часто сопутствуют выделения газа через разрывные неоднородности горной среды. На поверхности выхода образуется конусообразная воронка с характерной для рыхлых отложений окантовкой в виде бортика в верхней части структуры [9]. Эти воронки получили специальное название «покмарки» (ПМ). Они могут иметь размеры от десятков сантиметров до сотен метров в диаметре и до десятков метров глубиной [8]. Покмарки выявлены в различных частях Мирового океана (в Северном, Норвежском, Баренцевом, Каспийском, Средиземном, Черном, Охотском морях, Мексиканском, Гвинейском заливах и т. д.) на глубинах от 5 до 3000 м и более. Они повсеместно обнаружены на дне Финского залива и тщательно изучались экспедициями ВСЕГЕИ [2]. Покмарки открыты также и в арктических морях вдоль всего побережья Евразии [4, 7].

Как было выяснено, ПМ могут быть локализованы на обнажениях, приуроченных к разломам на морском дне. Для объяснения к рассмотрению привлекают предположение о существование потоков газов эндогенной природы, истекающих из геологических структур, включая и источники, возникающие при распаде по тем или иным причинам газовых гидратов [1].

Покмарки небольших размеров обнаружены на дне озер Карелии [6], а также термокартстовых озер Западной Сибири [5]. Внешним признаком наличия ПМ может служить образование газовых пузырей на поверхности озера. Пузыри особенно заметны в зимний период, когда накопление газа происходит в ледяных ловушках или в подледном пространстве. Освобождение из ловушки газа может сопровождаться факелом, что говорит об его углеводородной природе. На некоторых покрытых льдом, но беснежных канадских озерах хорошо проявлены газовыделения. Явления пузирения на водной поверхности, включая зимнее, наблюдались на некоторых северных озерах Беларуси (Ушачская группа озер).

Внешние признаки газовыделения в озерах могут служить основанием для поисков покмарков. Для этого могут быть использованы сонары бокового обзора. В экспедициях ВСЕГЕИ использовался сонар CM2 (C-MAX Ltd.). Его характеристики позволяют сканировать дно на глубинах до 2,5 км и изменять зону охвата от 12,5 до 0,5 км. Структуру подземного строения покмарка озерного происхождения и его связь с глубинным выделением можно выявить с помощью непрерывного сейсмоакустического профилирования высокого разрешения [2].

При значительных объемах выделяющегося газа измерения производятся непрерывно. При малых объемах перед измерениями производится накопление газа в накопителе или закрытой камере. Через заданный промежуток времени производится пробоотбор, а измерение концентраций газовых компонент в пробе проводится отдельным процессом. Подобные технологии успешно применяются при оценках выделения парниковых газов из болотных экосистем [11].

Измерительный комплекс на основе метода закрытых эмиссионных камер состоит из собственно камеры, которая служит накопителем выделяемых газов, и отдельного контрольно-измерительного блока. В рабочем состоянии камера и блок связаны друг с другом питающим электрокабелем и шлангами для откачки и возвращения газовых проб. В режиме накопления разъемы камеры герметично перекрыты. Поступающий из воды газ накапливается в камере, и по скорости изменения его концентрации оценивается поток с изучаемого участка.

Для непрерывных (с шагом 5 сек.) измерений потока метана с водной поверхности обычно используется портативный инфракрасный газоанализатор. Для случая режима накопления предусмотрен отбор газа в стандартные вакуумируемые колбы, которые могут быть подключены посредством специального автосемплера к стандартному газовому хроматографу. В нашем случае использовался хроматограф «Хроматек Кристалл 5000» с электронным захватывающим детектором для анализа N_2O и CO_2 и пламенный ионизационный детектор для CH_4 .

Если не удается обнаружить ярко выраженные ПМ, которые служат безусловным индикатором источников термогенного газа, то можно попытаться идентифицировать источники

посредством отбора проб донных отложений и изучения глубинного распределения содержания углеводородов.

В данной работе приводятся результаты предварительных исследований газовыделений, выполненных авторами в декабре 2018 г. на Ушачской группе озер (Долгое, Вечелье, Березовское, Кривое). Метод закрытых плавающих камер использовался при отборе проб с поверхности озера. Модифицированный метод закрытых донных камер, заключающийся в наращивании эффективной длины камеры посредством соединения стандартных открытых с противоположных сторон специальных модулей, использовался для отбора проб с поверхности дна. Отбор проб в обоих случаях проводился в вакуумированные колбочки через каждые 10 минут. Измерения содержания газов (CH_4 , CO_2 , N_2O) проводились в лабораторных условиях на газовом хроматографе. Результаты измерений проведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика газов, отобранных с водной поверхности и поверхности дна в озерах Ушачской группы

Дата отбора	Озеро	Вид камеры	CO_2 (ppm)	N_2O (ppb)	CH_4 (ppb)
14.12.2017	Вечелье	Плавающая	430,6	342,8	2850,9
14.12.2017	Вечелье	Донная	427,1	322,6	3069,8
15.12.2017	Долгое	Плавающая	412,7	319,7	2014,8
15.12.2017	Долгое	Донная	491,9	312,8	8060,9
15.12.2017	Берёзовское	Плавающая	411,4	336,9	2024,3
15.12.2017	Берёзовское	Донная	413,6	312,3	2047,3
16.12.2017	Кривое	Плавающая	428,8	348,3	2152,8
16.12.2017	Кривое	Донная	1299,5	800,7	5670,6

Отбор проб донных отложений проводился поршневой трубкой с гидрозатвором длиной 90 см. Получающаяся в результате колонка фрагментировалась по слоям и из каждого слоя отбирался образец объемом около 200 мл, который помещался в герметичную посуду объемом 500 мл с отводом в верхней части для забора газовой пробы в вакуумированную колбочку. Механическая дегазация твердого образца проводилась в течение 3–4 часов посредством встряхивания. В результате такого воздействия образовывалась трехфазная система: порода, вода, газ. Процесс заканчивался, если в водной среде визуально не наблюдалось пузырьков газа. Измерения концентраций компонент газов проводились в лабораторных условиях на газовом хроматографе. Результаты измерений сведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика газов из донных отложений озер Ушачской группы

Дата отбора	Озеро	CO_2 (ppm)	N_2O (ppb)	* CH_4 (ppb)
14.12.2017	Вечелье	17 738,8	479,7	Выше 65 000
14.12.2017	Вечелье	428,2	344,4	24 395,4
14.12.2017	Вечелье	1849,3	316,8	45 360,7
14.12.2017	Вечелье	12 762,3	6,2	Выше 65000
14.12.2017	Вечелье	7037,8	302,0	41 040,6
14.12.2017	Вечелье	8190,2	293,9	27 766,2
14.12.2017	Вечелье	429,6	338,3	22 075,9
14.12.2017	Вечелье	15 857,4	456,0	Выше 65 000
14.12.2017	Вечелье	3883,6	304,5	48 007,0
14.12.2017	Вечелье	1835,4	315,4	47 844,4
15.12.2017	Долгое	23 333,3	34,1	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	21 325,5	29,5	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	3817,4	328,9	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	21 379,4	20,1	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	26 021,3	15,4	Выше 65 000

Дата отбора	Озеро	CO ₂ (ppm)	N ₂ O (ppb)	*CH ₄ (ppb)
15.12.2017	Долгое	20 858,8	10,7	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	17 135,7	6,0	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	16 882,8	1,3	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	26 345,8	0,1	Выше 65 000
15.12.2017	Долгое	24 831,4	0,2	Выше 65 000
15.12.2017	Берёзовское	13 829,6	16,6	7071,5
15.12.2017	Берёзовское	12 873,2	14,3	43 190,1
15.12.2017	Берёзовское	24 939,3	12,0	Выше 65 000
15.12.2017	Берёзовское	11 660,1	9,6	61 935,1
15.12.2017	Берёзовское	12 207,7	5,0	43 652,9
15.12.2017	Берёзовское	13 832,5	0,3	37 811,9
16.12.2017	Кривое	1465,2	742,2	5792,1
16.12.2017	Кривое	1393,1	768,0	5677,1
16.12.2017	Кривое	1521,4	745,2	8949,5

* Калибровка прибора по CH₄ расчитана до 65 ppm

Анализ табличных данных указывает, что концентрации парниковых газов в донных отложениях выбранных озер с глубиной возрастают и достигают достаточно больших значений – на порядок выше, чем на поверхности. Можно предположить, что микробиогенный газ, образующийся в верхнем 5-сантиметровом слое, подпитывается эндогенными источниками.

Список литературы

- Геодекян, А.А. Углеводородные газы в водах Балтийского моря / А.А. Геодекян, В.Я. Троцюк и др. // Океанология. – 1979. – Т. 19, № 4. – С. 638–643.
- Жамойда, В.А. Геолого-геоморфологические условия формирования пок-маков в восточной части Финского залива / В.А. Жамойда, Д.В. Рябчук, М.А. Спиридовон и др. // Региональная геология и металлогения. – 2013. – № 54. – С. 25–37.
- Кароль, И.Л. Оценки характеристик относительного вклада парниковых газов в глобальное потепление климата / И.Л. Кароль // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 11. – С. 5–12.
- Малаховский, Д.Б. Геолого-геоморфо-логические аномалии на севере Европы / Д.Б. Малаховский, А.В. Амантов // Геоморфология. – 1991. – № 1. – С. 85–95.
- Полищук, Ю.М. Методические вопросы оценки запасов метана в малых термокарстовых озерах криолитозоны Западной Сибири / Ю.М. Полищук, Н.А. Брыксина и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – Т. 326, № 2. – С. 127–133.
- Рязанцев, П.А. Георадарное обследование донных отложений малых озёр Карелии / П.А. Рязанцев, З.И. Слуковский, А.И. Родионов // Доклады V Международной конференции молодых ученых «Водные ресурсы: изучение и управление», Петрозаводск, 5–8 сентября 2016. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2016.– С. 124–130.
- Юсупов, В.А. Обнаружение областей пузырьковой разгрузки метана на шельфе моря Лаптевых в Восточной Арктике / В.А. Юсупов, А.Н. Салик, В.Н. Карнаух и др. // Докл. РАН. – 2010. – Т. 430, № 1. – С 5–10.
- Hovland, Martin. Seabed Pockmarks and Seepages: Geological Ecological and Environmental Implication / Martin Hovland. – Springer, 1988. – 336 p.
- King, L.H. Pockmarks on the Scotian Shelf / L.H. King, B. McLean // Geol. Soc. of Amer. Bull. – 1970. – Vol. 81. – P. 3141–3148.
- Livingston, G.P. Enclosure-based measurement of trace gas exchange: Applications and sources of error. / G.P. Livingston, G.L. Hutchinson // Biogenic trace gases: Measuring emissions from soil and water. – Oxford: Blackwell Science Ltd. – 1995. – P. 14–51.
- Parparov, A. Water quality quantification: basics and implementation / A. Parparov [et al.] // Hydrobiologia, 2006. – Vol. 560. – p. 227–237.

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ С ЗАСОЛОНЕННЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ И РОССИИ)

В.Д. Порошин

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Гомель, Беларусь
e-mail: poroshin-52@mail.ru*

Рассмотрены состояние и проблемы разработки нефтяных месторождений в засолоненных коллекторах Припятского прогиба и Сибирской платформы. Показана роль гидрохимического мониторинга при разработке таких залежей, сформулированы актуальные задачи по освоению скважин и регулированию разработки нефтяных месторождений в засолоненных коллекторах.

Ключевые слова: нефть, месторождения, засоленные коллекторы, Припятский прогиб, Сибирская платформа.

THE STATE AND PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF HYDROCARBON FIELDS IN SALINIZED RESERVOIRS (ON THE EXAMPLE OF OIL-AND-GASBEARING REGIONS OF BELARUS AND RUSSIA)

V.D. Poroshin

Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus

The state and problems of development of oil fields in salinized reservoirs of the Pripyat Trough and the Siberian Platform have been considered. The role of hydrochemical monitoring in the development of such deposits is shown, and actual tasks are formulated for the development of wells and the regulation of the development of oil deposits in salinized reservoirs.

Keywords: oil, fields, salinized reservoirs, the Pripyat Trough, the Siberian Platform.

Под засоленными коллекторами понимаются горные породы, пустотное пространство которых частично заполнено вторичным (катагенетическим) галитом. При взаимодействии с закачиваемыми для поддержания пластового давления в нефтегазоносные пласты пресными или слабоминерализованными водами галит интенсивно растворяется. В результате этого процесса емкостные, фильтрационные и некоторые другие петрофизические свойства пород претерпевают существенные изменения, что необходимо учитывать при освоении скважин, а также при подсчете запасов углеводородов (далее – УВ), контроле, моделировании и регулировании разработки месторождений нефти и газа.

На территории Беларуси засоленные породы-коллекторы широкое распространение получили в подсолевых, межсолевых и внутрисолевых отложениях девона и верхнего протерозоя Припятской нефтегазоносной области (далее – НГО), на территории Российской Федерации – в подсолевых отложениях венда и нижнего кембрия Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (далее – НГП) юга Сибирской платформы. Припятский прогиб, как известно, является единственным нефтегазоносным регионом в Беларуси, а Восточно-Сибирский регион занимает по концентрации в нем углеводородов второе место в Российской Федерации (после Западно-Сибирского); извлекаемые запасы и ресурсы углеводородов (далее – УВ) в нем оцениваются в несколько десятков миллиардов тонн условного топлива [4].

Начальные этапы активного проведения геологоразведочных работ и открытия месторождений углеводородов в названных регионах связаны с шестидесятыми–восьмидесятыми годами прошлого столетия, но степень освоенности ресурсов нефти и газа к настоящему времени в них существенно различается. Так, Припятская НГО характеризуется высокой степенью освоенности. В настоящее время все крупные и средние по запасам месторождения здесь находятся на поздних стадиях разработки, введено в разработку большинство высоко- и среднепродуктивных мелких месторождений и залежей нефти. Открытые в последние два десятилетия месторождения и залежи относятся к категории мелких, а их извлекаемые запасы,

как правило, не превышают одного миллиона тонн. Освоенность же начальных суммарных ресурсов Лено-Тунгусской НГП остается крайне низкой, что можно объяснить отсутствием до недавнего времени развитой нефтегазотранспортной системы. К настоящему времени здесь введен в действие магистральный нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан, активно ведутся работы по строительству аналогичного газопровода Сила Сибири, на первой стадии разработки находятся несколько крупных месторождений, и только одно, Верхнечонское, нефтегазоконденсатное месторождение соответствует второй стадии освоения. Вместе с этим активно проводятся поисково-разведочные работы на нефть и газ, открываются все новые и новые залежи и месторождения, в том числе крупные по запасам

Для рассматриваемых регионов характерна определенная схожесть геолого-гидрогеологических условий, определивших региональное развитие в продуктивных комплексах засоленных пород. Это наличие в осадочном разрезе мощных и достаточно выдержаных по простирации соленосных толщ, а также повсеместное распространение в нефтегазоносных комплексах и горизонтах высокоминерализованных хлоркальциевых рассолов с предельной степенью их насыщенности по галиту [8]. Вместе с этим укажем на более высокую минерализацию пластовых рассолов продуктивных горизонтов и более значительную степень галитизации флюидовмещающих пород юга Сибирской платформы.

Данные о наличии засоленных коллекторов в продуктивных отложениях Припятского прогиба известны с начальных этапов освоения региона. Первые сведения об этом опубликованы Сахибгареевым Р.С. еще в 1974 и 1976 годах. Дальнейшие исследования Тюменцева В.А. и Карагаева А.А. не только подтвердили факт засоления коллекторов Припятского прогиба, но и позволили установить особенности их распространения на Березинском нефтяном месторождении. В последующие годы наиболее полно этот вопрос рассмотрен в работах Махнача А.А. и ряда других исследователей [5]. Гидрохимические исследования, проводимые автором данной статьи, начиная с девяностых годов прошлого века, позволили установить масштабы галитизации продуктивных пород в пределах большинства разрабатываемых залежей нефти [7, 8]. В настоящее время в отчетах по подсчету запасов нефти и газа, проектных документах на разработку месторождений, других геологических материалах при описании продуктивных горизонтов и комплексов конкретных площадей и месторождений приводятся сведения о наличии галита в порах, трещинах и кавернах. Практически во всем разрабатываемым месторождениям отмечается значительное содержание в попутно добываемых с нефтью водах избыточного количества хлористого натрия, что связывается с процессом растворения галитовых выполнений. Однако более обстоятельно засоленные коллекторы, как правило, не исследуются. Поэтому необходимо отметить, что закономерности локализации вторичного галита в пределах белорусских нефтяных залежей изучены явно недостаточно, что связано, как нам представляется, с отсутствием специальных целенаправленных программ исследований по данной проблеме на республиканском и отраслевом уровнях, в том числе по вопросу создания петрофизических моделей засоленных коллекторов, разработки и внедрения промыслового-геофизических и сейсмических методов их выделения и прогнозирования.

В последние годы с многочисленными проблемами, связанными с разведкой и разработкой залежей УВ в засоленных коллекторах Восточной Сибири, столкнулись специалисты ряда российских нефтегазовых компаний (ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпром», ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Газпромнефть», Иркутская нефтяная компания и др.). Переход к активной фазе освоения открытых здесь месторождений обнажил целый ряд проблем в добыче нефти, проектировании и моделировании разработки залежей УВ в целом. В России эти проблемы начали активно обсуждаться в периодической печати в связи с началом эксплуатации Верхнечонского, Талаканского, Ярактинского, Среднеботуобинского и других месторождений, а также с подготовкой к разработке уникального по запасам Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения. В целях изучения возникших проблем специалистами крупнейших нефтегазовых компаний Российской Федерации и других организаций с привлечением результатов исследований специалистов ОАО «Иркутскгеофизика», ЦГЭ, ТННЦ, ТомскНИПИнефть, Иркутского государственного университета, РГУНГ им. И.М. Губкина, ВНИГРИ, ВНИГНИ, СибНИИНП, СибНИИГГиМС, других научных, учебных и производственных центров ведутся работы по прогнозированию зон развития засоленных коллекторов с помощью обобщения результатов геологических, промыслового-геофизических

и полевых сейсмических методов исследования. Реализуется ряд методов по защите скважин от солеотложений. Проводятся лабораторные работы по выяснению особенностей изменения фильтрационно-емкостных свойств (далее – ФЕС) пород в процессе рассоления образцов керна, делаются попытки моделирования этих процессов в продуктивных пластах конкретных залежей с помощью известных теоретических разработок и применения специализированных программных продуктов [5].

В последнее десятилетие во всех названных направлениях исследований достигнуты заметные успехи. Более того, объемы этих исследований постоянно растут, а полученные при этом материалы приносят все более и более интересные результаты, имеющие не только существенное теоретическое, но и огромное практическое значение. Проводимые работы включают литолого-фациальные, петрографические исследования, стадиальный анализ литогенеза, оценку ФЕС пород, определение содержания в образцах галита, прочностных и других свойств засолоненных и обессоленных пород. При этом установлен характер изменения структуры порового пространства, коэффициента вытеснения нефти, относительных фазовых проницаемостей, смачиваемости пород в зависимости от степени засоленности коллектора. На значительной части образцов проведены потоковые лабораторные эксперименты (с созданием природных термобарических условий) по изучению изменения ФЕС пород в процессе их рассоления. Для этого широко используются самые современные установки по исследованию керна, методы компьютерной томографии, ртутной порометрии, растровой электронной микроскопии, микроскопии в шлифах и т. д. [1–3, 6, 9, 12–14].

Прежде всего были разработаны и внедрены в практику лабораторных исследований методы определения степени засоленения образцов пород, проведены массовые определения этого показателя, а также ряда других петрофизических параметров на керне из различных месторождений, в том числе отобранных из скважин, пробуренных на растворе с нефтяной основой [11]. Результаты этих и дальнейших исследований [1–3, 12–14] свидетельствуют о существенном увеличении емкостных (в разы) и фильтрационных (на 1–3 порядка) свойств пород в процессе их рассоления, а также о завышении имевшихся данных по пористости засолоненных пород (в среднем на 1,4 % абс.), что было вызвано определением этого показателя на частично либо полностью отмытых образцах керна [10]. Впервые установлено, что граничные значения пористости незасолоненных коллекторов кратно превышают таковые значения засолоненных (табл. 1), что объясняется особенностями заполнения солью порового пространства: при засоленении туниковых и боковых пор, где фильтрации флюида не происходит либо она замедляется, остаются каналы активной фильтрации.

Таблица 1

Границные значения коэффициентов пористости (K_n) и проницаемости (K_{np}) коллекторов Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения [6]

Горизонт	Порода			
	засолоненная		незасолоненная	
	K_n , д. ед.	K_{np} , мД	K_n , д. ед.	K_{np} , мД
Ботубинский	0,013	0,8	0,039	0,8
Хамакинский	0,02	0,5	0,04	0,5
Талахский	0,045	0,5	0,065	0,7

Массовые лабораторные исследования керна продуктивных терригенных и карбонатных пластов способствовали созданию петрофизических моделей засолоненных и незасолоненных участков, разработке методов промыслового-геофизических и сейсмических исследований по выделению и прогнозированию зон и интервалов засоленения. Использование этих методов позволило установить определенные закономерности локализации галита в поровом пространстве, построить схемы и карты распространения засолоненных коллекторов по основным продуктивным горизонтам для Верхнечонского, Чаяндинского, Ярактинского и ряда других крупных месторождений УВ [3, 6, 9, 12–14]. С учетом новых данных по исследованию керна, промыслового-геофизической и сейсмической информации о степени засоленности

пород проведено районирование территории отдельных залежей и месторождений, уточнены граничные значения коэффициентов пористости и проницаемости, оценены эффективные нефтенасыщенные толщины, что позволило произвести и утвердить в Государственной комиссии по запасам результаты подсчета раздельно по участкам распространения засоленных пород и зонам отсутствия галита в поровом пространстве. Полученные материалы привели к существенной корректировке существовавших геологических моделей залежей.

Учет накопившихся сведений о степени засоленения терригенных и карбонатных пород способствовал установлению более тесных связей между их пористостью и проницаемостью по отдельным нефтегазоносным горизонтам. Для целого ряда месторождений построены зависимости, отражающие увеличение проницаемости коллекторов с ростом их пористости в процессе их рассоления, в том числе с учетом объемов вымытого галита [1–3, 6, 12–14]. Используя эти наработки, специалисты нефтяных компаний производят прогноз рабочих дебитов добывающих скважин и добывных возможностей залежей в целом.

В процессе обработки данных лабораторных исследований получены материалы, указывающие на меньшую степень начальной нефтенасыщенности, более высокие значения коэффициентов вытеснения, относительных фазовых проницаемостей по нефти и смачиваемости засоленных коллекторов по сравнению с незасоленными при прочих равных условиях [3, 13]. Использование этих результатов и уточненных геологических моделей позволяет российским нефтяникам создавать гидродинамические модели залежей, которые более адекватно отражают происходящие в продуктивных пластах процессы перемещения пластовых флюидов к забоям добывающих скважин, рекомендовать мероприятия по повышению степени извлечения УВ из залежей, а также более надежно прогнозировать технологические показатели дальнейшей разработки нефтяных и газовых месторождений.

Краткий сравнительный анализ результатов проводимых работ по изучению засоленных коллекторов юга Сибирской платформы и Припятского прогиба свидетельствует, что их результаты, безусловно, имеют важное значение для разъяснения возникших вопросов, особенно на начальной стадии поисков, разведки и эксплуатации нефтяных залежей. Однако, как показывает многолетний опыт разработки белорусских нефтяных месторождений, этого явно недостаточно для корректного решения целого ряда задач, связанных с разработкой залежей нефти в засоленных коллекторах на следующих этапах. Происходящие в продуктивных пластах процессы рассоления пород-коллекторов заметно отличаются от прогнозируемых с помощью использования результатов лабораторных исследований, теоретических расчетов и схем, заложенных в программных продуктах.

Многие из возникающих задач могут быть решены с помощью гидрохимических методов анализа и контроля разработки. Накопленный в Республике Беларусь опыт ведения гидрохимического мониторинга, разработанные и применяемые методические подходы к анализу и контролю эксплуатации залежей в засоленных коллекторах представляют несомненный интерес для нефтяных компаний, занимающихся вопросами освоения углеводородных ресурсов Восточной Сибири.

Автором предложены, апробированы и внедрены в производство гидрохимические методы, которые показали высокую эффективность при анализе и контроле разработки залежей нефти в засоленных коллекторах и хорошо зарекомендовали себя на практике [5, 7, 8]. Для количественной оценки влияния протекающих процессов на ФЕС пород были разработаны методики и компьютерные программы, основанные на интерпретации данных о составе и плотностях закачиваемых и попутных вод [7, 8]. Используя предложенные технологии, проведен расчет баланса хлористого натрия в пластовых, закачиваемых и попутных водах за весь срок эксплуатации обводнившихся добывающих скважин на всех разрабатываемых белорусских месторождениях. В качестве примера приведем отдельные результаты таких расчетов. Так, в пределах межсолевой залежи Осташковичского месторождения наибольший объем галита вынесен попутными водами скважины 55; он составил 107,7 тыс. м³. В различные годы из залежи с попутными водами выносились до 111 тыс. м³ галита в год, а в целом за весь срок ее разработки извлечено более 1,6 млн м³. Кроме того, в закачанной воде, остающейся в залежи, растворилось до 7 млн м³ данного минерала. За счет этого увеличение относительной пористости по залежи оценивается в 15–20 %.

Скважины различаются по своему вкладу в увеличение объема сети фильтрационных каналов. При этом величина избыточного содержания в попутных водах хлористого натрия, как

и объемы выносимого галита, заметно различались в процессе эксплуатации разных скважин, что необходимо учитывать при проектировании, контроле, моделировании и регулировании разработки месторождений нефти и газа [5, 7, 8].

Вышеизложенное свидетельствует о целесообразности организации на Верхнечонском, Среднеботубинском, Талаканском, Чаяндинском, Ярактинском и других месторождениях Восточной Сибири гидрохимического мониторинга, что позволит проводить оперативную оценку изменения объемов сети фильтрационных каналов в различных участках разрабатываемых залежей, решать ряд других не менее важных нефтепромысловых задач [7, 8]. Установленные при этом особенности будут способствовать усовершенствованию геолого-технологических моделей и проектных документов, контролю, регулированию и повышению эффективности разработки залежей углеводородов.

Представленные в настоящей статье сведения позволяют также внести предложения по детальному ознакомлению белорусскими нефтяниками с опытом исследований засолоненных коллекторов, накопленным российскими специалистами на материалах восточно-сибирских месторождений, проведению аналогичных лабораторных и научно-исследовательских работ по белорусским месторождениям, созданию своих или адаптации созданных в российских нефтегазовых компаниях лабораторных, промыслового-геофизических и сейсмических методов изучения засолоненных коллекторов и внедрению этих методов в практику освоения остаточных запасов и ресурсов УВ республики. Реализация данных предложений будет способствовать открытию новых залежей, повышению эффективности разработки нефтяных месторождений и стабилизации показателей добычи нефти в Республике Беларусь.

Список литературы

1. Григорьев, Б.А. Особенности фильтрационного течения через нестационарные дисперсные среды, представленные засоленными терригенными породами-коллекторами / Б.А. Григорьев, Е.А. Рыжов, Д.М. Орлов и др. // Вести газовой науки. – 2014. – № 2. – С. 90–97.
2. Гринченко, В.А. Численные исследования процессов рассоления при заводнении засолененных коллекторов пресной водой / В.А. Гринченко, И.А. Виноградов, А.С. Тимчук, Я.И. Гордеев // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 8. – С. 85–89.
3. Мухидинов, Ш.В. Методические особенности петрофизического изучения засолененных терригенных пород нефтегазовых месторождений Чонской группы / Ш.В. Мухитдинов, В.С. Воробьев // PROНефть. Научно-технический журнал «Газпромнефти». – 2017. – № 1. – С. 32–37.
4. Перспективные лицензионные участки Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия) / Отв. ред. Д.В. Миляев. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2017. – 203 с.
5. Повжик, П.П. К проблеме разработки залежей нефти в засолененных коллекторах (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба и Сибирской платформы / П.П. Повжик [и др.] // Літасфера. – 2018. – № 1(48). – С. 3–14.
6. Поляков, Е.Е. Решение научных проблем при подсчете запасов углеводородов Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения / Е.Е. Поляков, Е.А. Рыжов, А.В. Ивченко и др. // Вести газовой науки. – 2017. – 3 (31). – С. 172–186.
7. Порошин, В.Д. Методы обработки и интерпретации гидрохимических данных при контроле разработки нефтяных месторождений / В.Д. Порошин, В.В. Муляк. – М.: Недра, 2004. – 220 с.
8. Порошин, В.Д. Ионно-солевой состав вод эвапоритсодержащих осадочных бассейнов в связи с поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений: автореф. дис. ... д. г-м. н. – М.: ГАНГ им И.М. Губкина, 1997. – 44 с.
9. Савченко, С.И. Петрофизическое обоснование интерпретации данных ГИС по Даниловскому месторождению / С.И. Савченко, И.В. Сабанчин, А.Н. Афраков и др. // Горные ведомости. – 2013. – № 6. – С. 36–49.
10. Теленков, В.М. Возможности методов ГИС при исследовании засолененных коллекторов / В.М. Теленков, Н.В. Козар, А.Н. Волнухин // Каротажник. – 2016. – Вып. 9. – № 267. – С. 55–63.
11. Турицин, К.С. Статьи по петрофизике / К.С. Турицин. – Иркутск: Изд-во «Папирус», 2016. – 116 с.
12. Черемисин, А.Н. Картирование зон солеотложений, влияние рассоления продуктивного пласта на разработку Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения / А.Н. Черемисин, А.А. Горланов, Д.Д. Романова и др. // Нефтепромысловое дело. – 2017. – № 12. – С. 66–72.
13. Чиргун, А. Теория и практика разработки сложнопостроенных коллекторов Восточной Сибири на примере Верхнечонского месторождения / А. Чиргун, А. Ливанов, Я. Гордеев и др. // Доклад SPE -189301 – RU. – 2017. – 42 с.
14. Щетинина, Н.В. История развития петрофизической модели верхнечонского горизонта / Н.В. Щетинина, Я.И. Гильманов, Д.А. Анурьев, Е.С. Бусук // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2015. – № 3. – С. 30–38.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ХИМИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОРОД ЗОНЫ АЭРАЦИИ ОРШАНСКОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Л.Н. Рябова

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

e-mail: ryabova@ecology.basnet.by

Изучены основные показатели пород зоны аэрации Оршанского гидрогеологического бассейна, характеризующие устойчивость к химическому загрязнению. К этим показателям относятся уровень грунтовых вод, характер почвенного покрова, содержание и состав органического вещества, кислотно-щелочные условия среды, количество глинистого вещества.

Ключевые слова: зона аэрации, степень устойчивости, отложения, почва, химическое загрязнение.

RESISTANCE TO CHEMICAL POLLUTION OF THE AERATION ZONE ROCKS IN THE ORSHA HYDROGEOLOGICAL BASIN

L.N. Ryabova

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

The main indicators of rocks in the aeration zone of the Orsha hydrogeological basin, characterizing resistance to chemical pollution were studied. These indicators are groundwater level, soil cover character, content and composition of organic matter, acid-alkaline environment conditions, clay material content.

Keywords: aeration zone, degree of stability, sediment, soil, chemical pollution.

Понятие «устойчивость» относится к терминам свободного пользования [1]. В разные годы белорусскими исследователями проводилась оценка устойчивости геологической среды и построены карты, в основе которых лежит выделение геохимических ландшафтов [3, 10]. Под устойчивостью пород зоны аэрации к химическому загрязнению понимается способность сопротивляться процессам техногенной дестабилизации их первоначального состояния и определяется характером почвенного покрова, наличием и емкостью педогеохимических барьера [6, 9]. Барьерные свойства почв зависят от минералогического и гранулометрического составов, содержания и состава органических веществ, структуры, влажности, физико-химических обстановок и других факторов. Присутствие в почвах соединений поллютантов благодаря способности их к миграции с током почвенной влаги становится с течением времени причиной загрязнения грунтовых вод, то есть образования вторичных техногенных аккумуляций. Почвы, обладая сорбционной активностью и высокой емкостью поглощения, могут служить мощным барьером на пути миграции химических элементов, включая радиоактивные, в подземные воды.

В настоящей работе рассматривается устойчивость пород зоны аэрации к химическому загрязнению Оршанского гидрогеологического бассейна на основании показателей барьерных свойств отложений и почвенного покрова этого региона.

Территория бассейна характеризуется широким простиранием в северной части с запада на восток и юго-восток лессовых ландшафтов, имеющих самые высокие гипсометрические уровни (190–250 м над уровнем моря). Здесь расположена Оршанская возвышенность. Южнее возвышенной полосы находится компактный массив вторичноморенных ландшафтов, занимающих большую часть территории бассейна, на отдельных участках с ними сочетаются вторичные и водоно-ледниковые, а также холмисто-моренно-эрэзионные ландшафты. На крайнем юге и юго-востоке сосредоточены моренно-зандровые ландшафты. Пойменные и аллювиальные террасированные ландшафты в виде узких полос вытянуты вдоль р. Днепр и его притоков. Здесь преобладают равнинные ландшафты с абсолютными отметками от 150 до 190 м. На этой территории расположена Оршано-Могилевская равнина с волнистой, местами

холмистоувалистой поверхностью и незначительными колебаниями относительных высот. Особенностями рельефа территории, где распространены лессовидные суглинки, является наличие западин, образовавшихся в результате суффозионных процессов. Число западин местами (в Горецком и Мстиславском районах) может достигать 60–100 на 100 га. Их площадь составляет 0,01–0,6 га, глубина до 2,0 м, форма блюдцеобразная, овальная, контуры четкие, часто западины расположены цепочками. Для территории характерно также наличие долин с балками [5]. Состав подземных вод верхней гидрогеохимической зоны преимущественно гидрокарбонатный кальциевый и магниево-кальциевый [4].

Породы зоны аэрации Оршанского гидрогеологического бассейна представлены сложным чередованием моренных, лессовидных, флювиогляциальных, аллювиальных, озерных, болотных и других образований, что обусловило их неоднородность по геохимическим характеристикам. В районе исследований в почвах и отложениях среди частиц размером 0,05–0,01 мм преобладают кварц, полевые шпаты, в виде примеси отмечены кальцит, доломит, цеолит. Во фракциях 0,01–0,005 мм в породах доминируют гидрослюды, в качестве примеси – кварц, полевые шпаты, хлорит, каолинит, иногда кальцит и доломит. Во фракциях 0,005–0,001 мм в породах преобладает гидрослюды, в составе примеси – кварц, каолинит, хлорит-монтмориллонитовые образования, встречаются кальцит и доломит. Илистые фракции пород главным образом содержат гидрослюды, хлорит и хлорит-монтмориллонит, в примеси – кварц, полевой шпат, каолинит [8].

Отложения зоны аэрации Оршанского гидрогеологического района характеризуются широким разбросом величин реакции среды – от кислой до щелочной, составляя в среднем 6,1. Наблюдается закономерная связь между величиной pH и содержанием CaCO_3 в породе.

В среднем отложения пород зоны аэрации характеризуются относительно кларков элементов в антропогеновых отложениях Беларуси [7] геохимической формулой:

$$\text{Si, Fe, Mg, Pb, Ca, Cr} \frac{\text{Zr(2,9), Ni(1,6), Mn(1,5), Cu(1,4), Ti(1,3)}}{\text{Fe, Mg(0,6), Al, Co(0,8)}}. \quad (1)$$

В числителе формулы – накапливающиеся элементы, в знаменателе – рассеивающиеся, рядом с чертой элементы, концентрации которых находятся в пределах региональных кларков антропогенной толщи.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что по сравнению с региональными кларками в отложениях пород зоны аэрации Оршанского гидрогеологического бассейна устойчиво накапливается ассоциация элементов: Zr, Ni, Mn, Cu, Ti. Повышенное содержание этих элементов характерно для территорий с широким развитием лессовидных отложений [2], на долю которых приходится более 40 % площади Оршанского бассейна. В целом разнообразие типов отложений в зоне аэрации этого гидрогеологического бассейна ведет к неоднородности геохимического поля.

В почвенном покрове преобладают дерново-подзолистые (палевые), значительные площади занимают дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на водоно-ледниковых песчаных и супесчаных отложениях, торфяно-болотные и аллювиальные почвы, другие типы почв занимают незначительные площади.

Степень устойчивости зоны аэрации к химическому загрязнению устанавливается по совокупности признаков: миграция-аккумуляция вещества под воздействием внутренних факторов (кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия среды); емкость барьера аккумуляции (содержание и состав органического вещества, емкость поглощения, количество глинистых частиц); суммарный коэффициент загрязнения.

Устойчивая степень пород зоны аэрации к химическому загрязнению характерна для элювиальных геохимических ландшафтов. Основные типы отложений – карбонатные и бескарбонатные лессовидные суглинки, моренные супеси и суглинки. Преобладают типы миграции: окислительный $[\text{H}^+]$ и периодически слабовосстановительный $[\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}^- - \text{Fe}^{2+}]$. Уровень грунтовых вод находится на глубине 3–5 м. Ландшафт относится к ландшафтно-геохимической фации с отсутствием связи почвенной влаги с грунтовыми водами. В почвах преобладает

среда близкая к нейтральной (pH_{KCl} 5,5–6,2), содержание органического вещества 3,1–5,4 %, в составе которого преобладают гуминовые кислоты (табл. 1). Основные геохимические барьеры – кислородный и сорбционный.

Среднеустойчивая степень зоны аэрации свойственна также для элювиальных геохимических ландшафтов, в зоне распространения песчаных почв. Уровень грунтовых вод находится на глубине более 2 м. Ландшафт относится к ландшафтно-геохимической фации с отсутствием связи почвенной влаги с грунтовыми водами. В почвах преобладает кислая среда (pH_{KCl} 4,5–6,0). Содержание органического вещества в среднем 2,9 %, в составе которого преобладают гуминовые кислоты (табл. 1). Основные геохимические барьеры – кислородный и сорбционный.

Таблица 1

Средние показатели степени устойчивости зоны аэрации Оршанского гидрогеологического бассейна к химическому загрязнению

Подстилающая порода, УГВ (м)	Почва	pH_{KCl}	Емкость поглощения, мг-экв на 100 г	Сорг, %	$\frac{ГК}{ФК}$	Содержание фракций <0,01 мм, %	Степень устойчивости зоны аэрации
Моренные суглинки, УГВ > 3 м	Дерново-подзолистая супесчаная	6,2	24,8	5,4	2,39	14,9	Устойчивая
Лессовидные суглинки, УГВ > 3 м	Дерново-подзолистая (палевая)	5,5	20,6	3,1	1,56	19,6	Устойчивая
Моренные супеси, УГВ > 3 м	Дерново-подзолистая песчаная	4,7	8,2	2,9	1,07	10,6	Средне-устойчивая
Водно-ледниковые пески, УГВ > 2 м	Дерново подзолистая песчаная	4,2	2,9	1,2	0,76	7,6	Слабо-устойчивая
Аллювиальные пески, УГВ < 1 м	Дерново-аллювиальная глееватая	4,6	9,5	8,1	0,97	6,7	Слабо-устойчивая
Пески, торф, УГВ < 1 м	Дерновая оторфованная глееватая	5,0	24,8	9,2	2,7	6,4	Слабо-устойчивая
Аллювиальные пески, УГВ < 1 м	Дерново-аллювиальная песчаная	4,8	3,9	3,3	0,72	2,9	Неустойчивая

Примечание: $\frac{ГК}{ФК}$ – отношение содержания гуминовых кислот к фульвокислотам

Слабоустойчивая степень пород характерна для песчаных почв, подстилаемых песками элювиальных ландшафтов и аккумулятивных ландшафтов центральной поймы, сложенной супесью, суглинками, в понижениях – торфом. Характерны периодически восстановительно-окислительный $[H^+ \leftrightarrow H^+-Fe^{2+}]$, окислительный $[H^+]$ и глеевый $[H^+-Fe^{2+}]$ типы миграции элементов. Почвы дерново-аллювиально-глеевые, торфяно-глеевые, мощность гумусовых горизонтов 18–32 см, содержание C_{opr} – 3,2–10,2 %, среди органических кислот преобладают фульвокислоты. Величина pH_{KCl} колеблется в почвах от 4,6 до 6,5. Ландшафт имеет прямую связь почвенной влаги с грунтовыми водами. Основные геохимические барьеры – биогеохимический, механический, сорбционный, кислородный, глеевый.

Неустойчивая степень пород характерна для аккумулятивных ландшафтов, с широким развитием песчаных аллювиальных отложений, где отмечается прямая связь почвенной влаги с грунтовыми водами. Почвы обеднены органическим веществом (преимущественно фульватного состава), обменными основаниями, имеют невысокую емкость поглощения. Основные геохимические барьеры – сорбционный, кислородный, кислый, слабокислый, глеевый.

Таким образом, полученные результаты и составленная база данных по содержанию элементов в породах зоны аэрации Оршанского гидрогеологического бассейна (более 1000 образцов) являются основой для построения геохимических карт отложений пород зоны аэрации, выделения районов с различной по степени устойчивости отложений к загрязнению химическими элементами и соединениями. Методические основы и принципы оценки устойчивости пород зоны аэрации к химическому загрязнению, кратко изложенные в настоящей работе, могут использоваться в комплексе эколого-гидрогеологических исследований, а также в организации мониторинга геологической среды в целом.

Список литературы

1. Арманд, А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий / А.Д. Арманд. – М., 1983. – С. 4–31.
2. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов / А.П. Виноградов. – М.: Из-во АН СССР, 1957. – 238 с.
3. Галкин, А.Н. Оценка устойчивости геологической среды Гомеля к техногенному загрязнению / А.Н. Галкин [и др.] // Літасфера. – 2004. – № 1 (20). – С. 100–108.
4. Геология Беларуси / ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкий, А.В. Матвеев и др. – Мин.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
5. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под. ред. К.И. Лукашева. – Минск: Наука и техника, 1969. – 476 с.
6. Карпенко, Н.П. Анализ защитных свойств пород зоны аэрации и оценка защищенности грунтовых вод в зоне сброса загрязняющих стоков / Н.П. Карпенко // Гидравлика, гидрология, водные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 70–78.
7. Матвеев, А.В. Геохимическая карта антропогенных отложений Беларуси // А.В. Матвеев, В.Е. Бордон, Я.И. Аношко и др. // Современные проблемы геохимии. Материалы республиканской научной конференции. – Минск. – 2002. – С. 147–149.
8. Петухова, Н.Н Геохимия почв Белорусской ССР. / Н.Н. Петухова. – Минск: Наука и техника, 1987. – 231 с.
9. Павличенко, А.В. Геохимическая оценка роли пород зоны аэрации в процессе загрязнения подземных вод тяжелыми металлами. / А.В. Павличенко, А.А. Кроик // Научный вестник НГУ. – 2013. – № 3. – С. 34–32.
10. Рябова, Л.Н. Геохимическая карта долины р. Днепр // Л.Н. Рябова, С.Н. Веремчук // Природные ресурсы. – 2005. – № 4. – С. 92–100.

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД БЕЛАРУСИ

Г.Д. Стрельцова

Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь

e-mail: gstrel@geology.org.by

Показаны рациональные направления использования глауконитсодержащих пород Беларусь, необходимость разработки технических условий и выполнения государственных регистрационных испытаний этих пород в качестве бесхлорного калийного удобрения.

Ключевые слова: глауконит, бесхлорное калийное удобрение, Беларусь.

ON THE USE OF GLAUCONITE-CONTAINING ROCKS OF BELARUS

G.D. Streltsova

State Enterprise «RPC for Geology», Minsk, Belarus

Rational trends in the use of glauconite-containing rocks of Belarus are discussed. The necessity of technical conditions development as well as of carrying out state registration tests for these rocks as a chlorine-free potassium fertilizer is shown.

Keywords: glauconite, chlorine-free potassium fertilizer, Belarus

Глауконитсодержащие породы – глауконит-кварцевые пески и алевриты, регионально распространенные на юге Беларуси в верхнепалеогеновой части кайнозойского разреза (отложения среднего эоцена – нижнего олигоцена), являются одним из видов полезных ископаемых, имеющим реальные перспективы использования в республике.

Как известно, глауконит – минерал из группы гидрослюд подкласса слоистых силикатов, водный алюмосиликат калия, магния и железа – широко распространен в осадочных породах, где встречается в виде мелких округлых зеленых зерен и их агрегатов, характеризующихся сложным внутренним строением. Большинство областей применения глауконита определяется его способностью к сорбции и пигментирующими свойствами. Спектр использования глауконитсодержащих пород и получаемого из них глауконитового концентрата достаточно широк. Среди областей применения глауконита упоминаются сельское хозяйство (кормовая добавка и удобрения), энергетика (очистка масел и умягчение воды для бойлеров), производство строительных материалов, вяжущих смесей и тампонажных растворов, производство красителей, водоснабжение (очистка воды), нефтехимия, экологические мероприятия (восстановление почв, очистка сточных вод, сорбция тяжелых металлов, радионуклидов и токсициантов), пищевая промышленность, медицина и косметология.

Так случилось, что широко распространенные в Брестской и Гомельской областях [5] и вполне доступные по условиям залегания (встречаются среди вскрытых пород в уже разрабатываемых мергельно-меловых карьерах и могут добываться на участках неглубокого залегания) глауконит-кварцевые пески и алевриты до сих пор не востребованы в республике: варьирующее и в среднем невысокое содержание глауконита в породах (в пределах 10–15 %, редко – до 20 %) привело к тому, что на ряде выделенных перспективных площадей в пределах Столинского, Лоевского, Гомельского и Добрушского районов поисково-оценочные работы не проводились, а оцениваемые в их пределах ресурсы глауконитсодержащих пород имеют прогнозный характер.

Предшествующими исследованиями установлены закономерности распространения и строения продуктивных отложений, особенности состава белорусских глауконитсодержащих пород, предложен способ их обогащения, изучена сорбционная способность глауконитового концентрата применительно к тяжелым металлам и радионуклидам цезия-137 и стронция-90, рассмотрены возможности использования пород в растениеводстве, производстве пигментов, силикатных изделий, красок и строительных материалов [3, 6–8, 10 и др.]. Приняв во

внимание, что по многим направлениям исследований были получены положительные результаты и что глауконитсодержащие породы широко распространены на территории республики, имеют неглубокое залегание, вскрываются в естественных обнажениях и складируются среди неиспользуемых вскрышных пород в эксплуатируемых мергельно-меловых карьерах, стало ясно, что неоправданно упускается возможность использовать доступное полезное искоцаемое многофункционального назначения. Это послужило основанием для нового этапа изучения глауконитсодержащих пород и продуктов их обогащения (глауконитового концентрата и глинисто-глауконитового шлама) с целью определить рациональные области их промышленного применения в республике. Работы выполнялись в государственных предприятиях БЕЛГЕО и БелНИГРИ при участии сотрудников УО БГТУ и ИХНМ НАН Беларуси в рамках государственной программы еще в 2008–2010 гг., но по ряду причин были опубликованы лишь частично [4, 9, 11, 12], поэтому кратко представим их здесь.

Среди областей применения глауконита были выбраны те направления и производства, которые, во-первых, предполагали многотоннажное потребление глауконитсодержащих пород и, во-вторых, действовали в республике в тот период и имели долгосрочные перспективы в будущем. Исходя из этих ориентировок были изучены возможности использования глауконит-кварцевых песков и алевритов и продуктов их обогащения как добавок в производстве кирпича (Павлюкевич Ю.Г., Аксёнова В.А., Мачучко С.К.), наполнителей в производстве бумаги и картона (Чёрная Н.В., Драпеза А.Н.), в качестве пигментов и пигментов-наполнителей в лакокрасочной продукции (Ещенко Л.С., Салоников В.А.) и строительных материалах (Мечай А.А., Жук Г.М., Малицкая Л.Ю.), а также как природных сорбентов (Кольненков В.П.) с целью их использования на территориях, загрязненных радионуклидами и токсичными металлами. Кроме того, пытаясь определить новые направления использования глауконитсодержащих пород в промышленном производстве, была изучена возможность использования глауконитсодержащих субстратов в электрореологических жидкостях (Ещенко Л.С.) и в реакции каталитической изомеризации α -пинена (Никитина А.М.). К сожалению, не удалось найти исполнителей и поставить работы по изучению глауконитсодержащих пород как мелиоранта и бесхлорного калийного удобрения, которые первоначально были намечены как приоритетные.

Объектами исследования являлись палеогеновые глауконитсодержащие пески и алевриты, опробованные в обнажениях и зачистках в долинах рек Сож, Ипуть и Днепр в Гомельской области, в карьере Березовский в Брестской области и карьерах ОАО «Красносельскстройматериалы» Гродненской области. Кроме того, исследованы глауконитовые концентраты и глауконитсодержащие шламы из пород, вскрытых скважинами в Гомельской области (участки «Терешковичи», Гомельский район; «Гута», Добрушский район; «Шарпиловка», Лоевский район).

Содержание глауконита в породах (как и его химический состав) варьирует в широких пределах, и количественное определение его содержания в породе или продуктах обогащения является важной, но непростой задачей, особенно когда порода представлена глауконитсодержащим алевритом, а продукт обогащения – глинисто-глауконитовым шламом, то есть тонкозернистым материалом. Самодуровым В.П. предложены два способа количественной оценки концентрации глауконита в субстрате: колориметрический, основанный на сравнении RGB-цветовых характеристик глауконитового концентрата и изучаемого субстрата, и по концентрации железа, используя допущение, что определенное химическим или рентгенофлюоресцентным анализом железо в субстрате нацело входит в глауконит, тогда как содержание других катионов (калия и магния) распределяется между слюдой и глиной. Опираясь на знание минерального (рентгенофазового) состава глауконитсодержащего субстрата, стехиометрические соотношения элементов в минералах и содержание железа в глауконитовом концентрате, можно оценить содержание глауконита в глауконит-кварцевых породах и глинисто-глауконитовых шламах.

Для определения состава, строения, качественных характеристик, технологических свойств и возможных областей применения глауконитсодержащих пород, продуктов и отходов их обогащения осуществлены комплексные литолого-минералого-геохимические исследования и лабораторно-производственные технологическое испытания. Основные результаты по-

иска рациональных направлений применения глауконитсодержащих субстратов показали, что по своим технологическим характеристикам их целесообразно использовать:

глауконитсодержащие породы, без предварительной подготовки –

- в качестве природных сорбентов радионуклидов и токсичных металлов, причем глауконитсодержащие алевриты в этом качестве предпочтительнее песков, так как характеризуются более высокими сорбционными характеристиками к широкому спектру металлов и радионуклидам в широком интервале составов водных растворов,

- в качестве пигментирующих наполнителей изделий из бетона;

глауконитовый концентрат, помимо ранее перечисленных областей –

- в качестве эффективного сорбента с высокой избирательной селективностью, например, в производстве новых химических материалов, очистке природных вод и промышленных растворов,

- в качестве пигмента для шероховатых поверхностей и строительных материалов как альтернативу или добавку к оксиду хрома – дорогостоящему зеленоцветному пигменту, используемому в настоящее время в производстве,

- в качестве наполнителя для электрореологических жидкостей;

глинисто-глауконитовые шламы, без дополнительной обработки –

- в качестве добавок в керамические массы для улучшения структуры и повышения морозостойкости изделия,

- как пигментирующий наполнитель серо-зеленого цвета в керамические массы и изделия из бетона,

- в качестве сорбента стронция (обнаруживает весьма высокую селективность к Sr^{+2} , более высокую, чем глауконитовый концентрат).

Говоря о перспективах практического использования глауконитсодержащих пород в Республике, следует обозначить по меньшей мере три аспекта развития этого вопроса: 1) производственно-потребительский – найти реальных потребителей больших объемов такого сырья, 2) технологический – определить технологические показатели и разработать технические условия и особенности подготовки сырья для конкретных потребителей, 3) геолого-экономический – провести геологоразведочные работы, оконтурить месторождения и осуществить стоимостную оценку глауконитового сырья или, по меньшей мере, использовать глауконитсодержащие породы из отвалов вскрышных пород на мергельно-меловых карьерах.

Отрадно заметить, что первые шаги к оценке запасов и решению вопроса об использовании глауконитсодержащих пород уже сделаны в связи с поисково-оценочными работами на базальтовое сырье в Брестской области. На поисковом участке «Пинский», как и в регионе в целом, глауконитсодержащие пески и алевриты палеогенового возраста залегают среди вскрышных пород и, в случае открытой разработки базальтов и сопутствующих им туфов основного состава, будут представлять попутное полезное ископаемое [2]. Рациональное направление использования глауконитсодержащих пород в рассматриваемом случае – сельскохозяйственное (агрохимическое), и предопределется оно пространственной ассоциацией в геологическом разрезе глауконитсодержащих пород и туфов основного (базальтового) состава, которые после выполненного нами комплекса необходимых исследований и разработки технических условий внесены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений Республики Беларусь как магнийсодержащее удобрение и мелиорант широкого спектра действия, рекомендуемый к применению на песчаных, супесчаных, торфяно-болотных, деградированных и выщелоченных дерново-подзолистых почвах [1]. Глауконитсодержащие породы, являясь по сути бесхлорным магнийсодержащим калийным удобрением, органично дополняют туфы, не требуют предварительной подготовки (даже измельчения) и могут вноситься путем рассева по поверхности почвы с заделкой в грунт.

Необходимым условием для реализации агрехимического потенциала этих ценных пород является выполнение государственных испытаний, разработка технических условий и последующая регистрация глауконитсодержащих песков и алевритов как бесхлорного магнийсодержащего калийного удобрения в Государственном реестре средств защиты растений и удобрений. Государственные испытания, как и для базальтовых туфов, готовы выполнить

в БГСХА, а разработать технические условия – в филиале «Институте геологии» Государственного предприятия «НПЦ по геологии». Все эти работы следует выполнить безотлагательно, так как значительные объемы глауконитсодержащих пород уже не одно десятилетие захороняются с отвалами при рекультивации мергельно-меловых карьеров.

Между тем следует также продолжить изучение возможности использования глауконитсодержащих пород и в других областях и перейти, наконец, в решении этого вопроса от слов к делу.

Список литературы

1. Босак, В.Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в земледелии: рекомендации / В.Н. Босак [и др.]. – Минск: УО БГТУ, 2016. – 14 с.
2. Кузьменкова, О.Ф. Глауконитсодержащие породы участка Пинский (Беларусь) / О.Ф. Кузьменкова [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования: материалы Международной научной конференции, посвященной 215-летию со дня рождения И. Домейко. – Минск, 2017. – С. 172–176.
3. Ещенко, Л.С. Применение глауконитсодержащих пигментов в производстве строительных материалов / Л.С. Ещенко, В.А. Салоников, Г.М. Жук // Материалы межд. н.-т. конф. «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития». – Минск: БГТУ, 2005. – С. 86–89.
4. Левицкий, И.А. Об использовании глауконитового сырья в производстве изделий строительного назначения / И.А. Левицкий [и др.] // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых. Сб. научн. тр. – Минск, БЕЛГЕО, 2010. – Вып.3. – С. 195–201.
5. Мурашко, Л.И. Глауконит в палеогеновых отложениях Беларуси / Л.И. Мурашко // Літасфера. – 1996. – № 4. – С. 111–120.
6. Мурашко, Л.И. Новые данные о перспективах использования глауконита в народном хозяйстве Беларуси / Л.И. Мурашко [и др.] // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Минск, БелНИГРИ, 1997. – С. 118–119.
7. Мурашко, Л.И. Методика обогащения глауконитовых пород / Л.И. Мурашко, Т.Е. Колосова // Геология, поиски и освоение месторождений полезных ископаемых Беларуси. – Минск, РУП «Белгео», 2005. – С. 105–111.
8. Кольненков, В.П. Геоэкологические аспекты использования глауконита как сорбента долгоживущих радионуклидов / В.П. Кольненков, Л.И. Мурашко // Минерально-сырьевая база Республики Беларусь: состояние и перспективы. – Минск, БелНИГРИ, 1997. – С. 246–247.
9. Кольненков, В.П. Сорбция Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} и Mn^{2+} из водных растворов на глауконите и породах с его участием / В.П. Кольненков, Г.Д. Стрельцова, Л.И. Мурашко // Природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 5–11.
10. Павлюкевич, Ю.Г. Использование глауконита для получения облицовочных керамических материалов / Ю.Г. Павлюкевич, И.А. Левицкий, Л.И. Мурашко. – Минск, Техника и технология силикатов. – 2000. – № 12. – С. 113–115.
11. Стрельцова, Г.Д. Проблемы и перспективы использования глауконитсодержащих и кремнистых пород Беларуси / Г.Д. Стрельцова, А.М. Никитина // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы научн. конф. к 90-летию акад. А.С. Махнача. – Минск, 2008. – С. 265–268.
12. Утенкова, Д.Б. Изомеризация скрипидара на глауконите / Д.Б. Утенкова [и др.] // Химические реагенты, реагенты и процессы малотоннажной химии. Тез. докладов XXVI Международной научно-технической конференции «Реактив–2012». – Минск, 2–4 октября 2012 г. – С. 40–44.

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ВАКОВСКИЕ ПАРАДОКСЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

В.Т. Трофимов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: trofimov@rector.msu.ru*

Описаны первоначальное содержание термина «геоэкология», история его применения в СССР и России и современное состояние геоэкологии как науки. Сформулированы шесть научно-содержательных и организационно-ВАковские парадоксы современной геоэкологии и их причины. Названы пути выхода из создавшейся ситуации, главным из которых является разработка учения об экологических функциях абиотических сфер Земли как теоретической основы геоэкологии.

Ключевые слова: геоэкология, научно-содержательные и организационно-ВАковские парадоксы геоэкологии; экологические функции абиотических сфер Земли; новое определение содержания геоэкологии.

MODERN SCIENTIFIC-CONTENT AND ORGANIZATIONAL-«VAK» PARADOXES OF GEOECOLOGY AND POSSIBLE WAYS TO OVERCOME THEM

V.T. Trofimov

Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

The initial content of the term «Geoecology», the history of its application in the USSR and Russia and the current state of Geoecology as a science are described. Six scientific-content and organizational-«VAK» paradoxes of modern geoecology and their causes are formulated. The ways out of this situation are named; the main one is the development of the theory of ecological functions of the abiotic spheres of the Earth as a theoretical basis of geoecology.

Keywords: geoecology, scientific-content and organizational-«VAK» paradoxes of geoecology, ecological functions of the abiotic spheres of the Earth, new definition of the content of geoecology.

О введении термина «геоэкология» и его применение в СССР и России. Термин «геоэкология» был введен немецким географом К. Троллем взамен им же предложенного в 1939 году термина «ландшафтная экология» для придания ландшафтоведению экологической направленности (в нашей литературе часто пишут «экология ландшафта») [1]. Позднее, в 1968 году К. Троль определил ландшафтную экологию как изучение основных комплексов, обусловленных взаимоотношениями между живыми сообществами и их средой в данной части ландшафта. Регионально эти взаимоотношения выражаются в определенном типе распространения (ландшафтная мозаика, ландшафтный рисунок) и в естественном районировании различных порядков» [3].

В это же время в СССР Сукачевым В.Н. было развито учение о биогеоценозе и создано научное направление биогеоценология. Далее цитирую К. Троля: «В то же время он назвал эту отрасль науки биогеоценологией, что, по-видимому, идентично термину «ландшафтная экология», предложенному в 1939 году. Для того чтобы улучшить взаимопонимание ученых из разных стран, я недавно предложил термин «геоэкология», и этот термин уже принят и нашел применение в двух международных организациях: на Симпозиуме ЮНЕСКО в Мехико в 1966 году и в Комиссии МГС по высокогорной геоэкологии [4, с. 118]. Из этого следует, что термин был введен как специальный в географической науке; поэтому ряд географов в целом привержены настаивают на использовании его только в эколого-географических исследованиях.

В отечественную литературу обсуждаемый термин был, по-видимому, привнесен и стал широко использоваться после работ Сочавы В.Б. в 1970–1978 гг. [5]. Он определил геоэкологию как науку о состоянии геологической среды и всех ее компонентов, о происходящих в ней процессах, активизация которых может отражаться (в том числе и негативно)

на состоянии других геосфер Земли. В таком понимании содержание геоэкологии принципиально отличается от введенного К. Троллем и по существу представляет собой новую геологическую науку.

В последней четверти XX века термин «геоэкология» стали широко использовать не только во многих естественных науках, но и науках технических; он потерял свою четкость и стал по сути термином свободного пользования, **а геоэкология – «наукой наук»**. Только в публикациях геологов выделено не менее трех толкований этого термина – геобиосферное, литосферное и геосферное – и соответственно его применения [8]. Часто геоэкологическими называют работы, не имеющие ни малейшей экологической направленности. **Этим обусловлены парадоксы современной геоэкологии, которые, строго говоря, ставят вопрос о возможности относить ее к новой, уже сформировавшейся науке.** Более того, уже опубликована статья под названием «Геоэкология – наука, которой нет» [6]. Такая ситуация требует широкого научного обсуждения.

Научно-содержательные парадоксы геоэкологии и их причины. Анализ состояния научных геолого-географических разработок, названных авторами геоэкологическими, **позволил выделить в качестве важнейших, фундаментальных по значению научно-содержательных парадоксов современной геоэкологии следующие позиции:** а) «многоликость» понимания содержания геоэкологии, не свойственную сформировавшимся наукам; б) многоличное понимание структуры геоэкологии как науки; в) отсутствие четко определенных, а главное, общепризнанных теоретических задач геоэкологии; г) неоднозначное отношение исследователей к необходимости изучения при геоэкологических работах влияния параметров абиотических сред на состояние биоты; д) различные взгляды на проблему изучения воздействия природных и антропогенных факторов на экосистемы; е) неразработанность вопроса о междисциплинарном характере геоэкологии как науки [7–9].

Все эти парадоксы обусловлены двумя главными, основополагающими причинами: а) *различным подходом исследователей, часто узкопрофессиональным («цеховому»), к определению содержания геоэкологии и других ее атрибутов как науки;* стремлением одних исследователей сохранить первоначально введенное содержание термина «геоэкология», а других – придать ему новое содержание, причем совершенно разное по объему; б) *отсутствием до настоящего времени четкой формулировки теоретических основ геоэкологии, ее новой терминологической базы как атрибута новой междисциплинарной науки.*

Главной в содержательном отношении является вторая причина. Именно неразработанность теоретических основ геоэкологии, отсутствие четкой формулировки ее понятийной базы позволяют существовать широкому спектру взглядов на содержание геоэкологии. Именно поэтому высказываются представления, в которых объект этой междисциплинарной науки рассматривается от экосферы до геологической среды, структура и задачи формулируются совершенно по-разному, а отношение к необходимости оценивать влияние абиотических сред на биоту принципиально различается.

Организационно-ВАКовские парадоксы геоэкологии и их рождение. В соответствии с паспортом научной специальности ВАК «25.00.36. Геоэкология» последняя определена как междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов. Основной задачей геоэкологии является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды.

В нее включены такие области исследований: науки о Земле, нефтегазовая отрасль, горно-перерабатывающая промышленность, металлургия, строительство и ЖКХ. Не много ли? Разве ранее не решали экологически ориентированные проблемы и задачи названные технические науки до того, как их в таком виде «поместили» в паспорт названной научной специальности? Разве другие области исследований, например, *связанные с сельскохозяйственной и военной деятельностью, работой перерабатывающей промышленности, транспортной сети и других сфер деятельности, не оказывают влияния на экосистемы?*

Такой же вопрос вызывает и список смежных специальностей паспорта научной специальности 25.00.36. Геоэкология: «03.02.08 – Экология; 05.05.06 – Горные машины; 05.16.07 – Металлургия техногенных и вторичных ресурсов; 05.26.01 – Охрана труда (по отраслям); 25.00.07 – Гидрогеология; 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение; 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых; 25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых; 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная); 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов; 25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география; 25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель; 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия; 25.00.35 – Геоинформатика; 05.23.19 – Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства».

Появление геоэкологии как научной специальности ВАК – «науки наук» – произошло в середине 90-х гг. ХХ века. *Она была создана заинтересованными лицами на базе существовавшей специальности ВАК «Рациональное использование и охрана окружающей среды» путем включения вопросов, ранее решавшихся в традиционных естественных и технических науках. Этим был рожден организационно-ВАКовский парадокс геоэкологии, который, до сих пор не преодолен.* Именно это часто приводит к неправильному определению шифра докторских диссертационных работ, которые защищаются в специализированных советах по специальности 25.00.36 – Геоэкология. *Многие из них не имеют никакой экологической направленности.*

О трех возможных путях преодоления современных парадоксов геоэкологии. Есть ли выход из создавшейся ситуации? (Или, говоря словами вечного русского вопроса, что делать?). С моей точки зрения, есть по крайней мере три теоретического выхода из парадоксальной ситуации: а) разработка теоретических основ геоэкологии как междисциплинарной науки; б) исключение из перечня ВАК специальности «25.00.36. Геоэкология» в том виде, как она была в последний раз утверждена приказом Минобрнауки РФ 25 февраля 2009 г. № 39; в) закрепить специализацию геоэкология за географическими науками как рожденную в одной из ее наук.

Третья из этих позиций, логически наиболее верная реализована быть уже не может, поскольку специалисты самых разных областей знаний считают себя геоэкологами. Реализация *второй позиции* возможна лишь на основе мощного политического решения в системе ВАК и Минобрнауки РФ. Уже сейчас эти вопросы поднимаются в научных статьях. Рискну высказать такой прогноз: число таких публикаций будет возрастать и это должно заставить ВАК реагировать. Обсуждению первой из названных позиций посвятим следующий раздел статьи.

Разработка теоретических основ геоэкологии как междисциплинарной науки – реальный путь преодоления ее современных парадоксов. Выход из современного «многоликого» состояния геоэкологии один – он заключается в разработке ее теоретических основ путем широкого публичного и многоэтапного обсуждения всех фундаментальных позиций науки, включая ее новую терминологическую экологически ориентированную базу (как необходимый атрибут новой науки). При разработке теоретических основ геоэкологии предлагаем использовать представления об экологических функциях абиотических сфер Земли. Это представляется правомерным, поскольку основное с рассматриваемой точки зрения предназначение всех абиотических сфер Земли – литосфера, педосфера, атмосфера и гидросфера – ресурсное и энергетическое обеспечение жизни и развития биоты [7–8].

Под экологическими функциями абиотических сфер Земли понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение этих геосфер, включая их состав, объем, динамику функционирования, геохимические и геофизические поля, в жизнеобеспечении биоты, в первую очередь человеческого сообщества. В качестве таких функций предложено выделить ресурсную, геодинамическую, геохимическую и геофизическую функции. Их содержание охарактеризовано в ранее опубликованных работах [7–10].

Эта позиция позволяет принципиально по-новому определить теоретическое содержание геоэкологии (с учетом того, что в ее рамках решаются морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи): **геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли, закономерности их формирования и пространственно-**

временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты, и прежде всего человека.

Такой подход к содержанию геоэкологии позволил по-новому определить ее объем как поле пересечения наук о жизни, атмосфере, поверхности гидросфера и литосфере. Исходя из этого во всех науках, изучающих такой объект, правомерно развивать экологически ориентированные направления, которые следует называть с прилагательным «экологическая»: экологическая физика, экологическая география, экологическая геология, экологическая химия и т. п.

Отсутствие общепринятого подхода к содержанию геоэкологии как науки, ее объекта и задач влечет за собой **неоднозначность определения содержания задач и методики так называемых «геоэкологических исследований»**. С моей точки зрения, они по своему содержанию должны соответствовать тому, что сейчас понимается под **инженерно-экологическими изысканиями**. При этих работах предписывается изучать все земные среды (литосферу, педосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу) и влияние на них природных и техногенных (строительство) воздействий. В этом основная задача и геоэкологических исследований, и инженерно-экологических изысканий. Однако задачу инженерно-экологических изысканий надо ставить шире, чем проблему влияния проектируемых объектов на окружающую среду. **Здесь необходимо найти достойное место** экосистеме. При этом рассматривать экосистему не так, как предлагают биологи, а с учетом геологической составляющей, то есть с учетом состава и строения грунтовых массивов, рельефа, подземных вод, геохимических и геофизических полей, современных эндо- и экзогенных процессов [9].

Роль результатов, полученных в ходе геоэкологических исследований, определяю следующим образом: **они являются необходимой частью информационной основы для принятия управляющих решений** в любых сферах деятельности, направленных на экономическое развитие России.

Список литературы

1. Troll, C. Luftbinplan und ecologische Boden Forschung / C. Troll // Zeitschrift der Gesellschaft für Erdunge zu Berlin. –1939. – № 7–8. – 362 p.
2. Troll C. ed. Geoecology of the Mountainous Regions of the Tropical Americas (Proceed. of the UNESCO Mexico Symposium 1966). Colloquium geogr., 9, 1968a.
3. Troll C. Landschaftsökologie. In: Pflanzenökologie und Landschaftsökologie – Symposium Stolzenau. The Hague, 1968б.
4. Тролль, К. Ландшафтная экология (геоэкология) и биогеоценология. Терминологическое исследование / К. Тролль // Известия академии наук СССР. Серия географическая. – 1972. – № 3. – С. 114–120.
5. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
6. Богданов, М.И. Геоэкология – наука, которой нет. Инженерные изыскания в строительстве – кризис регулирования / М.И. Богданов. – М.: Изд-во «Академическая наука», 2014. – С. 122–128.
7. Основы экологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / Под ред. В.В. Куриленко. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. – 480 с.
8. Трофимов, В.Т. Парадоксы современной геоэкологии / В.Т. Трофимов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 2009. – № 4. – С. 3–13.
9. Трофимов, В.Т. Эколо-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы / В.Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2009а. – № 2. – С. 48–52.
10. Трофимов, В.Т. Экологические функции абиотических сфер Земли: содержание и значение для становления нового теоретического базиса геоэкологии / В.Т. Трофимов, В.В. Куриленко // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2015. – № 3. – С. 93–102.

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА

О.Н. Хоружик

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
e-mail: keramica@bstu.unibel.by

Целью исследования является разработка составов масс для изготовления клинкерного кирпича с комплексом требуемых физико-химических свойств и применением в качестве основных компонентов местного минерального сырья.

Приведены результаты исследований процессов спекания сырьевой композиции на основе местного минерального сырья, включающего глину тугоплавкую, глину легкоплавкую, суглинок и гранитоидные отсевы.

Ключевые слова: клинкерный кирпич, суглинки, гранитоидные отсевы, механическая прочность, водопоглощение, спекание.

EXPANSION OF THE POSSIBILITIES OF USING LOCAL POLYMINERAL RAW MATERIALS IN THE PROCESS OF CLINKER BRICK

O.N. Horuzhik

Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus

The aim of the research is to develop a mass composition for production of clinker with the required physical and chemical properties using the local minerals.

This study gives the results of a research into clinkering of raw mixture using local minerals including high-melting clay, low-melting clay, loam and granitoidal screenings.

Keywords: clinker; loam, granitoidal screenings, mechanical strength, water adsorption, clinkering.

Клинкерный кирпич – керамический материал, обожженный до полного спекания черепка без признаков пережега и деформаций, отличающийся высокой механической прочностью, плотностью и морозостойкостью [1].

Республика Беларусь имеет высокую потребность в собственном производстве данного вида изделий в связи с высокими темпами роста строительства объектов гражданского и промышленного назначения, реконструкцией исторических и культурных памятников архитектуры.

Клинкерный кирпич согласно требованиям стандартов (СТБ 1787–2007 и ГОСТ 530–2012) должен отвечать ряду требований и в зависимости от класса изделия обладать следующими свойствами: иметь низкое водопоглощение (не более 4–6 %), обладать высокими значениями морозостойкости (не менее 100–150 циклов) и механической прочности (не менее 20–30 МПа). Клинкерный кирпич благодаря высоким эксплуатационным свойствам обладает широким спектром применения и может использоваться для кладки фундаментов, стен, кладки и облицовки стен в гидротехнических сооружениях, для тротуаров и отмосток [2].

В настоящее время на белорусском рынке строительных материалов доминирует клинкерная керамика (кирпич и фасонные изделия), импортируемая из Польши и Германии. В этой связи интенсивно проводится поиск источников сырьевых материалов для производства этого вида изделий [1].

В основу исследований принята четырехкомпонентная система, состоящая из смеси полиминеральных глин и суглинка. Содержание компонентов в исследованной системе сырьевых материалов составляло (мас. %): глина месторождения «Городное» Брестской области – 5–20; суглинки месторождения «Фаниполь» Минской области – 40–55; гранитоидные отсевы (отходы камнедробления гранитов Микашевичского месторождения Брестской области) – 20–40 и глина месторождения «Большая Карповка» (Липецкая область, Россия) марки БК–0 вводилась в постоянном количестве, составляющем 10 (табл. 1).

В качестве непластичного сырья в состав масс вводили гранитоидные отсевы фракции менее 1 мм, которые имеют двойное свойство – как отощитель на первоначальном этапе и как плавень при обжиге. Они обеспечивают в данной сложной системе образование значительного количества жидкой фазы.

Таблица 1

Химический состав сырьевых компонентов

Наименование сырья	Оксиды и их содержание, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	п.п.п.*
Глина месторождения «Городное»	64,78	17,97	5,65	0,17	1,07	0,92	1,28	0,96	7,20
Гранитоидные отсевы	61,64	14,86	8,94	3,41	2,52	3,32	4,38	0,93	–
Суглинки месторождения «Фаниполь»	79,58	9,32	2,45	0,74	1,56	1,30	1,32	0,61	3,12
Глина месторождения «Большая Карповка» БК-0	69,84	17,40	3,89	0,09	0,43	0,09	0,14	1,53	6,59

* – потери при прокаливании

При анализе сырья для исследуемой системы установлено, что тугоплавкая глина месторождения «Городное» относится к тугоплавкому глинистому сырью. Основными минералами, входящими в ее состав, являются каолинит, монтмориллонит, иллит. Содержание частиц фракции менее 0,001 мм составляет 49,1–56,7%. Огнеупорность глины – 1410 °C, интервал спекания – 150–200 °C. Число пластичности сырья составляет 21,5–23,2. Глина является среднепластичной, среднетемпературного спекания, полукислой.

Суглинки месторождения «Фаниполь» представляют собой желто-серую, местами светло-серую породу, рыхлую, комковатую. Глинистое вещество имеет полиминеральный состав и является неоднородной смесью гидрослюды и каолинита. Присутствует значительное количество включений кварца – суглинки характеризуются запесоченностью.

Отсевы камнедробления Микашевичского ГОК, используемые в работе, характеризуются следующим гранулометрическим составом (остатки на ситах в %): № 09 – 3,2; № 063 – 7,2; № 0,25 – 2,8; № 0,1 – 26,2; прошедшие через 0,1 – 40,6. Главным породообразующими минералами гранитов Микашевичского месторождения являются плагиоклаз (олигоклаз-андезит), щелочной полевой шпат, кварц, небольшие включения биотита и каолинита, единичные зерна эпидота и амфиболя.

Глина месторождения «Большая Карповка» марки БК-0 относится к легкоплавкой, светло-коричневого цвета. Минералогический состав глины характеризуется наличием каолинита (48–53 %), кварца (35–38 %), сидерита (1–3 %), антазита (2–3 %). Содержание фракции менее 0,01 мм составляет 45–51 %. Отличительной особенностью и критерием при выборе данного сырья являлись низкие значения усадки при сушке. Для всех составов исследуемой системы данное сырье использовалось в одинаковом количестве как постоянная составляющая.

Область исследуемых составов изображена в виде трехкомпонентной системы на рис. 1.

На основе изучаемой системы и заданной области исследования, произведен синтез керамических образцов. Все сырьевые составляющие предварительно высушивали и просеивали через сито № 1. Образцы готовили из пластических масс при влажности 17–20 % с последующей сушкой в сушильном шкафу при температуре 110–120 °C. Обжиг производили в интервале температур 1050–1120 °C с выдержкой при максимальной температуре в течение 1–2 ч.

Исследования показали, что область оптимальных составов масс отвечает следующему содержанию составляющих оксидов, %: SiO₂ – 63,1–67,8; Al₂O₃ – 15,2–17,8; сумма оксидов щелочных и щелочноземельных металлов (R₂O + R₃O) – 5,5–6,5 и сумма Fe₂O₃ + TiO₂ – 5,2–7,1. Указанное соотношение оксидов обеспечивает формирование плотноспекшейся структуры клинкерного кирпича. Повышение температуры обжига до 1000 °C стимулирует образование муллита, количества которого прямо пропорционально увеличению прочностных характеристик образцов. Вместе с тем соединения кремнезема, щелочных и щелочноземельных метал-



Рисунок 1. Область исследуемых составов в системе: глина «Городное» – суглинок «Фаниполь» – гранитоидные отсевы (содержание глины «Большая Карповка» БК-0 постоянно)

лов образуют стекловидную фазу, которая оказывает скрепляющее действие между частицами и позволяет формировать прочный каркас.

Готовые образцы характеризуются усадкой 4,4–7,5 %, она варьируется в зависимости от температуры обжига. Можно сделать закономерный вывод, что с увеличением температуры обжига этот показатель повышается вследствие более полного спекания черепка и сближения частиц под действием сил поверхностного натяжения расплава. В процессе обжига, по мере повышения температуры происходит постепенное увеличение количества жидкой фазы, образование которой в материале обусловлено присутствием оксидов щелочных и щелочноzemельных металлов, оксидов железа, а также аморфной кварцевой составляющей. По мере растворения вещества в зонах контакта частиц происходит перенос вещества через расплав, при этом укрупняются кристаллы, сглаживаются их поверхности, что обеспечивает уплотнение материала и увеличение усадки с ростом температуры обжига.

Водопоглощение керамических образцов, обожженных при 1072 и 1120 °С изменяется от 3,6 до 8,7 %, а их механическая прочность при сжатии находится в пределах 40,0–115,8 МПа, морозостойкость – 150 циклов. Образцы имеют шоколадный и темно-коричневый насыщенный цвет.

Столь высокие показатели основных физико-механических свойств достигаются в результате протекания высокотемпературных процессов, обеспечивающих формирование плотной структуры. Следует отметить, что повышение температуры обжига значительно влияет на пористость изделий, снижение которой прямо пропорционально уменьшению значения водопоглощения и уплотнению черепка изделия.

Рентгенофазовым анализом образцов, выполненным на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker (Германия), установлено наличие в них муллита, аортита, кварца при незначительно содержании гематита.

С целью изучения тепловых эффектов, происходящих при термообработке масс, проведена дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) на приборе DSC 404 F3 Pegasus фирмы Netzsch (Германия). Эндоэффект в интервале температур 50–155 °С обусловлен удалением остаточной физической влаги из глинистых составляющих при температурах 495 и 573 °С, наблюдаются эндотермические эффекты, связанные соответственно с разрушением

кристаллической решетки каолинита и модификационным переходом кварца. При 725 °С эндоэффект обусловлен разложением магнезита, содержащегося в доломитовой составляющей глинистого сырья. Разложение кальцита фиксируется эндоэффектом при температуре 875 °С. Образование аноритита и муллита может быть связано с экзотермическими эффектами, наблюдаемыми при 880 и 1105 °С соответственно.

Структура образцов керамического черепка характеризуется наличием пор небольшого размера от 20 до 80 мкм, они образуются вследствие выгорания органических примесей и разложения карбонатсодержащих составляющих, а также переходом в расплав зерен полевых шпатов. Микроструктура образцов представлена различными кристаллическими образованиями с четко различимыми зернами кварца различной дисперсности, а также оплавленными зернами полевых шпатов. Границы зерен полевых шпатов и кварца трещиноваты, что свидетельствует об их изменении под действием образующегося расплава.

Таким образом, анализируя опытные значения, можно заключить о возможности выпуска изделий клинкерного кирпича класса Б, соответствующего требованиям стандарта СТБ 1787-2007, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами (пониженным водопоглощением, высокой механической прочностью и истираемостью), из преимущественно местного минерального сырья Республики Беларусь.

Список литературы

1. Пиш, И.В. Получение клинкерного кирпича на основе минерального сырья Республики Беларусь / И.В. Пиш [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2017. – № 4. – С. 90–98.
2. СТБ 1787-2007. Кирпич керамический клинкерный. Технические условия.

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС БЕЛАРУСИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.В. Цедрик

*Институт экономики НАН Беларусь, Минск, Беларусь
e-mail: aleksandr.cedrik.90@mail.ru*

В настоящий момент создались такие условия, что цена нефти и газа, импортируемых в Беларусь, подвержены волатильности. Поэтому вовлечение в топливно-энергетический баланс белорусских буроводушных и сланцевых месторождений имеет важный аспект как с точки зрения снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции на предприятиях страны, так и с точки зрения энергетической безопасности республики и его топливно-энергетического баланса.

Ключевые слова: местные виды топлива, горючий сланец, экономическая эффективность, топливно-энергетический комплекс, бурье угли, месторождение.

REASONABILITY OF INVOLVEMENT OF LOCAL TYPES OF FUEL IN FUEL AND ENERGY BALANCE OF BELARUS FROM THE POINT OF VIEW OF ECONOMIC, ECOLOGICAL AND ENERGY SECURITY

A.V. Tsedrik

Institute of economy of NAN of Belarus, Minsk, Belarus

At the moment such conditions were created that the price of oil and gas, imported to Belarus, are subject to volatility. Therefore, involvement in fuel and energy balance of the Belarusian brown-coal and slate fields has important aspect as from the point of view of decrease in a power component in product cost at the enterprises of the country, and from the point of view of energy security of the republic and its fuel and energy balance.

Keywords: local types of fuel, combustible slate, economic efficiency, fuel and energy complex, brown coals, field.

Энергетика Республики Беларусь всегда базировалась на импортируемом высококачественном топливе. Из местных топливно-энергетических ресурсов (МТЭР) в энергетический баланс страны по сути вовлечены только нефть, торф и дрова. Нельзя не отметить тот факт, что в структуре МТЭР Беларуси более 50 % приходится на долю горючих сланцев. Горючие сланцы по своим качественным характеристикам принято считать недостаточно эффективным топливом по причине высокой зольности (> 80 %) и его низкой теплотворной способности [2].

Состояние минерально-сырьевой базы Беларуси [4]

Таблица 1

Полезные ископаемые, наименование	Количество месторождений, в шт.		Балансовые запасы, млн т.
	Разведанные	Разрабатываются	
Нефть	78	54	55,6
Уголь бурый	4	–	144,9
Горючие сланцы	2	–	422,3
Торф	72	50	160,6

Исходя из табл. 1 можно сделать вывод, что основу топливной и энергетической промышленности Беларуси составляет нефть (импортируемая в основном из Российской Федерации). Из местного сырья следует традиционно отметить залежи торфа. А бурый уголь и горючий сланец не вовлечены в народнохозяйственный комплекс страны. В современных геополитических

условиях, возникающих перекосах по причине заключения между странами ОПЕК в конце 2016 года соглашения по сокращению объемов добычи нефти, следует снова пересмотреть сценарии развития некоторых альтернативных вариантов добычи и использования группы полезных ископаемых, имеющих в своем составе полезную энергию.

В современных реалиях важны все потенциальные источники получения углеводородного сырья (далее – УВС), также и нетрадиционные. К данной категории относятся горючие сланцы (далее – ГС). Мировой опыт использования позволяет их рассматривать в как источник сырья, который используется в энергетике и нефтехимическом комплексе. Ресурсы сланцев следуют подвергнуть дальнейшему изучению. Они интересны для науки и промышленности в первую очередь как местное энергохимическое сырье. Прогресс, который достигнут в технологиях добычи нефтегазового сырья, предполагает их освоение и последующее использование нефтяных сланцев в странах СНГ (Россия, Украина, Узбекистан, Беларусь) со стоимостью эквивалентной стоимости сырья на мировом рынке. Масштабное освоение ГС, включая их добычу, переработку и использование сырья, требует разработки организационно-экономического механизма, в основе которого должна быть учтена экономическая оценка данного вида ресурсов [2].

Исследуемый вид полезного ископаемого имеет такие особенности: получаемый сланцевый газ в подавляющих случаях должен быть использован на месте добычи по причине того, что перемещения на большие расстояния делают нерентабельным и логистические издержки обладают высокими затратами. Также немаловажной особенностью его достаточно невысокой рентабельности можно объяснить, что газосланцевые плеи занимают значительные по площади территории, которые выходят из хозоборота по причине его окончательной разработки. Это то, что принято называть экологической катастрофой [3].

Если взять во внимание наличие в разных государствах имеющихся обширных ресурсов ГС, термическая переработка которых позволяет выделять сланцевую смолу в количествах, которые во много раз превышают по объему разведанные ресурсы нефти, то для энергетического и технологического использования они особо важны и актуальны. Экологические факторы их промышленной добычи актуальны, но они говорят об обратном – сохранение природного разнообразия не является первоочередным интересом сланцевых промышленников. Промышленная добыча сланца и его дальнейшая переработка (конечно, нельзя не обойти эту проблему стороной) имеют отрицательное влияние на экологическую обстановку, а именно: водный и воздушный бассейны, ландшафт, недра, флору и фауну. Выбросы в атмосферу, формирующиеся при прямом сжигании сланца, включают в себя огромное количество оксидов серы, азота, углеводородов, сероводорода, фенолов и других опасных соединений. В момент использования ГС формируют отвалы пустой породы, золу и остаток полукоксования. Впоследствии отвалы отходов сланцепереработки занимают обширные площади земной поверхности. Сточные воды, стекающие из отвалов, чаще токсичны и превращаются в непригодную для питья и иного рода хозяйственной деятельности. Все же комплекс вышеназванных факторов для экологии регионов таких факторов не позволяют считать их использование в химии и энергетике экономически неоправданным [5,6]. Естественно, к решению данной проблемы следует подходить комплексно и учитывать все стороны в момент принятия решения по развитию сланцепереработки. Используемые открытый и подземный способы разработки месторождений ГС требуют достаточно внушительных материальных и трудовых затрат. Разработка большей части месторождений нецелесообразна с экономической точки зрения, потому значительным интересом обладает способ их геотехнологической обработки на участке залегания путем подземной газификации или перегонки [5].

Следует заметить, что такое исследование обязательно должно быть комплексным, с учетом экономических, энергетических и экологических аспектов. Осложнения вызывает экологический фактор. В таком случае могут пострадать близлежащие территории от процесса добычи. Это может привести уже к непоправимым последствиям. Также следует отметить, что способ извлечения горючих сланцев осложнен непосредственно его способом добычи. Как отмечалось ранее, открытый способ добычи более дорогостоящий по сравнению с шахтным способом и с экологической точки зрения не оправдан. Данный вопрос требует более точных и глубоких расчетов.

Что касаемо месторождений *бурых углей* Беларуси, то они расположены в Припятском Полесье. Прогнозные запасы составляют более 1,5 млрд т., в том числе разведанные (балансовые экономически целесообразные) – 160 млн т. Житковичское, Бриневское (Петриковский район) и Тонежское (Лельчицкий район) являются детально разведенными месторождениями. Залежи угля не разрабатываются, так как уголь залегает на большой глубине, имеет малую мощность пластов и невысокое качество. Заявленными потребителями продуктов переработки бурого угля данных месторождений являются концерн «Белнефтехим», а также многие предприятия Министерства энергетики Беларуси. Себестоимость добычи 1 тонны бурого угля на этих объектах составляет 13,5 долларов.

Высокие ожидания связаны также с Букчанским (Лельчицкий район) и Приоловичским месторождением. В будущем оно будет иметь промышленное значение. Суммарные ресурсы данных месторождений около 450 млн т.

По анализам геологических материалов, усредненные качественные характеристики бурых углей Бриневского месторождения соответствуют требованиям, которые предъявляются по техническим условиям как к энергетическим топливам, так и к исходному сырью для изготовления бороугольных брикетов.

Одним из возможных способов переработки бурых углей является сжигание для нужд энергетики – выработка тепла или электроэнергии. Эффективность бурых углей Беларуси применительно к нуждам энергетики при их сжигании в котлах с кипящим слоем довольно высокая. Наиболее перспективным является двухстадийное сжигание – с генерацией и последующим дожиганием полученных углеводородных газов.

Однако в соответствии с коэффициентом вскрыши, равным 3–4, из недр будет извлечено и захоронено в отвалах примерно 35 млн т. горной массы, что повлияет на экологию региона. Поэтому целесообразно рассмотреть применение технологии скважинной газификации бурого угля – по месту его залегания в недрах. Такая технология может применяться для разработки угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями залегания, при этом совмещаются процессы обогащения угля, его переработка и получение готового продукта в виде газовых смесей.

Добыча бурых углей может осуществляться шахтным и открытым способами, а также с применением технологии подземной газификации. Наиболее целесообразным, в том числе и с экологической точки зрения, является шахтный способ [3].

Для получения объективной информации и необходимого объема геоматериала для лабораторных исследований, РУП «Белгеологией» на месторождениях бурого угля Беларуси было пробурено 25 скважин, средней глубиной 90 м и общим метражом 2250 м. Для непосредственного проведения лабораторных исследований термохимического разложения бурого угля на жидкие и газообразные углеводороды в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси было направлено 2,5 тонны бурых углей [4].

Что касается бурых углей Лельчицкого углепроявления, то по данным Института природопользования НАН Беларуси Лиштваном И.И. и Фалюшиным П.Л. проведено предварительное исследование их качественных характеристик. Исследование показало, что влажность лельчицких бурых углей не требуют дополнительной подсушки при сжигании и энерготехнологической переработке, зольность этих углей составляет в среднем 30 %, выход летучих веществ – 25–40 % в расчете на сухое вещество; низшая теплота сгорания – 4100 ккал/кг; выход гуминовых кислот – около 10 % на органическое вещество, что свидетельствует о высокой степени метаморфизма. С экономической точки зрения эти данные мало о чем скажут. Эти данные, скорее, охарактеризовали возможности бороугольных проявлений одного конкретного месторождения [2, 7. с. 116].

На развитие инновационных технологий недропользования бурых углей Белорусского Полесья существенное влияние оказывают экономические показатели, выдвигаемые заказчиком. Так, по Бриневскому месторождению капитальные затраты (суммарные инвестиции в основные средства) составляют 1435,4 млн долларов, операционные и эксплуатационные затраты – 44,55 млн долларов, по Житковичскому месторождению – 391,3 млн долларов

и 74,75 млн долларов соответственно, а по Тонежскому месторождению – 262,3 млн долларов и 45,4 млн долларов [2].

По Бриневскому месторождению объем требуемых инвестиций в уставный капитал, технологии и технологические процессы составляет 267,16 млн долларов, по Житковичскому месторождению – 391,3 млн долларов, по Тонежскому месторождению – 262,3 млн долларов. Требуемые инвестиции для Лельчицкого месторождения в уставный капитал, технологии и технологические процессы составляет 578,7 млн долларов, а капитальные затраты (суммарные инвестиции в основные средства) оцениваются в 508 млн долларов.

Кроме этого, при оценке эффективности различных вариантов технологий освоения месторождений бурого угля следует учитывать рентабельность, срок окупаемости затрат, время строительства предприятия и годовой экономический эффект. Стоит обратить внимание и на социальные факторы — условия труда рабочих [7, с.117].

Список литературы

1. Зафарова, А.М. Комплексная и безотходная переработка горючих сланцев на базе собственных энергоносителей / А.М. Зафарова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 4216–4220.
2. Ковхуто, А.М. Сланцы есть, газа нет / А.М. Ковхуто // Рэспубліка. – 2014. – 24 июня.
3. Минерально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы – Блог «Экономика БГЭУ» – Раздел «Экономика Беларусь». – Режим доступа: <http://www.economy-web.org>. Дата доступа: 16.05.2016.
4. Официальный сайт Национального статистического комитета. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 17.05.2018.
5. Проблемы и перспективы использования горючих сланцев в Украине: материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием «Горение твердого топлива, Новосиб., 13–16 ноября 2012 г. / Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН; под ред. А.М. Осипова [и др.]. – Новосибирск, 2012. – С. 75.1–75.8.
6. Хрусталева, Г.К. Минеральное сырьё. Горючие сланцы: Справочник / Г.К. Хрусталёва. – Геоинформмарк, 1997. – 55 с.
7. Цедрик, А.В. Экономическая целесообразность добычи и использования бурых углей и горючих сланцев Припятского Полесья в период неустойчивой цены на нефть / А.В. Цедрик // Международная научная конференция «Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья», 14–17 сентября 2016 г. – Минск, 2016 г. – С. 115–117.

КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ КАК ОСНОВА ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СРЕДЫ

Н.К. Чертко

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: tchertko@yandex.by

Рассматриваются закономерности содержания токсичных металлов в кислых и карбонатных породах Беларуси (пески, супеси, суглинки, глины), величины подвижности их, сорбции карбонатными породами металлов. Рекомендуется использовать карбонатные породы в качестве детоксиканта почв и как основы геохимической оптимизации растительной среды.

Ключевые слова: известняк, порода, геохимическая оптимизация, почва, среда

CARBONATE ROCKS AS THE BASIS OF GEOCHEMICAL ENVIRONMENT OPTIMIZATION

M.K. Chartko

The Belarusian State University, Minsk, Belarus

The regularities of the content of toxic metals in acidic and calcareous rocks in Belarus (sand, sandy loam, loam, clay), their mobility, sorption of carbonate rocks are considered. It is recommended to use the carbonaceous rocks as a detoxifier of soils and as a basis for geochemical optimization of the plant environment.

Keywords: carbonate, rock, geochemical optimization, soil, environment

Горные породы независимо от глубины залегания, строения, химического состава, физико-химических свойств представляют интерес для различных отраслей хозяйственной деятельности. Рассмотрим карбонатные породы как минеральное сырье для получения химических сорбентов токсичных металлов в почвах.

Физико-химические свойства карбонатных пород и карбонатообразование затрудняют мобилизацию и вовлечение дисперсных частиц, являющихся носителями основной массы рассеянных металлов в водную миграцию [3, с. 33]. Во многих работах отмечается высокая эффективность известкования загрязненных почв [1, 2]. Таким образом, известкование является мощным средством связывания токсичных металлов в трудно растворимые соединения, слабо подвижные карбонаты и оксиды, что снижает доступность их для растений [4].

Известь снижает кислотность почв и переводит оксиды металлов в осадок недоступный для корневой системы растений. Таким путем вероятность образования слаборастворимых карбонатов и бикарбонатов увеличивается, образуется и осаждается карбонат свинца [8]. В природе он встречается в виде минерала церусита. Так избыточный токсичный свинец выводится из биологического круговорота, экологическая ситуация улучшается. Аналогично нейтрализуются другие токсичные металлы.

При нарастающем загрязнении почв токсичными металлами актуальной становится проблема восстановления чистоты почв и грунтов путем использования доступных и экономически обоснованных полезных ископаемых. К их числу относятся природные сорбенты – породы с высокой сорбционной емкостью металлов, которые образуют перспективное сырье для создания относительно чистой среды: доломит, известняк, цеолит, опоки, трепел, глауконит, сапропель, бентонитовые глины, перлит.

Применяемые способы по детоксикации почв от токсичных металлов следующие: физические (механические) – удаление загрязненного слоя почвы; химические – внесение в почву породы с высокими сорбционными свойствами; биологические – выращивание культур концентрирующих токсичные металлы и последующее их удаление. Анализ сырьевой базы природных сорбентов указывает на неограниченные их запасы и широкую их географию. Остановимся на наиболее распространенном химическом способе с использованием карбонатных пород.

Проводимые нами многолетние исследования с учетом наличия карбонатов в почвообразующих породах, внесения торфа, глины и извести и их влияния на урожай и качество продукции подтверждают экономическую и экологическую эффективность природных сорбентов в условиях Беларуси [5, 7, 9].

Дозы вносимых сорбентов рекомендуются от 1,5 т/га на карбонатных породах до 5 т/га и более на кислых породах.

Почвообразующие породы Беларуси представляют собой переотложенную кору выветривания. Среди исследованных образцов четко выделяются две группы различные по показателям кислотности. Более насыщенными карбонатами являются породы лессовидные и отложения валдайского возраста, менее насыщенными и кислыми – днепровского возраста. В Полесье в местах залегания жестких грунтовых вод формируется слабокислая или нейтральная реакция песков.

Сравнительный анализ кислых и карбонатных пород Беларуси указывает на повышенное содержание (более высокую емкость поглощения) большинства химических элементов в карбонатных породах, включая кальций и магний, при одинаковом их гранулометрическом составе (табл. 1).

Таблица 1

Среднее содержание валовых форм металлов в почвообразующих породах Беларуси, мг/кг

Порода	n	Ti	Ni	V	Cr	Sr	Ba
Песок кислый	49	1000	7	15	26	80	150
Песок карбонатный	18	1080	9	15	27	120	240
Супесь кислая	7	2930	17	50	36	190	360
Супесь карбонатная	6	4180	19	56	48	180	240
Суглинок кислый	27	3710	22	60	60	160	440
Суглинок карбонатный	19	4000	20	54	54	170	420
Суглинок лессовидный	13	4880	23	93	74	220	640
Глина, pH 6,0	9	5930	39	122	121	270	340

Кислые породы имели pH 4,4–5,8, карбонатные pH 6,0–7,5. Степень насыщенности основаниями (кальцием и магнием) в кислых породах существенно ниже (30–60 %) по сравнению с карбонатными породами (70–90 %).

В карбонатных моренных суглинках содержание элементов группы железа (никель, ванадий, хром) незначительно ниже, так как они имеют тенденцию к накоплению в кислых породах при их образовании.

В породе и почве при наличии воды всегда присутствуют общие и растворимые формы металлов (табл. 2). При оптимизации содержания металлов в почвах следует предусматривать внесение таких химических сорбентов, которые переводили бы подвижные и доступные растениям формы элементов в необменные и недоступные. И в этом отношении хорошо зарекомендовали себя карбонатные материалы. Имеющиеся в почве гумус, торф и органоминеральные соединения сорбируют токсичные металлы на короткий период до начала их минерализации. В дальнейшем их судьбу определяют минеральные сорбенты, корневая система растений или при наличии активного промывного режима – вынос за пределы почвенного профиля. На величину подвижной формы металла влияет кислая среда, которая преобладает в Беларуси. Поэтому проводимое известкование необходимо проводить регулярно один раз в пять лет, как это установлено практикой агрономической службы.

Содержание металлов увеличивается с увеличением частиц физической глины в породе и почве. Четкая закономерность процентного содержания подвижной формы элемента от их валовых запасов не установлена. Большая подвижность элементов отмечена для карбонатных пород (табл. 2). Общее содержание металлов обычно отмечается в карбонатных породах по сравнению с кислыми породами.

Внесение карбонатных пород, органических удобрений в почвы приводит к увеличению содержания физической глины, гумуса и органоминеральных соединений. Среди них органо-

Таблица 2

**Среднее содержание валовых и подвижных форм химических элементов (мг/кг)
и степени их подвижности (%) от общ.) в почвообразующих породах Беларуси**

Породы	n	Mn			Cu			Co		
		вал	под	% под	вал	под	% под	вал	под	% под
Песок кислый	41	100	7	7	4,6	0,6	1,3		0,1	
Песок карбонатный	18	200	13	6,50	4,5	0,6	1,3		0,1	
Супесь кислая	7	400	7	1,75	12	1,4	11,6	4,5	0,35	7,7
Супесь карбонатная	6	310	20	6,44	11	1,2	10,9	7,5	1,1	14,6
Суглинок кислый	27	460	13	2,80	17	1,4	8,2	8,0	0,31	3,8
Суглин. карбонатный	19	360	30	8,30	18,5	1,3	7	8,0	0,75	9,3
Глины, pH 6	3	450	43	9,50	24,2	2,0	8,26	11,0	1,55	14,0

минеральные соединения также прочно удерживают металлы. Это положение подтверждено полевыми опытами, проведенными нами на минеральных и торфяных почвах [5].

В опытах [6] на черноземах с нейтральной реакцией с применением глауконита и мела получена следующая закономерность: через 12 месяцев после их внесения в сильно загрязненную почву (10000 мг/кг металла) увеличилась доля прочно связанных соединений свинца на 30 % и цинка на 40 %. Основным механизмом прочного связывания металлов, по их мнению, является фиксация элементов кристаллической решеткой внесенных пород. В связывании токсичных металлов участвуют также оксиды и гидроксиды железа и марганца. По накоплению в травянистой растительности металлы образуют ряд убывания: Cd > Zn > Pb > Cu > Mn > Ni > Cr.

Исходя из химической таблицы растворимости веществ в воде, карбонат (CO_3^{2-}) образует нерастворимые соединения со следующими металлами: Ba, Sr, Ca, Mg, Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{2+} , Fe^{2+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Hg^{2+} . Как видим, сюда входят техногенно распространенные и супертоксичные кадмий, ртуть и свинец.

Сравнительный анализ гуминовых кислот и органоминеральных веществ по полученным спектрам на приборе UR-20 позволяет заключить, что параметры содержания амидных и аминных группировок выше у гуминовых кислот органоминеральных веществ, что свидетельствует об участии этих групп в закреплении гуминовых кислот и возможно металлов на глинистых минералах [5, с. 174].

Пути поступления атомов и ионов токсичных металлов в растения в настоящее время изучены недостаточно. Чаще выводы строятся на предположениях, что не может использоваться в практических целях. Пока нет также однозначного ответа на механизм отбора корневой системой растений токсикантов.

Таким образом, хемосорбционные свойства карбонатные материалы проявляют в широком диапазоне щелочно-кислотных условий и являются экономически эффективными при геохимической оптимизации среды жизнедеятельности растений.

Список литературы

- Алексеев, Ю.В. Влияние кальция и магния на поступление кадмия и никеля из почвы в растения вики и ячменя / Ю.В. Алексеев, Н.И. Вялушкина // Агрохимия. – 2002. – № 1. – С. 82–84.
- Байдина, Н.Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногеннозагрязненной почве / Н.Л. Байдина // Почвоведение. – 1994. – № 9. – С. 121–125.
- Добровольский, В.В. Внутрипочвенное карбонатообразование, высокодисперсное вещество почв и геохимия тяжелых металлов / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 2001. – № 12. – С. 1434–1442.
- Евдокимова, Г.А. Определение степени токсичности загрязненных металлами почв и некоторые способы их снижения / Г.А. Евдокимова. – М.: АН СССР, 1985. – 86 с.
- Куликов, Я.К. Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси / Я.К. Куликов. Науч. редактор Н.К. Чертко. – Минск: БГУ, 2000. – 280 с.
- Манджиева, С.С. Экологическое состояние почв и растений природно-техногенной сферы / С.С. Манджиева, Т.М. Минкина. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – 264 с.

7. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / Под ред. И.С. Лупиновича. – Минск: Изд. БГУ, 1970. – 196 с.
8. Понизовский, А.А.Механизмы поглощения свинца (II) почвами / А.А. Понизовский, Е.В. Мироненко // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 418–429.
9. Чертко, Н.К. Геохимическая оптимизация ландшафтов: [монография] / Н.К. Чертко. – Минск: Четыре четверти, 2018. – 168 с.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛОЙ РЕКИ В ФОНОВЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Е.П. Янин

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва, Россия
e-mail: yanin@geokhi.ru

Рассматриваются особенности минерального состава руслового аллювия р. Пахры (Московская область) в фоновых и техногенных условиях.

Ключевые слова: фоновый аллювий, техногенные илы, река Пахра, Московская область.

MINERAL COMPOSITION OF CHANNEL SEDIMENTS OF A SMALL RIVER IN THE BACKGROUND AND TECHNOGENIC CONDITIONS

E.P. Yanin

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS, Moscow, Russia

The peculiarities of the mineral composition of the channel alluvium of the Pakhra river (Moscow region) in background and technogenic conditions are discussed.

Keywords: background alluvium, technogenic silt, Pakhra river, Moscow region.

Минеральный состав природного (фонового) аллювия рек центральных районов Европейской части России установлены неплохо; выявлены типичные для него минеральные ассоциации, качественный состав которых сравнительно стабилен в пределах значительных по площади территории и во многом соответствует минералогическим комплексам исходных пород [2]. Минеральный состав техногенных речных илов, формирующихся в зонах техногенеза, изучен слабо. С этих позиций представляет интерес материал, полученный при изучении русловых отложений р. Пахры (правый приток р. Москвы) – типичной равнинной малой рекой.

Пробы отложений отбирались на р. Пахре в пределах фонового участка (русловой аллювий) и в зоне влияния г. Подольска (техногенные илы). Затем они в натуральном виде, без удаления карбонатов и аморфных веществ делились бромоформом на легкую и тяжелую фракции, каждая из которых исследовалась под поляризационным микроскопом в иммерсионных жидкостях. Для характеристики отложений рассчитывались показатели, применяемые в минералогии и петрохимии.

В фоновых условиях русло р. Пахры сложено преимущественно песчаным аллювием, химический состав которого закономерно близок составу четвертичных пород Русской равнины (табл. 1, 2). Техногенные илы отличаются существенно повышенным содержанием алеврито-глинистых частиц, пониженным количеством SiO_2 , заметным увеличением содержаний Al_2O_3 , соединений Fe и P, оксидов Ca, органических веществ, Hg. Химический состав илов во многом определяется свойствами поступающего в водотоки техногенного осадочного материала, а также специфическими условиями обстановки техногенного аллювиального осадконакопления. Это обуславливает формирование здесь отложений с иным, нежели фоновый аллювий минеральным составом [4].

В легкой минеральной фракции фонового аллювия р. Пахры доминируют кварц (72 %), полевые шпаты (13,6 %), обломки пород (6,4 %) и кислые плагиоклазы (4 %); в тяжелой фракции преобладают обыкновенная роговая обманка (24 %), черные рудные минералы (22 %), эпидот (18 %), гранат (7 %), циркон (6 %) (табл. 3). Практически аналогичная терригенно-минеральная ассоциация характерна для русловых отложений рек центральных районов Русской равнины [2], что является отражением схожести минеральных ассоциаций, свойственных горным породам и почвам, являющихся в данном регионе основными источниками питания водотоков осадочным материалом. Минеральный состав илов претерпевает заметные изменения, которые проявляются (табл. 3, 4): 1) в нарушении характерных для аллювия качественных соотношений ассоциирующих минералов; 2) в появлении минералов, не обнаруженных в аллювии.

Таблица 1

Химический состав различных отложений, %

Компонент	Фоновый аллювий [4]	Техногенные илы [4]	Четвертичные песчаные породы Русской плиты [3]
SiO ₂	83,81	61,70	73,58
TiO ₂	0,25	0,38	0,34
Al ₂ O ₃	4,45	8,63	6,55
FeO+Fe ₂ O ₃	2,62	4,90	3,04
MnO	0,02	0,02	0,044
MgO	1,26	0,66	1,94
CaO	2,71	6,08	5,23
Na ₂ O	0,58	0,68	0,30
K ₂ O	1,13	1,62	2,36
P ₂ O ₅	0,26	0,58	0,098
ППП *	2,16	10,88	2,22
Сорг	0,45	4,35	0,12
Hg, мг/кг	0,03	4,8	0,083**

* Потери при прокаливании. ** Кларк литосферы [1].

Таблица 2

Петрохимические коэффициенты различных отложений

Коэффициенты	Четвертичные песчаные породы Русской плиты	Река Паахра	
		Аллювий	Илы
Al ₂ O ₃ / SiO ₂	0,05	0,04	0,08
CaO / MgO	1,9	1,9	6,7
ППП / SiO ₂	0,03	0,03	0,18

Таблица 3

Средний минеральный состав фонового аллювия и техногенных илов *

Минералы	Аллювий	Илы
Легкая фракция (сумма = 100 %)		
Кварц	71,87	60,45
Полевые шпаты	13,60	11,48
Кислые плагиоклазы	4,13	6,14
Микроклин	2,28	1,24
Глауконит	0,57	1,97
Карбонатные минералы	0,32	12,22
Портландит	—	1
Измененные минералы и обломки	6,40	2,59
Лимонитизированные обломки	—	2,10
Прочие	0,83	0,81
Тяжелая фракция (сумма = 100 %)		
Черные рудные минералы	22,68	24,81
Обыкновенная роговая обманка	24,05	14,04
Гидроксиды железа	3,97	10,84
Измененные минералы и обломки	1,82	0,72
Лейкоксен	1,57	1,22
Гранат	7,23	7,28
Моноклинные пироксены	0,83	1,06
Ромбические пироксены	0,50	0,22
Тремалит-актинолит	2,20	1,25
Эпидот	18,38	12,82

Минералы	Аллювий	Илы
Циркон	6,65	8,41
Ставролит	0,97	1,46
Турмалин	0,88	1,83
Дистен	1,51	4,33
Рутил	1,93	2,67
Анатаз	0,82	1,17
Сфен	0,93	0,59
Апатит	1,53	1,28
Прочие	1,55	4,00
Выход тяжелой фракции, %	2,56	3,64
Количество проб	7	10

* Среди прочих минералов в отдельных пробах в легкой фракции везде встречаются единичные зерна биотита, средних основных плагиоклазов, в илах – хлорита, мусковита, халцедоновых обломков, вулканического основного стекла; в тяжелой фракции в илах – единичные зерна пирита-марказита, шпинели, андалузита, корунда, хлоритоидов, хромшпинели, эгирина, оливина, сидерита, силлиманита, баритоцелестина.

Таблица 4
Минералогические показатели русловых отложений

Показатель	Аллювий	Илы
Легкая фракция		
Кварц / остальные минералы легкой фракции	2,6	1,5
Полевые шпаты / измененные минералы и обломки пород	3,3	7,3
Глауконит + карбонатные минералы / кварц	0,01	0,24
Кварц / карбонатные минералы	225	5
Тяжелая фракция		
Сумма устойчивых минералов, %	14,3	21,1
Показатель высшей химической зрелости*	9,5	12,9
Гидроксиды Fe / роговая обманка + гранат + эпидот	0,08	0,38
Коэффициент влияния местных пород	12,6	3,7
Коэффициент устойчивости	0,6	1,5
Роговая обманка / дистен + ставролит	9,7	2,4
Гидроксиды Fe / черные рудные минералы	0,2	0,4
Минералы высокой гидродинамической устойчивости, % (I)	8,6	11,1
Минералы низкой гидродинамической устойчивости, % (II)	48,4	32,5
Отношение (I) : (II)	0,18	0,34
Минералы высокой миграционной способности, % (III)	21,6	28,4
Минералы низкой миграционной способности, % (IV)	5,1	3,8
Отношение (III) : (IV)	4,3	7,5

* Суммарное содержание химически самых устойчивых терригенных минералов – циркона, турмалина и рутила.

Так, в легкой фракции отложений (в изученном ряду «фон – техногенез») наблюдается (табл. 3, 4): 1) направленное снижение содержания основных породообразующих минералов – кварца и полевых шпатов, а также обломков пород и микроклина; 2) рост количества карбонатных минералов; 3) увеличение доли кислых плагиоклазов и глауконита; 5) увеличение содержания лимонитизированных обломков и портландита; 6) появление в илах хлорита, мусковита, халцедоновых обломков, вулканического основного и кислого стекла. В илах происходит своеобразное «вытеснение» основных породообразующих минералов (кварц, полевые шпаты) различными новообразованиями (карбонатные минералы, лимонитизированные обломки) и в определенной степени аутигенными минералами (глауконит).

Для техногенных илов характерно присутствие портландита – типичного минерала цемента и угольной золы. Аллювий характеризуется средней химической зрелостью; илы отличаются низкой химической зрелостью.

В тяжелой фракции (в изученном ряду «фон – техногенез») наблюдается (табл. 3, 4): увеличение ее выхода; снижение доли черных рудных минералов, роговой обманки и эпидота (основных минералов «фоновой» ассоциации); снижение доли роговой обманки и эпидота; рост содержания гидроксидов железа и устойчивых в зоне гипергенеза минералов, увеличений значений коэффициента устойчивости; снижение доли минералов низкой гидродинамической устойчивости и минералов низкой миграционной способности; увеличение доли минералов, обладающих потенциальной магнитной восприимчивостью; появление в техногенных илах пирита-марказита, корунда и некоторых других минералов.

Низкие значения коэффициента влияния местных пород, характерные для илов, свидетельствуют о ведущей роли в формировании их состава материала, поступающего со сточными водами и поверхностным стоком с освоенных территорий. Увеличение количества карбонатных минералов в илах обусловлено, очевидно, поступлением их в составе сточных вод (использование на очистных сооружениях карбонатсодержащих материалов). Не исключен также хемогенный путь образования карбонатных минералов непосредственно в речной среде. В условиях загрязнения поступление в реки железа со сточными водами велико, в ходе русской миграции происходит его окисление и последующее выпадение в виде смеси оксидов и гидроксидов.

Таким образом, техногенным илам свойственны минеральные ассоциации, отличающиеся от терригенно-минеральных ассоциаций фонового аллювия, основным источником питания для которого геологически длительное время являются почвы и осадочные породы. Техногенные минеральные ассоциации характеризуются пониженным содержанием основных породообразующих минералов (кварца и полевых шпатов) и главных минералов тяжелой фракции (роговой обманки и эпидота), существенно увеличенным количеством карбонатов, гидроксидов железа и лимонитизированных обломков, повышенными содержаниями апатита, а также портландита – типичного минерала цемента и угольной золы. В илах идентифицируется большее, нежели в аллювии, количество минералов. Для илов характерно увеличение относительной доли устойчивых в гипергенных условиях акцессорных минералов и снижение количества минералов низкой гидродинамической устойчивости и низкой миграционной способности. Илы, являясь молодыми осадочными образованиями, отличаются от фонового аллювия пониженным содержанием кварца и, соответственно, низкой химической зрелостью и обладают потенциальной способностью к активным вторичным преобразованиям. Высокие содержания в техногенных илах минеральных новообразований и гидроксидов железа определяют их возможные вторичные преобразования и поведение связанных с ними химических элементов.

Список литературы

1. Виноградов, А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 565–571.
2. Лазаренко, А.А. Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны (на примере Днепра, Десны и Оки) / А.А. Лазаренко. – М.: Наука, 1964. – 236 с.
3. Ронов, А.Б. Эволюция химического и минералогического состава песчаных пород / А.Б. Ронов, М.С. Михайлowsкая, И.И. Солодкова // Химия земной коры. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 201–252.
4. Янин, Е.П. Техногенные речные илы (вещественный состав, геохимические особенности, экологическая оценка) // Экологическая экспертиза. – 2013. – № 1. – С. 2–196.

НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ В ГЕОЛОГИИ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

И.А. Бусел

ЗАО «Стройизыскания», Минск, Беларусь

e-mail: info@striz.by

В статье рассмотрены проблемы использования комплексного геологического анализа при инженерно-геологическом районировании территорий. Изложены основы методики районирования с учетом генетического и формационного подхода к схематизации строения толщ четвертичных и дочетвертичных отложений.

Ключевые слова: инженерно-геологическое районирование, геологическая система, генетический тип, формация, метод.

GEOLOGICAL METHODS IN ENGINEERING GEOLOGY

I.A. Busel

CJSC «Stroyizyskaniya», Minsk, Belarus

The article considers the problems of using complex geological analysis in engineering-geological zoning of territories. The fundamentals of the method of zoning taking into account the genetic and formation approach to the schematization of the structure of the sequences of quaternary and pre-quaternary sediments are set forth in the article.

Keywords: engineering-geological zoning, geological system, genetic type, formation, method.

Для каждого участка земной поверхности характерны свои инженерно-геологические условия (далее – ИГУ), но для предынвестиционных и предпроектных разработок такая степень детализации излишня. Достаточно располагать некоторой обобщенной инженерно-геологической моделью территории, содержащей необходимую и достаточную информацию для обоснования различных вариантов ее инженерно-хозяйственного освоения и их сравнения по техническим, экономическим, социальным и другим критериям.

Основной вид моделей, применяемых для этой цели, – карты **инженерно-геологического районирования** территории (далее – ИГР).

Хотя при районировании используют термины «регион», «область», «район» и другие, но территориальные единицы представляют не площади, а объемные участки литосферы, выделяемые на глубину, отвечающую определенному виду дальнейшего хозяйственного использования территории. Такие геологические тела представляют сложные **геологические системы**, поэтому процедура районирования заключается в иерархическом делении (декомпозиции) сложной **геологической системы** на более простые. Естественно, это деление осуществляют не в натуре, а на некоторой модели, но чтобы сохранить требуемое приближение, необходимо при делении системы на составляющие полностью сохранить существующее динамическое равновесие, то есть выявить, оценить и учесть все основные системообразующие связи. Известно, что нельзя рассматривать поведение системы в целом без учета поведения ее составляющих, как невозможно оценивать поведение составляющих без учета поведения всей системы. В связи с этим анализ и синтез, декомпозиция и композиция, изучение целого и отдельных его частей настолько тесно переплетены между собой, что образуют некую единую сложную познавательную систему, которая пока должным образом не осмыслена и не изучена. Соответственно, весьма нетривиальный характер приобретает задача **ИГР**, если ее не упрощать и не сводить к выделению соподчиненных геологических комплексов или тел разного ранга.

Из этого следует, что пока рано говорить не только о решении, но даже о формулировке этой задачи в строгой формальной постановке.

По существу это означает необходимость создания специальной системы правил и алгоритмов, которые и составят основу новой технологии компьютерного моделирования сложных *геологических систем*, осознавая при этом, что композиция любых сложных систем – это прежде всего акт творчества и он, наверное, никогда не может быть формализован до конца.

Разработка рациональной методики регионального *ИГР* сталкивается и с другими трудностями. Так, объект исследования декомпозиции – сложные *геологические системы*. И чтобы получить достаточно полное представление о системе, нужно располагать несколькими десятками (если не сотнями) признаков. Кроме того, многие важные признаки (например, параметры некоторых физических полей) вообще не поддаются определению при таких исследованиях; другие могут быть оценены лишь весьма приближенно; третьи в связи с большой изменчивостью требуют массовых измерений и статической обработки, что выполнить невозможно, и т. д. Использование массы признаков, даже если бы их не удалось установить, привело бы к таким сложным построениям, что они потеряли бы практическую ценность. Очевидно, построение схем районирования на основе использования таких частных признаков – задача заведомо невыполнимая, и нужно применять другие пути и *методы*, обладающие более широкими информационными возможностями. Для этих целей используются традиционные *методы*, основанные на историко-геологических, генетических, геоморфологических, геоструктурных и других представлениях, используемых современной геологической наукой – хорошо развитой, хотя и слабо формализованной областью знания.

В основу методики схематизации строения толщ четвертичных отложений может быть положено учение о *генетических типах* отложений и их парагенетических комплексах, созданное работами Павлова А.П. и его последователей. При схематизации строения толщ дочетвертичных отложений аналогичную роль играет учение о *формациях*, развитое в трудах Шатского Н.С. и некоторых других ученых.

Понятия «*генетический тип* отложений», «геологическая структура», «*формация*», «*фа-ция*» и другие не имеют в настоящее время строгого формального определения, но зато они содержат исключительно богатую информацию. Для установления *генетического типа* отложений используются различные прямые и косвенные признаки, геоморфологический анализ, реконструкция условий осадкообразования и др. Но когда *генетический тип* отложений установлен, геолог получает исключительно ценную информацию, поскольку для каждого *генетического типа* характерны определенные условия залегания, строение и литологический состав, свойства, закономерности пространственной изменчивости и др. В силу этого «*генетический тип* отложений» приобретает характер своеобразного комплексного признака – «признака-понятия» (по Комарову И.С.), который можно успешно использовать при любых построениях, в том числе при *инженерно-геологическом районировании*.

Корреляция между генезисом отложений и другими их характеристиками опирается не на абстрактные умозаключения, а в первую очередь на громадный фактический материал, обобщенный в справочниках, монографиях, статьях и др.

Сделанные выводы можно распространить и на другие геологические понятия, которые также выступают в роли комплексных признаков («признаков-понятий»), что создает возможность построения относительно простых систем *ИГР* с выделением небольшого числа иерархических уровней. Так, в схеме Попова И.В., широко применяемой в постсоветских и других странах ближнего зарубежья, выделены пять иерархических уровней (регион, область, район, подрайон, участок), что делает ее весьма удобной в практических приложениях.

Использование «признаков-понятий» подводит надежную базу под типизацию ИГУ (по «*геологическим структурам*», «новейшим тектоническим движениям и строению рельефа», «*генетическим типам* отложений» и т. д.), разработку классификаций, осуществление экстраполяций, широкое применение *метода* инженерно-геологических аналогий.

Несомненно, что методика *ИГР* основана в настоящее время не столько на формальных приемах, сколько на комплексном геологическом анализе и такое положение вряд ли изменится в обозримом будущем. Исключением может быть только районирование, выполняемое

в крупных масштабах, например, на территории городов или площадках промкомплексов, где геология достаточно проста и применение формальных **методов** более рационально и обосновано.

Вопрос о принципах **ИГР** рассматривался неоднократно в работах Белого Л.Д., Голодковской Г.А., Комарова И.С., Трофимова В.Т., Хайме Н.М. и других.

Районирование любой территории, рассчитанное на планомерное инженерно-хозяйственное освоение, рациональное использование ресурсов и решение других задач должно быть социально-экологическим, то есть учитывать все основные формы взаимодействия общества с окружающей средой. **Инженерно-геологическое районирование** преследует более узкие цели и распространяется только на «геологическую среду» – верхнюю часть литосферы, в пределах которой локализуется инженерная и хозяйственная деятельность человека; **ИГР** следует рассматривать как составную часть такого комплексного районирования. Чтобы отвечать требованиям рационального использования и охраны природной среды, карты **ИГР** должны не только представлять обычные информационные модели, описывающие современное состояние изучаемого объекта – геологической среды, но и содержать существенные элементы прогноза на весь период строительства и эксплуатации сооружений. Это требует выполнения специальных научно-методических разработок и коренной перестройки стиля мышления, сложившегося у специалистов по инженерной геологии за многие годы. Согласно традиционным представлениям основная задача изысканий – оценка условий строительства, а задача составления прогнозов возможного воздействия сооружений на окружающую среду, хотя нужная и важная, но, как правило, второстепенная.

ИГР осуществляется в несколько этапов с использованием некоторых информационно-емких «признаков-понятий».

На первом этапе **ИГР** осуществляют на основе геотектонического анализа, позволяющего расчленить земную кору на геологические структуры нескольких порядков.

На основе структурного подхода выделяют наиболее крупные единицы **ИГР** – инженерно-геологические регионы (по Попову И.В.).

На втором этапе **ИГР** в качестве ведущего фактора используют новейшую тектонику.

Неотектонический фактор влияет на строение рельефа, мощность и состав неоген-четвертичных отложений, их водоносность, современные геологические процессы; целесообразность его учета при **ИГР** сомнений не вызывает. Согласно схеме Попова И.В. на основании учета новейшей тектоники выделяют инженерно-геологические области.

Следующий этап районирования связан с учетом особенностей геологического строения четвертичных и дочетвертичных отложений. Основная трудность – необходимость совмещения структурных планов, сформировавшихся под воздействием разных геологических процессов и отражающих различные пространственные закономерности. Кроме того, и толща четвертичных отложений часто имеет сложное многослойное строение, в котором участвуют отложения различных **генетических типов**, что также должно отразиться на карте районирования. Желательно учитывать глубину залегания грунтовых вод, характер водоносности отложений и др. Последовательное введение всех этих характеристик настолько усложняет карту, что делает ее неудобной в практических приложениях.

Необходим **метод**, который учитывал бы все разноречивые требования и одновременно был бы простым, наглядным, удобным для использования не только геологом, но и проектировщиком, строителем и любым другим специалистом, занимающимся инженерным или хозяйственным освоением территории. В наибольшей степени всем этим требованиям отвечает **метод** «районирования по типам инженерно-геологических разрезов». Главное достоинство **метода** – универсальность: его можно применять при инженерно-геологическом картировании любого масштаба и в любой геологической обстановке. Кроме того, могут быть учтены любые характеристики, представляющие интерес для планирования строительства, обоснования проектов конкретных сооружений или решения более общих задач, связанных с разработкой различных технических и нормативных правовых актов.

Основа схематизации строения толщ дочетвертичных отложений при мелко- и среднемасштабном картировании – учение о **формациях**. Задачам инженерной геологии наиболее полно

отвечают подходы и принципы выделения и классификации ***формаций***, изложенные в работах Шатского Н.С., отличающиеся наибольшей ясностью и определенностью.

Выделение ***формаций*** позволяет: 1) установить вероятный набор пород, которые принимают участие в ее строении; 2) предсказать возможные фациальные замещения пород в латеральных направлениях по разрезу; 3) оценить в первом приближении физико-механические свойства пород; 4) при учете геоструктурного и климатического факторов предсказать особенности гидрогеологических условий (типы, состав, обильность подземных вод); 5) оценить возможность развития некоторых геологических процессов (карст, суффозия, оползни и др.); 6) на основании всех этих данных определить инженерно-геологические условия осуществления инженерных и хозяйственных мероприятий, составить приближенные прогнозы развития различных инженерно-геологических процессов.

В настоящее время условия для успешной разработки всех упомянутых выше направлений благоприятные. Накоплен большой фактический материал, разработаны ***методы*** (алгоритмы, программы) для его обработки, созданы основы построения классификаций таких нечетко определенных множеств и пр. Наряду со схематизацией строения толщ дочетвертичных отложений подобные разработки позволяют подойти к решению некоторых других важных вопросов. Большое значение для инженерной геологии имеет ***метод*** аналогий, позволяющий переносить опыт изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений из одних районов в другие, но он пока используется слабо. Главная причина – отсутствие надежной базы для сопоставлений – хорошо разработанных классификаций. На основе обобщения опыта могут быть составлены также общие рекомендации по производству изысканий, проектированию оснований зданий и сооружений и др., что может дать большой экономический эффект.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА МАФИЧНОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ПО ДАННЫМ ЦИФРОВОЙ ПЕТРОГРАФИИ

Е.А. Василёнок, В.П. Самодуров

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: manul1994@mail.ru

Рассмотрен метод определения индекса мафичности плутонических и вулканических магматических пород ультраосновного, основного, среднего и кислого состава нормально-го ряда по данным цифровой петрографии. Произведены анализ цветовой характеристики макро- и микроизображений образцов и определение их видов.

Ключевые слова: цифровая петрография, идентификация магматических горных пород, модальный состав, индекс мафичности.

MAFIC INDEX OF THE IGNEOUS ROCKS DEFINITION BY THE DIGITAL PETROGRAPHY DATA

A.A. Vasilionak, V.P. Samodurov

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The method of mafic index definition of plutonic and volcanic igneous rocks of the ultramafic, mafic, intermediate and felsic composition of the normal series by using digital petrography data is applied. The analysis of the color characteristics of macro- and microimages of samples and the determination of their types are carried out.

Keywords: digital petrography, identification of igneous rocks, modal composition, mafic index.

Введение. Большую часть поверхности Земли занимают осадочные породы, однако в объемном отношении они слагают лишь десятую часть земной коры. Магматические и метаморфические породы являются ведущими типами горных пород верхней оболочки Земли.

Классификация магматических пород основана на таксономических критериях по: способу образования; фациальным условиям их образования; содержанию SiO_2 , %; общей щелочности; положению точек составов в системе координат $\text{SiO}_2/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$, отраженному в главных количественно-минералогических признаках; комплексу дополнительных количественно-минералогических и петрохимических признаков [1, с. 22].

Одной из важнейших задач классификации является создание методики с едиными признаками, позволяющими идентифицировать и классифицировать горные породы.

Согласно Петрографическому кодексу России [1] одним из критериев, позволяющих определить вид магматических пород, является модальный минеральный состав. Для пород, не содержащих более 90 % темноцветных минералов и обладающих хорошей кристаллизацией (для абиссальных и гипабиссальных), видовая принадлежность определяется по диаграмме QAPF (Quartz (кварц) – Alkali feldspar (щелочной полевой шпат) – Plagioclase (плагиоклаз) – Feldspathoid (фельдшпатоид)) [1, с. 26].

Модальный анализ магматических пород основан на относительных пропорциях следующих минеральных групп: Q – кварц, тридимит, кристобалит; A – щелочной полевой шпат, включая ортоклаз, микроклин, пертит, анортоклаз, санидин и альбит (< An5); P – плагиоклаз (An5 до An100) и скаполит; F – фельдшпатоиды, включая нефелин, лейцит и т.д.; M – мафические и родственные им минералы, например, слюда, амфибол, пироксен, оливин, рудные и акцессорные минералы (циркон, апатит, титанит и т.д.), эпидот, гранат и т.д. Первые четыре группы (Q, A, P, F) представляют собой фельзические, последняя (M) – мафические минералы [1, с. 24].

Классификация полнокристаллических магматических пород может быть произведена, исходя из их модального состава, по величине цветового индекса $i(M')$, представляющего собой относительное количество цветных (темноцветных) минералов в горной породе.

Вычисляется $i(M')$ как выраженное в весовых процентах (Wt %) количество мафических и родственных им минералов (все минералы, кроме кварца, щелочных полевых шпатов, плагиоклазов, фельдшпатоидов), за вычетом мусковита, апатита, первичных карбонатов и др.

Методы. Как известно, различные виды магматических пород отличаются по модально-му минеральному составу. Например, основную массу гарцбургита составляют оливин (Ol, 40–90 %), ортопироксен (Opx, 10–60 %), клинопироксен (Cpx, <10 %). В некоторых образцах можно встретить хромит (Chr). В то время как в составе сиенита породообразующими салическими минералами являются: Pl (10–30 %), калиевый полевой шпат (Fsp, 60–80 %), кварц (Q, 0–5 %). До 20 % данной породы могут занимать темноцветные минералы, такие как биотит (Bt), роговая обманка (Hbl), пироксены (Cpx ± Opx).

Для исследования были отобраны и предварительно обработаны макроизображения магматических пород нормального ряда и микроизображения их шлифов (без анализатора (PPL) и в скрещенных николях (XPL)). А также произведен анализ снимков, накоплена информация о цвете, количественных характеристиках, структуре и текстуре. Полученные данные использованы для определения вида пород по величине цветового индекса $i(M')$.

В процессе классификации каждый пиксель цифрового снимка образца породы мы относили к одному из классов минералов на основании некоторых статистических критериев: яркость/тон (распознавание цветовых образов), геометрическая форма, размер, структура и текстура (распознавание пространственных образов). Результаты классификации можно использовать для создания статистических отчетов о количественном составе образцов горных пород.

В данной статье применен алгоритм нейронных сетей (Neural Net) [2] для определения цветового индекса $i(M')$ магматических пород нормального ряда. Стандартный алгоритм обратного распространения был использован для сети при исследовании исходных изображений (макро- и микро-) образцов.

Алгоритм обратного распространения – это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации среднеквадратичного отклонения (StdDev) текущего выхода персептрона и желаемого выхода. Нейроны делятся на группы с общим входным сигналом – слои. На каждый нейрон первого слоя (скрытого слоя – Hidden Layer) подаются все элементы внешнего входного сигнала. Все выходы нейронов n-ого слоя подаются на каждый нейрон слоя n+1. Нейроны выполняют взвешенное суммирование элементов входных сигналов. К сумме элементов входных сигналов, помноженных на соответствующие веса, прибавляется смещение нейрона. Над результатом суммирования выполняется нелинейное преобразование – функция активации. Значение функции активации и есть выход нейрона [2].

В качестве этой функции использовалась сигмоидальная функция (1):

$$f(x) = \frac{x}{x+\alpha}, \quad (1)$$

где α – это параметр, влияющий на наклон сигмоидальной функции активации.

Классификация минералов выполнена с помощью обучения нейронной сети (training iteration) на базе созданных областей интереса (ROI – region of interest). Данная нейронная сеть требует число итераций от 50 до 100 прежде чем веса связей нейронов стабилизируются достаточно, чтобы получить выходные данные. В нашем случае произведено 50 итераций (рис. 1).

Эксперимент. Для исследования были отобраны макроизображения образцов плутонических и вулканических магматических пород ультраосновного, основного, среднего и кислого состава нормального ряда: дунит и пикрит, габбро, базальт, диорит, андезит, гранит, риолит (табл. 1).

А также микрофотографии шлифов этих же пород, за исключением замены дунита перidotитом (табл. 2).

Для каждого образца были отобраны регионы (ROI) для двух классов: мафического и фельзического. В первом классе представлены мафические и родственные им минералы, а во втором – кварц и полевые шпаты. Была применена сигмоидальная функция активации, а также

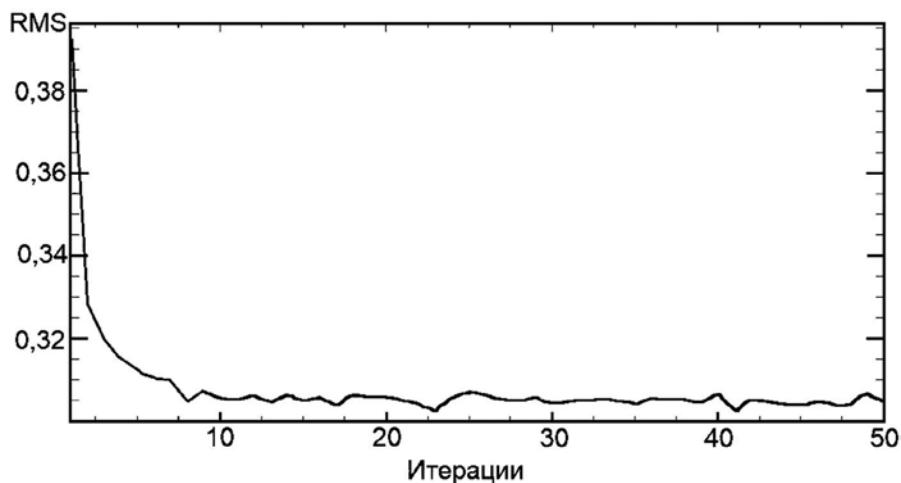


Рисунок 1. График зависимости среднеквадратичной ошибки (RMS) от числа итераций

Таблица 1

Макроизображения образцов плутонических и вулканических магматических пород

Класс	Вулканические породы			
Вид	Риолит	Андезит	Базальт	Пикрит
Размеры (Ш x В), см	6,22 x 2,05	3,42 x 2,63	5,26 x 2,32	3,46 x 1,65
Площадь, см кв.	12,751	8,995	12,203	5,709
Класс	Плутонические породы			
Вид	Гранит	Диорит	Габбро	Дунит
Размеры (Ш x В), см	7,09 x 3,33	4,33 x 3,62	3,87 x 1,39	3,55 x 4,07
Площадь, см кв.	23,610	15,675	5,379	14,449

Таблица 2

Микрофотографии шлифов образцов плутонических и вулканических магматических пород

Класс	Вулканические породы			
Вид	Риолит	Андезит	Базальт	Пикрит
Размеры (Ш x В), мм	4,27 x 2,87	4,23 x 2,87	7,73 x 3,33	2,22 x 2,70
Площадь, мм кв.	12,2549	12,147	25,7409	5,994
Класс	Плутонические породы			
Вид	Гранит	Диорит	Габбро	Перидотит
Размеры (Ш x В), мм	10,14 x 4,36	13,18 x 5,68	13,44 x 5,78	12,11 x 5,16
Площадь, мм кв.	44,2104	74,8624	77,6832	62,4876

произведено по 50 итераций для каждого изображения. Таким образом, веса связей нейронов стабилизируются достаточно, чтобы получить надежные выходные данные.

Для подсчета модального состава образца достаточно одного из полученных изображений класса. Производится его бинаризация и анализ по дескриптору площадь. Процентное отношение площади класса (S_{mafic}) к общей площади отснятой породы (Area) и составит цветовой индекс $i(M')$ (2):

$$i(M') = \frac{S_{\text{mafic}}}{Area} . \quad (2)$$

Результаты и выводы. Полученные показатели цветового индекса $i(M')$, представлены в табл. 3 как для макро-, так и для микроизображений. Также для наглядности отображены участки бинарных изображений мафического класса исследуемых видов пород (табл. 3).

Таблица 3

Показатели цветового индекса $i(M')$ исследуемых образцов пород

Макроизображения				
Класс	Вулканические породы			
Вид	Риолит	Андерзит	Базальт	Пикрит
Участок				
$i(M')$, %	2,06	10,86	67,02	86,04
Класс	Плутонические породы			
Вид	Гранит	Диорит	Габбро	Дунит
Участок				
$i(M')$, %	9,51	19,47	65,73	100,00
Микроизображения				
Класс	Вулканические породы			
Вид	Риолит	Андерзит	Базальт	Пикрит
Участок				
$i(M')$, %	12,66	21,35	48,38	88,18
Класс	Плутонические породы			
Вид	Гранит	Диорит	Габбро	Перидотит
Участок				
$i(M')$, %	10,05	32,50	52,08	97,16

Данные цифровой петрографии позволяют извлекать точные количественные характеристики, такие как цветовой индекс $i(M')$, с помощью которых можно производить первичную идентификацию видов магматических пород. Разработанный метод особенно актуален при определении пород, обладающих слабой кристаллизацией либо повышенным содержанием темноцветных минералов.

Авторы работы благодарят Толкачикову А.А. за помощь при выполнении и оформлении данной статьи.

Список литературы

1. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования / Ред. кол: О.А. Богатиков, О.В. Петров, Л.Н. Шарпенок. – ФГБУ «ВСЕГЕИ», Издание 2. – Санкт-Петербург, 2008 г. – 204 с.
2. Каширина, И.Л. Нейросетевые технологии; учебно-методическое пособие для вузов / И.Л. Каширина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 72 с.

ЦИФРОВАЯ ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

В.П. Самодуров¹, В.Э. Кутырло², А.И. Друк², Ю.Н. Еленский²

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: Vladimir_Samodurov@tut.by

² ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь

e-mail: adruk@btci.by

Изучены специфические особенности количественной литостратиграфии сероцветных и красноцветных формаций методом фотограмметрии керна скважин. Ритмичность сероцветных формаций устанавливается с помощью параметра яркости цветового пространства HSB. Ритмичность красноцветных формаций может быть исследована с помощью комплексного использования всех параметров цветности.

Ключевые слова: цифровая литостратиграфия, параметры цветности пород.

DIGITAL LITHOSTRATIGRAPHY: NEW APPROACHES AND APPLICATIONS

V.P. Samodurov¹, V.E. Kutyrlo², A.I. Druk², Yu.N. Yalenski²

¹ Belarusian State University, Minsk, Belarus

² Belgorkhimprom JSC, Minsk, Belarus

The specific features of the quantitative lithostratigraphy of the grey- and red-colored formations have been studied by the well core photogrammetry. Grey-colored formation rhythmicity may be defined on the base of brightness parameter in HSB color space. The rhythmicity of the red-color formations may be investigated on the base of the all color parameters.

Keywords: digital lithostratigraphy, rock color parameters.

Введение. Рассматриваемый здесь подход к цифровому литостратиграфическому анализу основан на использовании данных фотограмметрии керна скважин. Ранее была показана высокая эффективность использования этого метода для исследования литологических разрезов пестроцветных пород на примере изучения строения сильвинитовых руд Старобинского и Верхнекамского месторождений [1, 2]. В данной работе рассматриваются другие литостратиграфические системы – сероцветные и красноцветные. Такие литологические колонки отличаются однотипностью цветовых параметров пород, что затрудняет анализ их строения, расчленение и корреляцию разрезов. Таким образом, целью работы является исследование особенностей и сравнение эффективности применения цифрового анализа в трех основных типах литостратиграфических системах: сероцветных, пестроцветных и красноцветных.

Методы. Исходными данными служили цифровые фотографии керна скважин в видимой области спектра. В отличие от предыдущих исследований, выполненных в цветовом пространстве RGB, здесь используется пространство HSB, где H° (hue) – тон цвета, S% (saturation) – насыщенность, B% (brightness) – яркость. Цветовое пространство HSB наиболее адаптировано к человеческому восприятию цвета и тем самым упрощает анализ и обсуждение результатов цифровой литостратиграфии. Цифровые оптические системы, в том числе фотоаппараты, работают в пространстве RGB, но параметры H, S, B могут быть рассчитаны по известным алгоритмам исходя из исходных параметров R, G, B [3].

Результаты. Цветовые характеристики пород определяются цветовыми параметрами входящих в них минералов – природных хромофоров. Возможности анализа цветности зависят от пространственного разрешения цифровых фотографий, которое может достигать 0,05мм/пиксель, однако для цифровой литостратиграфии удобно использовать фотографии размером 1000 пикселей/1 м, у которых пространственное разрешение составляет 1 мм. В этих условиях на фотографиях не различаются не только дисперсные глинистые минералы, но и зерна песчаной размерности. Таким образом, на цифровых фотографиях происходит усреднение цветности отдельных минеральных компонентов пород.

Опыт определения параметров H° , $S\%$ и $B\%$ в различных породах показывает, что в них преобладают цветовые тона H° красного сектора цветового круга, от 1° до 50° . Это связано с тем обстоятельством, что цветовой тон осадочных пород определяются в основном окислами железа – сильными природными хромофорами красного цвета. Даже незначительная примесь гематита придает породам красноватый оттенок, поэтому многие сероцветные породы в процессе компьютерного количественного анализа цветности показывают значения тона H° в красной области цветового круга. Зелеными хромофорами являются некоторые глинистые минералы (иллиты, хлориты, смектиты), но активность зеленых хромофоров намного ниже красных, поэтому цветовые тона пород в зеленой области цветового круга (около 120°) встречаются редко.

Насыщенность $S\%$ может меняться от 0 % в истинно нейтральных цветах до 100 % в чистых цветах. В породах насыщенность сильно варьирует. Человеческое зрение воспринимает породы с насыщенностью менее 10 % как серые (нейтральные), а в диапазоне 10–15 % как серые со слабым оттенком. Породы с $S\%$ более 70 % встречаются достаточно редко и выглядят насыщенно окрашенными, как, например, породы красноцветных формаций.

Отмечается связь насыщенности и цветового тона. Породы с малой насыщенностью обладают большим разбросом значений (дисперсией) цветового тона, и наоборот при насыщенности 100 % цветовой тон имеет строго определенное значение. В породах со значением $S\%$ в диапазоне 1–3 % иногда фиксируется тон H° , равный 180° , что соответствует циановому цвету (цвет морской волны). На самом деле циановый цвет просто является средним значением различных тонов H° , который равновероятно варьирует в диапазоне от 0° до 360° . Таким образом, при таких малых значениях насыщенности цветовой тон H° становится неопределенным.

Яркость $B\%$ может меняться от 0 % в породах черного цвета до 100 % в породах белого цвета. Этот параметр цветности, как правило, является наиболее контрастным и может быть эффективно использован для количественного литостратиграфического анализа. Яркость зависит от соотношения эффектов отражения и поглощения света поверхностью пород. Органическое вещество, многие рудные и фемические минералы интенсивно поглощают свет и поэтому выглядят в породах темноцветными. Наоборот, алюмосиликаты выглядят светлыми, так как они хорошо отражают свет.

В обсуждаемых сероцветных, пестроцветных и красноцветных литологических системах параметры цветности H° , $S\%$ и $B\%$ имеют различные, но закономерные значения. На рис. 1 представлено сравнение этих параметров цветности для керна двух скважин – сероцветного разреза скважины 1Д и красноцветного разреза скважины 1е. В сероцветных формациях насыщенность $S\%$ бывает незначительной – 10 % или меньше, а тон H° становится неопределенным и может принимать различные значения.

В сероцветных формациях яркость $B\%$ является наиболее надежным цветовым параметром для количественного изучения литостратиграфической ритмичности, так как обладает наиболее заметной вариацией значений. На цифровых фотографиях с пространственным разрешением 1 мм/1 пиксель, по параметру яркости $B\%$ выделяются слои от 1 мм и больше, то есть все слои – от элементарных (варвы) до слоев любой мощности. Часто для количественного литостратиграфического анализа достаточно использование только одного параметра яркости, и тогда можно использовать не цветные, а сероцветные фотографии пород в канале $B\%$ цветового пространства HSB.

Разрез скважины 1е (рис.1, справа) является примером красноцветной формации. Значение тона H° в красноцветных толщах сосредоточено обычно в узком диапазоне 5–15°. Красные цвета пород определяются присутствием в них окислов железа, которые существенно поглощают свет, поэтому вариации яркости в красноцветных формациях незначительны. Насыщенность цвета $S\%$ здесь очень большая (70–80 %), а вариации насыщенности определяются количеством окислов железа в составе породы. Мощные однородные красноцветные формации являются наиболее трудными объектами для изучения литостратиграфической ритмичности, так как параметры H° , $S\%$ и $B\%$ не выявляют здесь значительных вариаций.

Обсуждение результатов. Фотограмметрия керна скважин дает количественные цветовые параметры пород и их распределение по литологическому разрезу. Эти параметры могут служить исходными данными для изучения ритмичности, автоматического расчленения

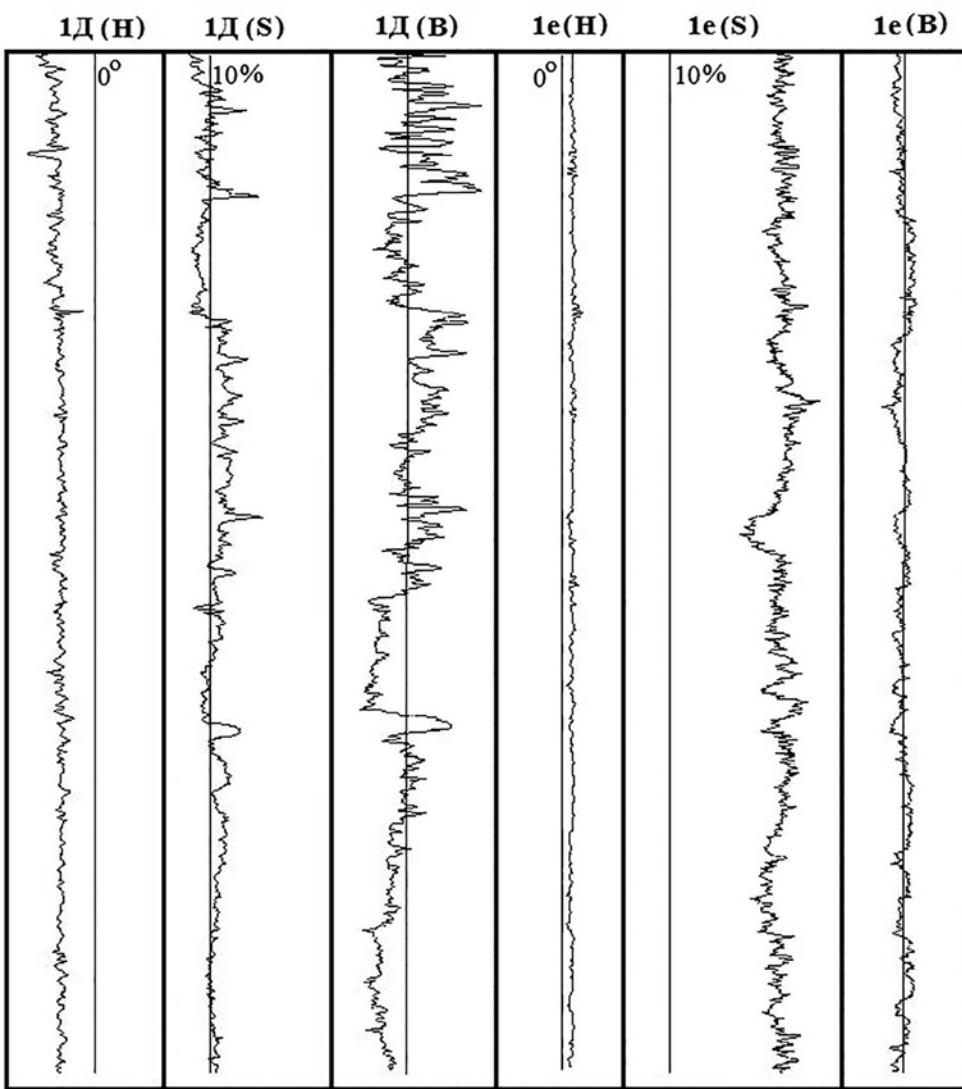


Рисунок 1. Распределение параметров цветности H° (hue), $S\%$ (saturation), $B\%$ (brightness) в разрезе сероцветных пород (скважина 1Д) и красноцветных пород (скважина 1е)

литологических разрезов и их корреляции. Традиционно расчленение разрезов проводится от крупных литостратиграфических единиц к более мелким с выделением групп, формаций, пачек, пластов [4]. Реально ритмичность имеет сложный характер и выделение литостратиграфических единиц, особенно на уровне пачек и пластов, становится неоднозначной. В результате разными исследователями некоторые литологические толщи делятся на разное количество пачек.

В принципе ритмическое строение литологического разреза можно продолжать до самых мелких единиц – элементарных слоев. Однако такие исследования не проводят из-за того, что описать в полевых условиях все элементарные слои невозможно. Практически полевое описание литологического разреза проводят поинтервально, объединяя однотипные породы в мелкие пачки – литологические интервалы. Наоборот, цифровые исходные данные распределения пород в литологическом разрезе фиксируют все слои, включая элементарные. В этом случае логично исследовать ритмическое строение разрезов от мелких единиц – к крупным. При таком подходе строго определен исходный объект – элементарный слой, а все более крупные объекты проистекают из исходных.

Другое важное положение цифровой литостратиграфии заключается в возможности применения математического аппарата для целей литостратиграфического анализа. Основными задачами здесь являются выделение литологических зон (сегментация разреза) и корреляция разрезов в скважинах. Эти прикладные задачи могут быть решены различными способами,

а соответствующие математические подходы были разработаны в основном для анализа геофизических диаграмм различных методов ГИС.

Основное различие между данными ГИС и данными цветности пород заключается в разнице их пространственного разрешения. Цветность пород определяется с разрешением 1 мм/пиксель или меньше (до 0,05 мм), а стандартные диаграммы ГИС фиксируются с шагом 10 см или более. Поэтому LAS-файлы ГИС содержат до 1000 измерений на 100м, а LAS-файлы цветности более 100 000 измерений на таком же интервале. В результате диаграммы ГИС не обнаруживают элементарных маломощных слоев. Таким образом, методы цифровой литостратиграфии впервые предоставляют возможность анализа разреза с учетом всех разностей пород, включая элементарную слоистость.

Классические подходы к сегментации литологического разреза основаны на статистических методах выделения резких изменений средних значений или дисперсии изучаемого параметра [5]. Однако в настоящее время для выделения литологических зон разного порядка стали применять кластерный анализ, спектральный анализ и другие методы. Математические подходы и алгоритмы сегментации количественных литостратиграфических данных составляют отдельное научное направление и в данной работе не рассматриваются.

Выводы. Количественный литостратиграфический анализ, основанный на данных фотограмметрии керна скважин, требует разных методических подходов для исследования пестроцветных, сероцветных и красноцветных формаций. Высокое пространственное разрешение фотограмметрии позволяет не только выделять все элементарные слои в литологическом разрезе, но и исследовать строение каждого слоя, так как мощности отдельных слоев, как правило, превышают 1 мм. Слои с резкими границами и постепенно меняющимися границами фиксируют вариации условий формирования осадков, перерывы в осадконакоплении и другие процессы.

Список литературы

1. Самодуров, В.П. Изучение фациальных особенностей и стадий галогенеза эвапоритовых формаций методом анализа цветности пород и минералов / В.П. Самодуров, А.М. Гречко, В.Э. Кутырло // Природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 43–48.
2. Самодуров, В.П. Строение, состав и ритмичность формирования первого калийного горизонта Старибинского месторождения калийных солей по данным цифрового анализа керна скважин / В.П. Самодуров, В.Э. Кутырло, В.А. Витовец // Актуальные вопросы инженерной геологии, гидрогеологии и рационального недропользования: материалы IX Университетских геологических чтений, посвященные 110-летию со дня рождения академика Г.В. Богомолова, Минск, 3 апреля 2015 г. – Минск, 2015. – С. 133–134.
3. HSV (цветовая модель) // Деп. Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_\(цветовая_модель\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_(цветовая_модель)).
4. Stratigraphic code of Russia. 3-e изд. / Под ред. А.И. Жамойды. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.
5. Davis, J. Statistics and data analysis in Geology: Wiley / J. Davis. – New York. – 1986. – 646 p.

К ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАБОТ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ

Д.П. Хрущев¹, Е.А. Ремезова¹, А.Т. Азимов², Р.Х. Греку¹,
А.В. Иванова¹, А.П. Лобасов³, Л.П. Босевская⁴

¹ Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина

e-mail: khrushchov@hotmail.com, elena.titania2305@gmail.com, r.greku@gmail.com,
ariadna.v.ivanova@gmail.com

² Научный центр аэрокосмических исследований земли Института геологических наук
Национальной академии наук Украины, Киев

e-mail: azimov@casre.kiev.ua

³ Фрилансер, Украина, Киев, e-mail: lobasov_al@rambler.ru

⁴ Украинский научно-исследовательский институт соляной промышленности,
Артемовск, Украина, e-mail: bosslara@gmail.com

Изложена концепция теории информационного обеспечения исследований и работ по обращению с геологической средой, базирующейся на многоцелевом методолого-методическом комплексе прогнозно-реконструктивного геолого-информационного моделирования.

Ключевые слова: геологическая среда, геологическое моделирование, геоинформационная система, использование геологической среды, охрана геологической среды, информационное обеспечение.

ON THE THEORY OF AN INFORMATION SUPPORT ON THE GEOLOGICAL MEDIUM MANAGEMENT

D.P. Khrushchov, O.A. Remezova, O.T. Azimov², K.H. Greku,
A.V. Ivanova, A.P. Lobasov³, L.P. Bosevskaya⁴

¹ Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences
of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³ Free lancer, Kyiv, Ukraine

⁴ Ukrainian Scientific Research Institute of Salt Industry, Artemovsk, Ukraine

The concept of a theory for information support for research and development on geological medium management is presented basing upon multipurpose methodological complex of prognostic-reconstructive geological-informational modeling.

Keywords: geological medium, geological modeling, geographic information systems, geological medium use, geological environment protection, information support.

Введение. Актуальность представляемой работы обусловливается мировыми тенденциями инновационного преобразования информационного обеспечения геологических работ на основе геоинформационных технологий и других технологических приемов повышения их эффективности.

Цель настоящей публикации – представление авторской концепции теории информационного обеспечения исследований и работ по обращению с геологической средой (далее – ГС), базирующейся на методолого-методической разработке: «прогнозно-реконструктивный геолого-информационный комплекс моделирования обращения с геологической средой».

Состояние проблемы. Как известно, основным методом информационного обеспечения геологической деятельности (человека), то есть обращения с ГС, является представление моделей геологических объектов, то есть более или менее адекватных отображений их структуры, вещественного состава и функциональных свойств. Современное состояние и новые тенденции развития данного направления отражаются материалами форумов EUROGEO, GEOINFORMATICS, а также рядом специализированных публикаций.

Методология и методы. Предлагается авторское видение геоинформационного обеспечения исследований и работ в сфере обращения с ГС осадочной оболочки, представленного методолого-методическим комплексом *прогнозно-реконструктивного геолого-информационного моделирования* (далее – ПРГИМ) как более или менее унифицированного аппарата информационного обеспечения геологической деятельности. С методологической точки зрения этот аппарат базируется на диалектическом объединении четырех составляющих: приемов традиционного информационного анализа и трех инновационных разработок: прогнозно-палеореконструктивного ретроспективно-статического моделирования (далее – ППРРСМ); цифрового структурно-литологического моделирования; комплексного эколого-геологического моделирования (далее – КЭГМ).

Разъяснение познавательного содержания приведенного определения комплекса ПРГИМ охватывает два объектно-предметно-масштабных блока: прогнозно-палеореконструктивные исследования и ретроспективно-статическое моделирование. Определяющий признак блоков – масштабность. Первому из них присуща преимущественно регионально-зональная масштабность (обычно мелко-среднемасштабные исследования), второму – главным образом локальная масштабность объектов (крупномасштабное моделирование). В соответствии с масштабностью изменяются объектность предметность исследовательско-моделировочных процедур.

В качестве методического инструмента реализации комплекса ПРГИМ применительно к ряду перспективных осадочных формаций (терригенных, эвапоритовых, карбонатных и др.) предлагается принцип прогнозно-палеореконструктивного ретроспективно-статического моделирования (ППРРСМ) [1]. Методологическая сущность ППРРСМ состоит в диалектическом объединении структурно-литологической модели объекта (далее – СЛМ) (как статической) и исследований фациальных условий его формирования (ретроспективный аспект), а также корреляции последних с исследованиями зонального и регионального масштабов (охватывающими палеогеографические, палеотектонические, палеогеоморфологические, палеогидрологические, палеосedиментационные и другие палеореконструкции) (рис. 1).



Рисунок 1. Структура и содержание прогнозно-палеореконструктивной ретроспективно-статической модели

В основу методологического обоснования прогнозно-палеореконструктивного направления положен ряд классических и новейших работ (Страхова Н.М., Тимофеева А.П., Яншина А.Л., Гарецкого Р.Г., Билибина Ю.А., Быховского Л.З., Патык-Кары Н.Г., Рожкова И.С., Шило Н.А., Цымбала С.Н., Лаломова А.В., Г. Мильна, К. Рейнборда, У. Минтера, Я. Красона и др.).

Структурно-литологическое моделирование (в оптимальном представлении – цифровое – ЦСЛМ) основано на разработке соответствующих компьютерных моделей.

Компьютерная цифровая структурно-литологическая модель – виртуальное объемное (3D) многостороннее отображение геологического объекта, содержащее его структурные и качественные характеристики.

Объектом структурно-литологического (в том числе – ЦСЛМ) моделирования могут быть формационные подразделения, то есть литологические тела различных иерархических рангов, начиная от формации и ниже, в том числе некоторые непластовые формы, например, соляные диапиры, грязевулканические структуры и т. д.

Предметом моделирования могут служить любые подлежащие геометризации элементы намеченного объекта [1].

Методика исследований ППРРСМ направлена на прогнозирование месторождений в региональной и зональной масштабности, разработка ЦСЛМ – на информационное обеспечение разведки и эксплуатации перспективных объектов (месторождений). Построение КЭГМ предназначается для информационного обеспечения исследований и работ на локальных объектах, характеризующихся сложными сочетаниями структурно-литологических характеристик, горно-геологических и гидрогеологических условий, с развитием техногенно-геологических нарушений ГС (геоэкологических чрезвычайных ситуаций).

Программное обеспечение и форматы данных. Компьютерная реализация структурно-литологических моделей в рамках предполагаемого направления осуществляется на основе авторского комплекса «многомасштабное многоцелевое 3D структурно-литологическое моделирование геологических формаций» [2].

Комплексная эколого-горно-геологическая модель – это целевая модель высокого порядка, которая может составляться несколькими предметными моделями подчиненных рангов, базирующихся на структурно-литологической модели как матричной. Состав комплекса предметных моделей определяется предметом (системой мероприятий) обращения с намеченным геологическим объектом. Выделяются такие направления КЭГМ: ресурсно-геологическое, ресурсно-горно-геологическое, горно-геологическое, эколого-горно-геологическое, эколого-геологическое.

Содержание научно-исследовательских работ, полученные результаты и примеры моделирования. Реализация целевых фундаментальных и прикладных исследований, направленных на информационное обеспечение геологической деятельности, осуществлялась по следующим пяти направлениям.

1. Региональное разномасштабное ЦСЛМ соленосных формаций Украины с разработкой крупномасштабных моделей перспективных объектов.

2. Разработка ППРРСМ и ЦСЛМ россыпей тяжелых минералов (титана, циркона, золота) и кассiterита на площадях Украинской россыпной провинции.

3. Разработка ЦСЛМ и цифрового структурно-петрологического моделирования (ЦСПМ) перспективных участков и месторождений агрономических руд (калийных солей, апатитов, фосфоритов).

4. Разработка ЦСЛМ участков, перспективных для строительства подземных хранилищ в соляных массивах и размещение рассолов промыслов.

5. Для территории деятельности ГП «Солотвинский солерудник» построены предварительные ЦСЛМ и связанная со структурой соляного массива и вмещающей осадочной толщей гидродинамическая схема, управляющая разрушением соляного тела и сопряженными с ним опасными геологическими процессами.

В презентации демонстрируются наиболее показательные картографические материалы региональных и зональных исследований и производные (визуализации) информационного моделирования конкретных объектов по указанным направлениям работ.

Заключение. В статье излагаются принципы разработки инновационного комплекса аппаратов информационного обеспечения исследований и работ, связанных с основными направлениями обращения (использования и охраны) с ГС, доведенные до функционального уровня технологий, и полученные результаты информационного моделирования. Перспективы дальнейшего развития технологий информационного обеспечения: экстенсивное расширение перечня видов полезных ископаемых и перечня объектов; разработка теории и внедрение КЭГМ нового поколения с расширением числа функциональных факторов и разрешающей способности моделей и, наконец, разработка принципов целевых экспертных систем с введением искусственного интеллекта и др.

Список литературы

1. Хрушов, Д.П. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций / Д.П. Хрушов, М.С. Ко-
вальчук, Е.А. Ремезова и др. – Киев, изд. Интерсервис, 2017. – 350 с.
2. Лобасов, О.П. Можливості просторового аналізу інформації Arc View у системі «Нафта і газ України» /
О.П. Лобасов // Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины н. 9, т. 1. – 2000. Днепропетровск. – С. 226–230.

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ МОЛОДЫХ ГЕОЛОГОВ И НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Т.И. Аверкина, Н.В. Правикова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: averkina@geol.msu.ru

Разработана геоинформационная система, объединившая данные об опыте изысканий и строительства в различных инженерно-геологических условиях. База данных состоит из 46 слоев, включающих географические и геологические карты, составленные для территории России и земного шара, карту инженерно-геологических структур Земли и фактический материал по изысканиям и строительству конкретных инженерных сооружений.

Ключевые слова: геоинформационная система, инженерно-геологическая структура, инженерное сооружение, строительство, изыскания.

THE USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FOR TRAINING SPECIALISTS OF ENGINEERING-GEOLOGICAL PROFILE

T.I. Averkina, N.V. Pravikova

M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Geoinformation system combining data of experience in site investigation and civil engineering under different engineering-geological conditions was developed. Database consists of 46 layers, including geographical and geological maps of the territory of Russia and the globe, a map of the engineering-geological structures of the Earth and the actual material of site investigation and construction of certain engineering construction.

Keywords: geoinformation system, engineering geological structure, construction, civil engineering, site investigation.

Геоинформационные системы (далее – ГИС) используют в геологии при решении широкого круга задач: справочно-информационных, динамических, при картировании, районировании, типизации, классификации, подборе систем-аналогов и т.д. Каждая из перечисленных задач может найти применение при подготовке молодых геологов и геологических кадров высшей квалификации.

На кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова составлена ГИС «Мировой опыт изысканий и строительства в различных инженерно-геологических условиях» [1]. Это справочная база данных, в которой содержится фактический материал по условиям строительства различных инженерных сооружений. В ГИС собраны данные конкретных изысканий, выполненных в разные годы, в разных странах, в инженерно-геологических условиях различной сложности, под инженерные сооружения разных типов. Очевидно, что этот материал представляет интерес для изыскателей и исследователей, а также очень полезен в учебном процессе при подготовке будущих специалистов.

ГИС-проект начинал оформляться в программе ArcMap 9.3, сейчас используется более новая версия этого программного продукта. База данных ГИС на сегодняшний день содержит 46 слоев, объединенных в четыре крупных блока: базовые слои; карты геологического

содержания; Карта инженерно-геологических структур Земли; фактический материал по инженерным сооружениям.

В **базовые слои** входят географические карты, представляющие собой слои топографической основы: континенты, океаны, страны, реки, озера, города. Данные отображены в проекции Робинсона (WorldRobinson). Для пользователей, зарегистрированных на портале kosmosnimki.ru, возможна подгрузка базового покрытия мозаики космических снимков земного шара.

Карты геологического содержания составлены на территорию всего земного шара или территорию России. Включают: слой «Геологическая карта мира масштаба 1 : 100 000 000» [2]; папку «Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000», 2012 г., на 16 листах, каждый из которых представлен отдельным слоем [6]; слой «Карта четвертичных отложений территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000», 2014 г. [7]. Все перечисленные карты добавлены в растровом формате.

Третий информационный блок – **Карта инженерно-геологических структур Земли**, которая по существу является картой типологического инженерно-геологического районирования. В качестве таксонов районирования выступают инженерно-геологические структуры четырех иерархических уровней: суперструктуры, мегаструктуры, макроструктуры и мезоструктуры. Более подробно о содержании этих таксонов и признаках выделения можно прочитать в ряде работ [4, 5].

В ГИС Карта инженерно-геологических структур Земли включена в векторном виде и состоит из 16 слоев: четырех слоев тектонических структур четырех иерархических уровней (каждый уровень – отдельный слой), четырех слоев геологических климатогенных структур четырех уровней, четырех слоев инженерно-геологических структур четырех уровней, которые образуются при наложении тектонических и геологических климатогенных структур, и четырех слоев границ также четырех иерархических уровней.

В четвертом информационном блоке содержится **фактический материал по инженерно-геологическим изысканиям**, выполненным под конкретные инженерные сооружения. Главным источником этих данных являются публикации из научных и технических журналов (отечественных и зарубежных), монографий, в которых описаны (а часто и проиллюстрированы) условия строительства какого-либо конкретного инженерного сооружения (или комплекса сооружений). Вторым источником информации являются фондовые материалы кафедры инженерной геологии МГУ – отчеты кафедральных экспедиций и партий разных лет по работам на крупных объектах (гидротехнических и др.).

Фактический материал по инженерным сооружениям отображен в двух слоях – точечных и линейных инженерных сооружений. Точки и линии координатно привязаны, пространственная привязка проводилась по мозаике космических снимков, представленных на портале GoogleEarth и Геопортале МГУ [3], на которых рассматриваемые объекты хорошо различимы.

Атрибутивная таблица точечных и линейных объектов содержит следующие 12 полей: *Number* – номер объекта; *L_code* – уникальный номер типа сооружения (по классификатору); *Construction_class* – класс сооружения (по классификатору); *Construction_type* – тип сооружения (по классификатору); *Name* – собственное имя объекта (если есть), например, Исаакиевский собор, Панамский канал; *Formation* – формация (или формации) дочернеподстигающих пород, залегающая в основании сооружения (по классификатору); *Newest_deposits* – генетический комплекс (или комплексы) новейших отложений, залегающий в основании сооружения (по классификатору); *Soil_state* – состояние грунтов основания сооружения (по классификатору); *Process* – геологические процессы и явления в пределах площадки изысканий (если есть) (по классификатору); *Complication* – фактор (факторы), вызвавший наибольшие осложнения, (если был, по классификатору); *Protection* – инженерная защита (есть, нет, рекомендуется); *Source data* – источник данных (рис. 1).

К каждому объекту помимо атрибутивных данных привязан набор дополнительных файлов, которые содержат текстовую и графическую (разрезы и карты) информацию. Возможно также добавление ссылки на страницу в Интернете. В текстовых файлах содержатся следующие сведения: источник информации; местоположение объекта, его конструктивные особенности (в том числе обусловленные спецификой природных условий); виды выполненных

инженерно-геологических работ; инженерно-геологические условия участка; осложняющие строительство природные факторы и способы их преодоления; характеристика некоторых особенностей строительства и эксплуатации объекта, мероприятия по инженерной защите (если она проводилась); разбор аварий (если были) и анализ их причин. Графические материалы, как правило, представляют собой инженерно-геологические разрезы площадок строительства, некоторые поясняющие схемы, иногда детальные карты района. Вызов и просмотр дополнительных файлов осуществляется с помощью инструмента Гиперссылка.

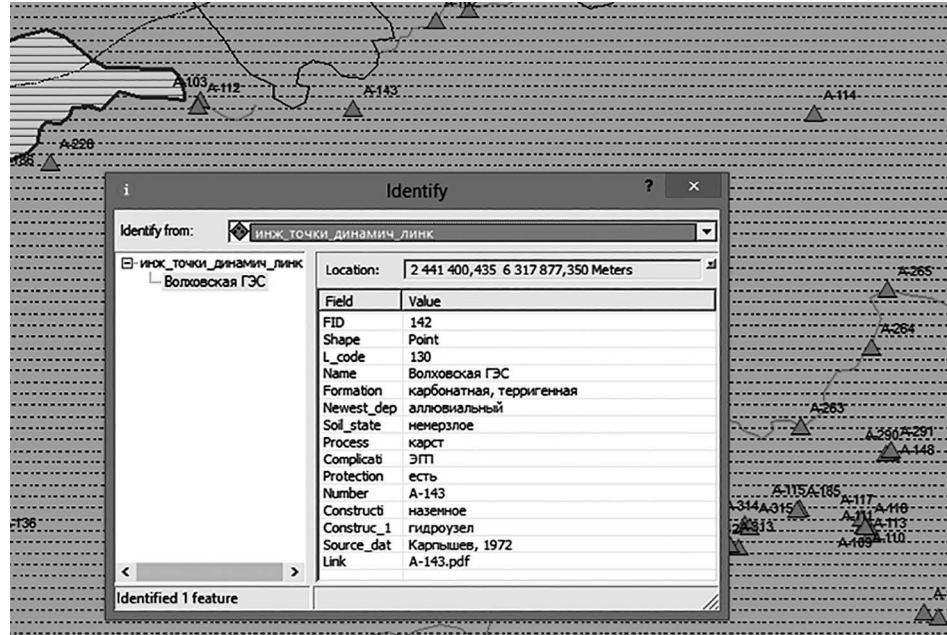


Рисунок 1. Вывод атрибутивной информации на экран с помощью инструмента Identify

Изучение опыта изысканий и строительства в рамках данной ГИС можно проводить с разной степенью детальности: 1) только на основе атрибутивных данных; 2) на основе сведений, изложенных в дополнительных файлах. Проиллюстрируем это на примере нескольких учебных заданий.

Задание 1. Какие факторы чаще всего осложняют строительство туннелей в пределах терригенных формаций? Выполнение задания осуществляется в несколько этапов. Сначала из всего множества инженерных объектов отбираются только тунNELи, пройденные в терригенных формациях. Допустим, нашлось двадцать таких туннелей. В атрибутивной таблице исходного слоя отображаем только двадцать найденных объектов. Анализируем осложняющие факторы (один из столбцов атрибутивной таблицы) для выбранных инженерных сооружений. Осложняющие факторы, встречающиеся на всех или большинстве объектов, можно считать типичными. По итогам проведенного обобщения составляется текстовое заключение в любом текстовом редакторе. Таким образом, при выполнении данного задания необходимо осуществить следующую цепь операций: отбор объектов → отображение в атрибутивной таблице только выбранных объектов → анализ данных атрибутивной таблицы → создание текстового файла (заключения).

Задание 2. Какие факторы чаще всего осложняют строительство туннелей в терригенных формациях и какие меры инженерной защиты при этом используются? Это более трудоемкий вариант задания, поскольку в атрибутивной информации по инженерным объектам нет сведений об инженерной защите (только констатация, есть она или нет). Получить эти сведения можно из дополнительных файлов (текстовых и графических), которые прилагаются к каждому объекту и вызываются с помощью гиперссылок (Hyperlink). Выполняется следующий набор процедур: отбор объектов → экспорт выбранных объектов в отдельный слой → вызов дополнительных файлов по каждому объекту → изучение дополнительных файлов → заполнение во вновь созданном слое в атрибутивной таблице

графы по инженерной защите каждого объекта → анализ данных → создание текстового файла (заключения).

Задание 3. *Какие факторы обычно осложняют строительство железных дорог в орогенах с распространением многолетнемерзлых пород?* Для ответа на этот вопрос нужно выполнить следующие действия: объединить два слоя («линейные инженерные сооружения» и «инженерно-геологические мегаструктуры Земли») → из вновь созданного объединенного слоя отобрать только железные дороги, которые попадают в орогены с распространением многолетнемерзлых пород → проанализировать в атрибутивной таблице объединенного слоя графу по осложняющим факторам → выявить наиболее типичные факторы → составить текстовое заключение.

На базе рассмотренной ГИС можно изучать, обрабатывать и обобщать информацию применительно к разным типам инженерных объектов (наземных и подземных, надводных и подводных), построенных в разных странах, в разные годы, в различных инженерно-геологических условиях (в пределах различных типов инженерно-геологических структур), разных административных регионах и т. д. Интересно прослеживать, как во времени изменялось содержание изысканий и мероприятий по инженерной защите объектов и территорий. Можно сравнивать специфику изысканий или инженерной защиты, осуществляемых в разных странах, на разных континентах, и т. д.

Список литературы

1. Аверкина, Т.И. О создании ГИС «Мировой опыт изысканий и строительства в пределах различных типов инженерно-геологических структур» / Т.И. Аверкина, Н.В. Правикова // Инженерная геология. – 2014. – № 2. – С. 64–68.
2. Геологическая карта мира. – М.: ГУГК, 1982.
3. Зимин, М. Геопортал МГУ: история, результаты, перспективы развития / М. Зимин, О. Тутубалина // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2012. – № 14. – С. 54–61.
4. Трофимов, В.Т. К введению понятия «инженерно-геологические структуры» / В.Т. Трофимов, Т.И. Аверкина // Геоэкология. – 1996. – № 5. – С. 100–105.
5. Трофимов, В.Т. Теоретические основы региональной инженерной геологии / В.Т. Трофимов, Т.И. Аверкина. – М: ГЕОС, 2007. – 464 с.
6. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000, 2012 г. <http://vsegei.ru/ru/info/gk-2500/jpeg/index.php> (Даты обращения: январь–декабрь 2014, 2015).
7. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000, 2013. Санкт-Петербург. URL: <http://www.vsegei.ru/ru/info/quaternary-2500/> (Даты обращения: январь–декабрь 2014, 2015).

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ
ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК
В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

Г.А. Камышенко

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
e-mail: kamyshenka@tut.by*

Представлена информация о подготовке кадров высшей квалификации в области геолого-минералогических наук в Национальной академии наук Беларуси и об имеющихся для этого условиях в Институте природопользования НАН Беларуси.

Ключевые слова: аспирантура, геолого-минералогические науки.

**PREPARATION OF HIGH QUALIFIED STAFF IN THE FIELD OF GEOLOGICAL
AND MINERALOGICAL SCIENCES IN THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF BELARUS**

H.A. Kamyshenka

Institute for Nature Management of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus

The information about the preparation of high-qualified staff in the area of geological and mineral sciences in the National Academy of Sciences of Belarus and about all the conditions in Institute for Nature Management of the NAS of Belarus is shown.

Keywords: postgraduate studies, geological and mineral sciences.

В настоящее время особой значимостью отличаются исследования, направленные на укрепление и развитие минерально-сырьевой базы Республики Беларусь, разработку концепций формирования месторождений полезных ископаемых. В этой связи актуально углубленное изучение строения Земли, динамики ее развития, выявление региональных геологических закономерностей, активных разломов земной коры, эколого-геологических последствий техногенного воздействия на литосферу. Важной научной и народнохозяйственной задачей является разработка методов прогнозирования новых месторождений полезных ископаемых.

Решение указанных вопросов требует применения знаний и методов, которые обеспечиваются подготовкой научных кадров высшей квалификации в области геолого-минералогических наук. В течение длительного периода в Национальной академии наук Беларуси полностью отсутствовала подготовка кадров высшей квалификации по геолого-минералогическим наукам, при этом в значительной степени кадровый потенциал ведущих ученых-геологов сконцентрирован в НАН Беларуси, а именно в Институте природопользования, который является государственным научным учреждением, осуществляющим комплексные исследования в области природопользования и наук о Земле. В структуре Института выделен Центр литосферы и минерагении, объединяющий три лаборатории – гидрогеологии и гидроэкологии, геодинамики и палеогеографии, геотектоники и геофизики. В настоящее время в центре работает 33 сотрудника, в том числе 29 исследователей, из них 10 докторов наук (включая 3 академика и 2 члена-корреспондента) и 9 кандидатов наук.

На базе института организован Головной научный центр литосферы, гидросферы и полезных ископаемых, вошедший в Перечень междисциплинарных научно-исследовательских лабораторий (центров) и научно-технологических кластеров, утвержденный постановлением Бюро Президиума НАН Беларуси 14.09.2015 № 392, целью которого является определение точек роста в области геолого-минералогических наук, формирование долгосрочного научно-технологического прогресса в Республике Беларусь в части развития минерально-сырьевой базы. Развивается научная школа региональной геологии, тектоники и геодинамики, представители которой – ученые, известные далеко за пределами Беларуси, работают в Институте природопользования: академики Гарецкий Р.Г., Карабанов А.К., Матвеев А.В., члены-корреспонденты

Айзберг Р.Е., Кудельский А.В., доктора геолого-минералогических наук Карагаев Г.И., Рылова Т.Б. и другие специалисты, внесшие значительный вклад в развитие научных школ мирового уровня по тектонике, геодинамике и четвертичной геологии. При Институте функционирует филиал кафедры динамической геологии географического факультета Белорусского государственного университета, в рамках которого ведущие научные сотрудники читают лекции, руководят дипломными работами студентов.

Значимое место в тематике Института природопользования отводится решению проблем в области региональной геологии, геодинамики, тектоники и др. На 2016–2020 гг. Институт утвержден в качестве головной организации государственной программы научных исследований «Природопользование и экология», подпрограммы 01 «Рациональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработки природных ресурсов» государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски», раздела по научному обеспечению изучения состояния и мониторинга окружающей среды Антарктики и региона базирования Белорусской антарктической станции в рамках подпрограммы 3 «Мониторинг полярных районов Земли, создание белорусской антарктической станции и обеспечение деятельности полярных экспедиций» государственной программы «Наукоемкие технологии и техника». В рамках указанных программ выполняются разноплановые научные и научно-технические исследования, в том числе направленные на выявление закономерностей геологического строения отдельных регионов Земли, особенностей распределения полезных ископаемых, поиск путей рационального комплексного использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности Республики Беларусь.

Председателем Президиума Национальной академии наук Беларуси академиком Гусаковым В.Г. Институту природопользования НАН Беларуси было поручено решить вопрос о развитии исследований в области геофизики, геотектоники и минерагении основных видов полезных ископаемых. С этой целью на совместном заседании бюро Отделения химии и наук о Земле НАН Беларуси и ученого совета института в ноябре 2016 г. было принято решение об открытии установленным порядком в аспирантуре при Институте специальности 25.01.01 Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки).

В настоящее время в аспирантуре при Институте природопользования ведется подготовка кадров высшей квалификации по ряду специальностей: 05.17.07 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (технические науки), 25.02.10 Геотехнология (подземная, открытая и строительная) (технические науки), 25.03.13 Геоэкология (географические и технические науки), 25.03.05 Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (географические науки), 25.03.08 Метеорология, климатология, агрометеорология (географические науки), а с 2017 года в аспирантуре начата подготовка специалистов высшей квалификации по специальности 25.01.01 Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки). В первый год приема на обучение в аспирантуру по данной специальности принято 4 аспиранта. Приток молодых кадров для обучения в аспирантуре по геолого-минералогическим наукам планируется за счет целевой подготовки магистрантов в магистратуре при Белорусском государственном университете.

Подготовка научных кадров высшей квалификации по специальности 25.01.01 Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки) в Национальной академии наук Беларуси позволит удовлетворить возрастающую потребность в высококвалифицированных специалистах в области геологии со стороны органов государственного управления, учреждений науки и образования, а также будет способствовать развитию научной школы региональной геологии, тектоники и геодинамики, омоложению научных кадров Института природопользования НАН Беларуси.

Однако имеется ряд проблемных вопросов, связанных с подготовкой кадров высшей квалификации в целом, а не только в области геолого-минералогических наук. Прежде всего это снижение престижности научного труда, отсутствие конкурса на поступление в аспирантуру, так как заработка плата молодых ученых даже после защиты кандидатской диссертации зачастую ниже, чем в реальном секторе экономики. С целью изменения сложившейся ситуации в НАН Беларуси проведена определенная работа: в соответствии с Указом Президента

Республики Беларусь от 28.12.2017 № 467 в 2018 году вступили в силу новые нормативные документы, направленные на совершенствование оплаты труда в учреждениях научной сферы, что позволит привлечь в науку талантливую, проявившую склонность к научным исследованиям, молодежь.

Проблемным вопросом остается недостаточная эффективность деятельности аспирантуры. Необходимость сбора большого количества исходных данных при выполнении диссертационных исследований в области наук о Земле, значительные объемы экспериментальных и полевых работ, внедрение полученных научных результатов в практику – все это приводит к затягиванию сроков написания диссертаций.

При этом следует отметить, что Институт природопользования НАН Беларуси располагает материально-технической базой, достаточной для обеспечения качественной подготовки кадров высшей квалификации, в том числе по геолого-минералогическим наукам. Имеются все возможности для участия аспирантов в выполнении научных исследований в рамках государственных программ разного уровня, полевых исследований, в работе международных научных конференций.

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

В.А. Королёв

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
e-mail: va-korolev@bk.ru*

Рассмотрено состояние экологического образования в довузовской, вузовской и послевузовской подготовке. Отмечено, что оно не может существовать без преподавания геологических экологически ориентированных дисциплин. Среди них это прежде всего «Экологическая геология» – дисциплина, базирующаяся на положении о том, что верхние горизонты литосферы являются важнейшими компонентами экосистем, обеспечивающими существование биоты, включая человека.

Ключевые слова: экологическое образование, геологические факторы, экологическая геология.

ABOUT ECOLOGICAL COMPONENT IN GEOLOGICAL EDUCATION

V.A. Korolev

M.V. Lomonosov State University of Moscow, Moscow, Russia

The state of ecological education in pre-university, university and post-graduate training is considered. It is noted that it can not exist without teaching geological ecologically oriented disciplines. Among them is, first of all, «Ecological Geology» – a discipline based on the assumption that the upper horizons of the lithosphere are the most important components of the ecosystem that ensure the existence of biota, including man.

Keywords: ecological education, geological factors, ecological geology.

В последнее время все больше возрастает роль экологического образования в довузовской, вузовской и послевузовской подготовке. Однако с его внедрением на всех уровнях обстоит не все благополучно. Например, как отмечалось Папутковой Г.А., «...на современном этапе развития экологического образования становится очевидным, что оно не выполняет важнейшую функцию реального формирования нового экологического мировоззрения, которое может обеспечить выход человечества из экологического кризиса» [6]. При этом в содержательном отношении в экологическом образовании, к сожалению, часто *не учитывается геологическая составляющая*, которая, однако, играет огромную роль в формировании и состоянии различных экосистем. Именно геологическая среда является основой для многих экосистем. Можно выделить несколько причин и аспектов сложившейся ситуации [10, 12]:

1. В школьном экологическом образовании, к сожалению, почти не уделяется внимания геологической среде как компоненту экосистем. Ситуация усугубляется и отсутствием в школьной программе предмета геологии. При этом в школьных предметах рассматривается в основном воздействие хозяйственной деятельности человека на окружающую среду, охрана природы и основы экологии. В итоге у выпускников школ отсутствуют необходимые представления о роли геологической среды и геологической составляющей в обеспечении экологических условий жизни на Земле.

2. В профессиональном и вузовском экологическом образовании ситуация не сколько улучшилась – на геологических и геолого-географических факультетах во всех классических университетах стала обязательной дисциплина «Экологическая геология». Однако на прочих факультетах и университетах (включая педагогические) в экологическом образовании геологическая составляющая практически не изучается. Такая ситуация требует изменения и расширения преподавания этой дисциплины.

3. Наряду с этим, налицо экологическая безграмотность большинства населения, которая привела к тому, что у людей создалось неверное отношение к земле и недрам. Среди населения широко бытует мнение, что «земля все стерпит», а посему в нее можно закапывать любые от-

ходы, что запасы недр огромны и их можно не оберегать, что запасы пресных вод почти безграничны и т. д. Следствием экологической безграмотности населения являются многочисленные стихийные свалки вдоль дорог, в оврагах, отработанных карьерах и иных местах, в которых геологическая среда особенно уязвима и требует бережного отношения.

4. Не лучшим образом, к сожалению, обстоит дело и с экологическим образованием руководителей организаций и органов местного управления, о подготовке которых в области экологической безопасности говорит Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» [11]. Согласно статье 73 этого закона: «Руководители организаций и специалисты, ответственные за принятие решений при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает или может оказывать негативное воздействие на окружающую среду, должны иметь подготовку в области охраны окружающей среды и экологической безопасности» [11]. На деле же оказывается, что большинство руководителей не представляют всей значимости и особой роли геологической среды в состоянии экосистем: множество компаний получают разрешения на строительство полигонов для захоронения бытовых отходов (свалок) и иных экологически опасных объектов на территориях, геологические условия которых совершенно не подходят для этого. В итоге происходит загрязнение почв, подземных вод, сокращаются источники и запасы питьевого водоснабжения, ухудшается общая экологическая ситуация и т. п., что вызывает справедливые социальные протесты местных жителей.

Не менее важную негативную роль имеет и незнание основных актуальных экологогеологических проблем, среди которых необходимо отметить следующие [5]: 1) устойчивое ухудшение экологического состояния недр (геологической среды) по мере роста урбанизации территорий и их промышленного освоения, прежде всего за счет добычи и переработки минерально-сырьевых и энергетических ресурсов; 2) темпы роста неконтролируемого загрязнения недр превышают темпы роста их целенаправленной очистки и рекультивации; 3) отсутствие эффективной стратегии безопасности и выживания населения, обусловленных экологическим состоянием геологической среды, разработки научных основ регулирования экологическим качеством состояния недр; 4) нерациональное использование минерально-сырьевых и энергетических ресурсов недр, ухудшающее нормальное функционирование экосистем; 5) увеличение масштабов целенаправленного (контролируемого) захоронения токсичных отходов в геологическую среду (недра) вместо их переработки; 6) рост ущерба от опасных природных и антропогенных (техноприродных) геологических процессов, снижающих качество экологических условий территорий; 7) несоответствие сложившейся производственной структуры недропользователей (включая водопользователей) современным международным требованиям, стандартам и уровню экологической безопасности.

Кроме того, во многих научных трудах и учебной литературе по экологическим вопросам и устойчивому развитию мало уделяется внимания геологическим факторам. Достаточно сказать, что до недавнего времени в структуре экосистемы вообще не выделялась геологическая составляющая [4, 7, 8], хотя подавляющее число катастроф является следствием проявления именно геологических и гидрометеорологических процессов [1–3]. Установлено, что причиной экологической катастрофы может быть незнание органами управления закономерностей проявления геологических и гидрометеорологических процессов, игнорирование накопленного опыта инженерно-экологических изысканий. Различные примеры многочисленных экологических катастроф, возникающих по геологическим причинам, подтверждают неполноту экологического образования без учета геологической составляющей.

В этой связи необходимо отметить, что в конце XIX века сформировалась «экологическая геология», базирующаяся на положении о том, что геологическая среда или верхние горизонты литосферы являются важнейшими компонентами экосистем, обеспечивающими существование на Земле всей биоты, включая человека. В ее основе лежит учение об экологических функциях литосферы [9]. Под ними понимается все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества.

Всего выделено четыре экологических функции литосферы, основное содержание которых определяется следующим образом [9]:

ресурсная экологическая функция литосферы определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и ресурса геологического пространства литосферы для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и социальной структуры;

геодинамическая экологическая функция литосферы отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные геологические процессы и явления;

геохимическая экологическая функция литосферы отражает свойства геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека, в частности;

геофизическая экологическая функция литосферы отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека.

С целью реализации этих положений в высшем образовании была сформирована учебно-методическая база для преподавания экологически ориентированных дисциплин в геологических ВУЗах, а дисциплина «Экологическая геология» стала обязательной на геологических и геолого-географических факультетах во всех классических университетах России. Назрела необходимость преподавания «Экологической геологии» и на других естественных факультетах университетов и в педагогических вузах [12].

Высшая школа готовит специалистов для проведения инженерно-экологических изысканий по территории всей страны. В настоящее время проведение таких изысканий стало обязательным при любом виде строительства (согласно СП 47.13330.2016) и 60 % параметров, которые необходимо изучать в ходе изыскательских работ – геологические параметры. Поэтому сама жизнь требует более широкого внедрения геологической составляющей в систему экологического образования страны.

Можно заключить, что экологическое образование на всех уровнях подготовки без учета геологической составляющей является неполным, и это, безусловно, необходимо учитывать при его дальнейшем развитии и совершенствовании.

Список литературы

1. Атлас природных и техногенных опасностей: Российская Федерация / Под общ. ред. С.К. Шойгу. – М.: Феория. Дизайн. Информация. Картография, 2010. – 694 с.
2. Воробьев, Ю.Л. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов. – М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 2003. – 352 с.
3. Запорожченко, Э.В. Сели бассейна р. Герхожан-Су: история проявления, условия формирования, энергетические характеристики / Э.В. Запорожченко // Сб. научн. трудов Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства. Вып. 15. – Пятигорск, 2002. – С. 80–148.
4. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Д.: Феникс, 2003. – 602 с.
5. Королев, В. А. Актуальные эколого-геологические проблемы рационального недропользования в Российской Федерации / В.А. Королев // Геориск. – 2010. – №2. – С. 30–36.
6. Папуткова, Г.А. Компетентностно-ориентированное профессиональное экологическое образование студентов в вузе: автореф. дисс. ... докт. пед. Наук / Г.А. Папуткова. – Нижний Новгород, 2008. – 51 с.
7. Сукачев, В.Н. Основы типологии и биогеоценологии: избранные труды / В.Н. Сукачев. – Л.: Наука, 1972. – Т. 1. – 332 с.
8. Трофимов, В.Т. Эколо-геологическая система, ее типы и положение в структуре экосистемы / В.Т. Трофимов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 2009. – № 2. – С. 48–52.
9. Трофимов, В.Т. Экологическая геология. Учебник / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. – 415 с.
10. Трофимов В.Т. Экологическое образование без учета геологической составляющей не полное / В.Т. Трофимов, В.А. Королев, М.А. Харькина // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность. – Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2017. – С. 42–46.
11. Об охране окружающей среды (с изменениями на 29 июля 2017 года) / Федеральный закон. Принят ГД РФ 20 декабря 2001 г. – М., 2001.
12. Экологическая геология – новое направление экологически ориентированного геологического образования в высшей школе РФ / В.Т. Трофимов [и др.] // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность. – Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2017. – С. 241–245.

О СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ГЕОЛОГОВ В ВУЗАХ БЕЛАРУСИ

А.И. Павловский¹, А.П. Гусев¹, А.Н. Галкин², А.Ф. Акулевич¹

¹*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, Гомель, Беларусь*

e-mail: Aipavlovsky@mail.ru

²*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, итебск, Беларусь*

e-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

Рассмотрен широкий спектр вопросов, требующих решения для построения адекватной модели подготовки специалистов-геологов, обеспечивающих народное хозяйство Республики Беларусь и ЕАЭС.

Ключевые слова: система подготовки специалистов, учебные и производственные практики, преподавательские кадры, учебно-лабораторная база.

ON THE SYSTEM OF SPECIALISTS IN GEOLOGY TRAINING IN INSTITUTES OF HIGHER EDUCATION OF BELARUS

A.I. Pavlovsky¹, A.P. Gusev¹, A.N. Galkin², A.F. Akulevich¹

¹*Francisk Skorina State University of Gomel, Gomel, Belarus*

²*P.M. Masherov State University of Vitebsk, Belarus*

A wide range of issues requiring their solution for the construction of an adequate model for the training of specialists in geology of different qualification that support the national economy of the Republic of Belarus and the EAEU is considered.

Keywords: system of training specialists, training and production practices, teaching staff, training and laboratory facilities.

Действующая на основе Образовательного стандарта высшего образования (ОСВО 1-51 01 01-2013) система подготовки специалистов инженеров-геологов по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» требует научного осмысливания и практической коррекции. Если взять за основу Программу подготовки специалистов геологов, предложенную в свое время выдающимся геологом академиком Обручевым В.О., обеспечившую предпосылки для проведения систематического и глубокого изучения минерально-сырьевой базы Советского Союза, то сейчас изменения в программе обучения существенные. Что-то обусловлено объективными причинами (например, экологизация геологического образования), что-то – субъективными (прежде всего вымывание из учебного процесса практико-ориентированного обучения).

О продолжительности обучения по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». По нашему мнению, раз уже учреждения высшего образования в стране перешли на четырехлетнее обучение, то имеет смысл летние каникулы студентов уплотнить, организовать продолжительностью один месяц (август), а оставшееся время в июле переориентировать на практики, как это было в советские времена. Здесь очень уместно прислушаться к призыву Президента Республики Беларусь о практико-ориентированном обучении о том, кто может работать – должен работать. Кроме того, согласно нашим наблюдениям, практики не только способствуют закреплению теоретических знаний, но и носят оздоровительный характер. Работизация, стремительно надвигающаяся на планетарный социум, по мнению и преподавателей, и студентов Гомельского госуниверситета, в обозримом будущем геолога не заменит. Геолог – это личность мыследеятельного типа.

Еще о практиках. Продолжительность и учебных, и производственных практик в советских вузах была гораздо больше. Так, учебная практика по топографии была четыре недели, сейчас – две недели. Эта практика дает геологу не только представление о методах наземной топографической съемки, но и навыки работы с точными приборами, уважение к приборам и оборудованию, представление о точности исследований, о погрешностях, невязках, ошибках, о

методах их ликвидации. Топографическая практика остается в памяти на всю жизнь. В производственной деятельности геолог или пользуется результатами работы топографов в виде карт, планов, профилей, точек привязки, или работает рядом с ними, или сам выполняет топографические работы. (*Из беседы с выпускником 1971 года географического факультета Ленинградского университета В. Пашуком. Топографическая практика у них была восемь недель. Он прекрасно помнит все методы съемки: и тахиометрическую, и мензульную, и другие, лучшее, чем авторы статьи, у которых практика была четыре недели. При этом надо заметить, что спустя многие годы, даже десятилетия после окончания вузов у нас многое осталось в памяти о топографической съемке, особенно о том, как долго не могли увязать теодолитный ход. Эту ситуацию помнят все.*)

Учебная общегеологическая практика, организованная профессором Кузнецовым Г.А. когда-то проходила на территории Беларуси и Украины (Ляхова гора – Мозырь – Овруч – Иршанская – Володарск-Волынский), а после аварии на ЧАЭС – по маршруту Гомель – Лоев – Переделки – Ляхова гора – Славгород – Барань, Орша – Смолевичи, Минск – Гомель. Практика длилась четыре недели (лучше, чем теперешние три). За это время студенты не только знакомились с обнажениями неогена, палеогена, мела, девона, с эрозионными и гравитационными геологическими процессами, суффозией и карстом, заболачиванием, геологической работой ледников и многим другим, но и могли впервые «вкусить прелесть романтической жизни геолога», проживая в палатках и приготавливая пищу на костре.

Учебная практика по геологической съемке и картографированию продолжительностью восемь недель проходила в Крыму в горах на естественных обнажениях коренных пород. Сейчас практику продолжительностью четыре недели проводим в окрестностях г. Гомеля (на «геологически закрытой» территории). Нужно бурение, работа с керном, это дорого. Обходимся геофизическими методами и поверхностной съемкой четвертичных отложений. Времени катастрофически не хватает, тем более что требуется вести съемку разных масштабов. Проводим съемку в масштабе 1 : 50 000 (геолого-геофизический профиль и ключевые участки) и в масштабе 1 : 10 000 на полигоне «Осовцы» (ВЭЗы, электропрофилирование, естественное электрическое поле, радиометрия, мелкое бурение ручным буром, маршруты с закопушками, карьерами и небольшими обнажениями, шлиховым опробованием, теодолитным ходом). Подобная технология работ скорее рассчитана на подготовленного геолога. Практика проводится в режиме ротации, то есть каждый день студент выполняет различные работы разными методами. Это плохо для отчета по практике, но полагаем, лучше для квалификации. Больших положительных эмоций студенты не испытывают, скорее, им грустно, как в песне «что поделать – такая работа».

Учебная практика по буровым технологиям когда-то проводилась в Мозырском училище № 84 геологии, сейчас – нет. Полагаем, что работа на буровых установках в качестве бурильщика или помбура хотя бы в течение года после окончания этого училища должна давать немалые бонусы при поступлении на геологические специальности, равные максимальному баллу набранному абитуриентом по какому-либо из тестов. В качестве положительного примера отметим, что профессора Галкин А.Н. и Митюрич Г.С., тесно связанные с кафедрой геологии и географии ГГУ, закончили это училище.

Производственные практики занимали значительное место в подготовке студентов-геологов в Советском Союзе. Их продолжительность по разным учебным планам варьировалась и составляла после 3-го курса не менее девяти недель, после 4-го курса не менее двенадцати недель. Проходили они в геологических организациях, как правило, на рабочих местах. В те времена производство было заинтересовано в помощи студентов при проведении геологических исследований; особенно это касалось геолого-съемочных работ. Сейчас ситуация радикально изменилась, производству студенты не нужны. Может быть, следует вернуться к опыту 1990-х годов, когда вместо части производственной практики проводилась силами вуза учебная практика по специальности. Четыре недели учебной практики вполне возможны на учебно-научном полигоне «Ченки», учебно-научно-производственном полигоне «Гомельский химзавод» и учебном полигоне «Осовцы». Кстати, геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова имеет свой учебно-научный полигон в Звенигороде. Для уменьшения издержек на проведение практики студенты БГУ могли бы также приехать на полигоны Гомельского госуниверситета. Последующие четыре недели практики

можно провести в геологических организациях, занимающихся геолого-геофизическими исследованиями. Таких организаций немного в Беларуси, и нужно создавать укрупненные группы студентов из двух вузов для прохождения в них производственной практики. Таким образом, продолжительность практик после 3-го курса составит восемь недель.

При проведении преддипломной практики нужно не только заниматься сбором материалов для написания дипломной работы, но и выполнить часть работ по «дипломированию»; это прежде всего работы, связанные с компьютерной графикой. Двухлетний опыт такого подхода к преддипломной практике в ГГУ имеется. Нельзя сказать, что все студенты положительно воспринимают такую перспективу, заметная часть студентов саботирует это мероприятие, однако при определенной настойчивости руководителей практики и приеме отчетов по практике комиссией требуемых результатов можно добиться.

Состоявшаяся в мае 2018 г. встреча с выпускниками 1983 года показала, что геологи определяют свою работу в народном хозяйстве Беларуси и России как значимую. Они озабочены нынешним состоянием учебного процесса, высоко оценивают роль производственных практик в профессиональном становлении их как геологов.

Учебно-лабораторная база. В настоящее время она минимизирована, а в ряде случаев и вовсе практически прекратила свое существование. Если ранее студенты соответствующих специальностей могли непосредственно участвовать в лабораторных исследованиях в геохимической, грунтомеханической и других профильных лабораториях, то сейчас происходит явная деградация лабораторной базы. Отчасти это определяется отсутствием новой аппаратуры из-за финансовой недоступности и выходом из строя старой, которая, помимо прочего, часто не соответствует уровню точности, предъявляемому потенциальным потребителем. В настоящее время, несмотря на бюджетное финансирование и помощь производственных организаций, коренного улучшения ситуации с приборной базой учебно-исследовательских лабораторий не происходит. Оргтехника в этом случае сыграла отчасти обманчивую роль. На нее рассчитывали, как на панацею, в исследованиях. Несомненно, что воссоздание действующей лабораторной базы вузов – одно из необходимых условий возрождения полноценной учебной и научной работы.

О преподавательских кадрах. В 70–80-е годы XX века укомплектовать кафедры на 100 % докторами и кандидатами геолого-минералогических наук, имеющими стаж производственной и научной работы, не составляло проблемы. По крайней мере кафедры геологического факультета ГГУ в 1970–80-х годах на 60–100 % были укомплектованы кандидатами и докторами наук. Дальше ситуация развивалась таким образом, что в 2015 году пришлось объединить кафедры геологии и географии геолого-географического факультета ГГУ в одну кафедру, поскольку на них осталось по одному штатному кандидату наук.

Анализ преподавательского состава вузов позволяет выявить следующие тенденции: слабое желание квалифицированных специалистов преподавать, очень узкая специализация преподавателей, возрастание доли женщин-преподавателей геологических дисциплин.

Многие наблюдаемые изменения в подготовке геологических кадров долговременны и существенны. Помимо небольшого числа представителей среднего поколения профессорско-преподавательского состава, особенностью представителей нового поколения преподавателей является, в значительной мере, недостаточность опыта полевых (в частности, геолого-съемочных) работ. Молодые сотрудники кафедр уже готовились по весьма специализированным программам на фоне событий 1990-х годов. Они, будучи в большей степени ориентированы на освоение компьютерных технологий, разработку моделей, получить первичный геологический материал и необходимый для преподавателя опыт полевых работ могут лишь во время кратких тематических выездов.

На формирование профессорско-преподавательского состава накладывает отпечаток существенная разница в доходах сотрудников госбюджетной сферы и работающих на производстве. Наверное, надо быть готовыми к дальнейшему возрастанию практицизма в отношениях с коллегами-преподавателями, с надеждой на то, что реальная нагрузка и затраты времени будут соотнесены с оплатой труда. При этом понятно, что чем больше профессионально и педагогически подготовленных разносторонних личностей входит в профессорско-преподавательский состав, тем, несомненно, лучше для студентов.

РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Е.Ю. Трацевская, А.Ф. Акулевич, М.Г. Верутин

*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, Гомель, Беларусь
e-mail: eltrats@mail.ru*

Рассмотрена организация учебного процесса студентов в аспекте написания дипломной работы по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Представлен опыт проведения практических занятий, на которых решаются реальные задачи, основанные на производственных материалах в контексте дипломной работы каждым студентом по индивидуальному заданию.

Ключевые слова: компетенция, дипломная работа, геологические карты.

THE DEVELOPMENT OF THE STUDENT PROFESSIONAL COMPETENCE WHILE FULFILLING A GRADUATION THESIS

E.Yu. Tratsevskaya, A.F. Akulevich, M.G. Verutin

Francisk Skorina State University of Gomel, Gomel, Belarus

The organization of the educational process of students in writing a graduation thesis on the specialty «Geology and exploration of mineral deposits» is considered. The experience of practical training based on industrial materials is summarized. Methods of solving real problems while fulfilling an individual task by each student are given.

Keywords: competence, graduation thesis, geological maps.

На современном этапе развития высшей школы основные приоритеты связаны с подготовкой профессионально компетентных специалистов. В Образовательном стандарте инженеров-геологов Республики Беларусь ОСРБ 1–51 01 01–2008 (пятилетнее обучение) было предусмотрено наличие 48 (!) компетенций по трем направлениям: академические (АК), социально-личностные (СЛК) и профессиональные (ПК). Примерно такие же компетенции предусмотрены и в действующем образовательном стандарте Республики Беларусь ОСВО 1–51 01 01–2013 с четырехлетним сроком обучения. В отличие от ОСРБ 1–51 01 01–2008, в котором на подготовку дипломной работы отводилось 12 недель, в действующем нормативном документе этот срок сокращен до трех недель. При этом содержание профессиональной деятельности и требования к компетенциям специалиста остались прежними.

Формирование компетенций студентов-геологов выпускного курса является продолжением этого вида деятельности предыдущего учебного процесса. Но на заключительном этапе получения студентами высшего образования оно характеризуется максимальной эффективностью и полнотой. При выполнении дипломной работы старшекурсники в полной мере проявляют свой профессионализм, то есть способность комплексно реализовывать знания и умения, полученные за время обучения в университете. Таким образом, во время выполнения дипломной работы у студентов продолжают совершенствоваться определенные компетенции (ПК 1–6 и ПК 41–44) [1, с. 13], а в свою очередь защита дипломной работы является одним из средств их диагностики [1, с. 31].

Возникает задача создания такого элемента технологии, который в рамках действующего Образовательного стандарта обеспечивал бы высокий уровень подготовки специалиста в целом и дипломной работы в частности. В предлагаемой статье рассмотрен опыт организации учебного процесса студентов-выпускников в аспекте написания дипломной работы по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Под компетенциями в соответствии с ОСВО 1–51 01 01–2013 мы понимаем знания, умения, опыт и личностные качества, необходимые для решения теоретических и практических задач. Под компетентностью – выраженную способность применять свои знания и умения.

Дипломная работа студентов-геологов представляет собой комплект взаимоувязанных графических материалов, содержание которых соответствует заданной теме с пояснительной запиской к ним, то есть моделирует производственный или научный геологический отчет. Выбор темы основывается на фактическом материале предприятий и учреждений, итогах производственной и преддипломной практик студентов, результатах научно-исследовательской работы кафедры и студенческой научно-исследовательской лаборатории «Геолог» с широким привлечением нормативной, учебной и научной литературы, освещющей новейшие достижения современной науки и практики.

Перед началом преддипломной практики руководитель вместе со студентом выбирают ориентировочное направление дипломной работы в соответствии с направлением производственной деятельности той организации, где планируется прохождение практики. По окончании практики, проанализировав полученные материалы, включающие результаты выполнения конкретных нетиповых заданий научно-исследовательского характера, изучив научную и учебную литературу по означенной проблеме, студент совместно с руководителем определяет окончательный вариант темы диплома. Фактически в седьмом семестре у студента выработано понимание конечной цели геологических исследований на определенной территории.

Содержание дипломной работы отвечает, как правило, двум стадиям (уровням) геологического изучения территории: региональному и локальному (субрегиональному, детальному); соответственно масштабы выполнения работ $1 : 200\,000$ и мельче; $1 : 25\,000$ и крупнее [2]. На обеих стадиях формируются и получают развитие как академические, так и профессиональные компетенции с определением приоритетов в зависимости от целей и задач работы.

При работе с информацией первого уровня моделируется геологическое строение территории с учетом стратиграфии и магматизма, тектоники и неотектоники, истории геологического развития, геоморфологии и гидрогеологической характеристики района, наличия месторождений полезных ископаемых в соответствии с требованиями современных нормативных документов. На этом этапе студенты совершенствуют способности к региональному геологическому мышлению. На следующем этапе при решении задач локального уровня такое мышление важно для представления регионального положения объекта (месторождение полезного ископаемого, строительная площадка и т. д.) и проявления в его границах геологических закономерностей, свойственных данному региону. Это в свою очередь позволяет на втором уровне продуманно решать специальные задачи: выбирать методы и методику исследований; определять объемы работ; обосновывать организацию производства, систему контроля и, соответственно, требования по охране труда; давать характеристику и оценку объекта и т. д.

Основной целью преддипломной практики студентов является «сбор и системный анализ фактологического геологического материала для установления новых закономерностей строения земной коры, размещения месторождений полезных ископаемых и оценки инженерно-геологических условий территории» [1, с. 29]. Поэтому представляется логичным в задания на преддипломную практику включать построение студентами геологической карты определенной территории масштаба $1 : 500\,000$ (региональный уровень). Геологическая карта является графической моделью, которая включает в себя собственно геологическую карту дочетвертичных отложений, сводную стратиграфическую колонку, геологический разрез, условные обозначения и элементы оформления. При необходимости студенты вместо геологической карты дочетвертичных отложений могут строить карту кристаллического фундамента или четвертичных отложений. Для построения геологических карт используется векторная геоинформационная система MapInfo [2, 3]. Еще одной из задач преддипломной практики является построение студентами геологического разреза с использованием данных бурения линии, проходящей через соответствующее месторождение или строительную площадку и т. п. (уровень локальных или детальных исследований). Геологические карты и разрезы являются обязательной частью материалов представляемых на защиту отчетов по практике.

Пояснительная записка к геологической карте дочетвертичных отложений составляется на практических занятиях по дисциплине «Геология Беларуси и смежных стран». Для выполнения этой задачи в 7-м семестре отводится 16 из 24 часов практических занятий, предусмотренных

учебным планом: 6 часов на описание стратиграфии, 4 – тектоники, 4 – истории геологического развития территории и 2 часа на описание гидрогеологических условий.

В течение 7-го и 8-го семестров на практических занятиях по дисциплинам специализаций студенты решают различные задачи, связанные с темой дипломной работы, в масштабах либо регионального, либо локального (субрегионального, детального) уровня. Выполняются как графические построения, так и описания к ним. Например, для специализации «Гидрогеология и инженерная геология» во время проведения практических занятий по спецкурсам «Региональная инженерная геология» и «Региональная гидрогеология» студенты составляют инженерно-геологическую и гидрогеологическую карты в масштабе 1 : 500 000 (рис. 1).

А на занятиях по дисциплине «Инженерные изыскания» в 8-м семестре каждый студент решает индивидуальную задачу (масштабы 1 : 10 000 и крупнее) на основе материалов, собранных во время преддипломной практики. Решение многих из этих задач имеет прикладное значение и содержит научную компоненту. Такие занятия нацелены в первую очередь на формирование у выпускников многих академических, социальных и профессиональных компетенций: АК-1, АК-4, АК-7, АК-8, СЛК-1, ПК-1, ПК-3, ПК-32, ПК-42 и др.

Таким образом, главная идея заключается в том, что практические занятия по определенным специальным дисциплинам и дисциплин специализаций проводятся по темам, предусмотренным учебными программами. Но при этом решаются не учебные задачи, а реальные, основанные на производственных материалах в контексте дипломной работы каждым студентом по индивидуальному заданию. Из полученных при этом результатов по разным дисциплинам и складывается в конечном итоге дипломная работа.

Как показал наш опыт, такие технологические подходы к организации выполнения дипломных работ позволяют повысить компетентностную подготовку специалистов в области геологии в сроки, определенные Образовательным стандартом.

В настоящее время в республике идет реформирование как геологической науки, так и системы высшего образования. Проблемы, связанные с подготовкой геологов в высшей школе, нужно решать сейчас самым серьезным образом. Только тогда будет создан надежный кадровый потенциал для расширения минерально-сырьевой базы страны и решения других вопросов, связанных с освоением недр в рамках концепции устойчивого развития Республики Беларусь, ЕАЭС и других заинтересованных государств.

Список литературы

1. ОСВО 1–51 01 01 – 2013 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1–51 01 01 Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. – Минск: Министерство образования Республики Беларусь, 2013. – 33 с.
2. Верутин, М.Г. Опыт составления геологических моделей студентами при выполнении дипломных работ / М.Г. Верутин, Е.Ю. Трацевская / Современные проблемы геологического картирования // Материалы X Университетских геологических чтений. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2016. – С. 21–24.
3. Верутин, М.Г. Формирование компетенций студентов-геологов выпускного курса на региональных моделях / М.Г. Верутин, А.Ф. Акулевич, Е.Ю. Трацевская / Актуальные вопросы научно-методической и учебно организационной работы: традиции и модернизация современного высшего образования: материалы республиканской научно-методической конференции. – Гомель, 2016. – С. 149–153.

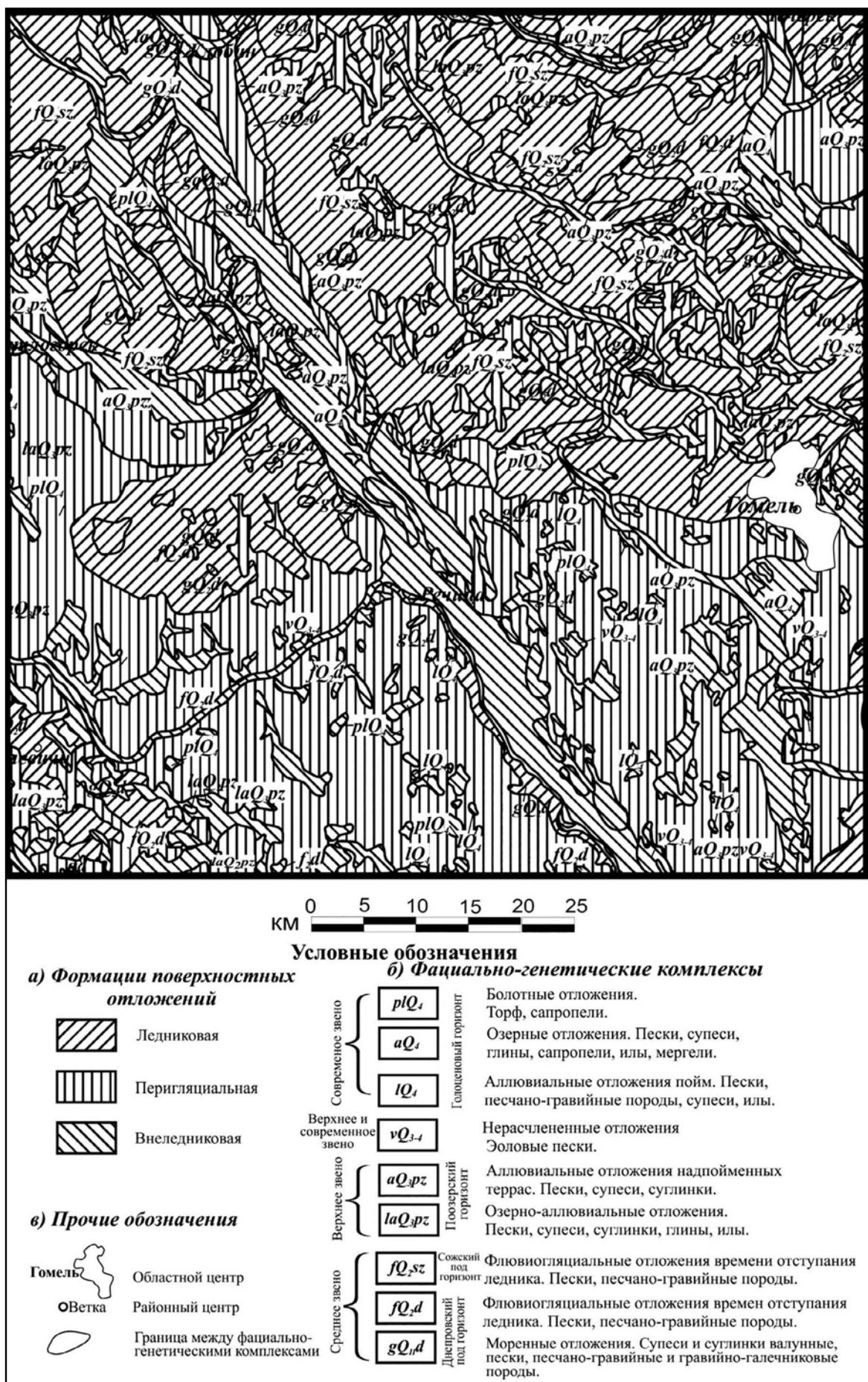


Рисунок 1. Пример инженерно-геологической карты юго-востока Беларуси
(из дипломной работы А.А. Рожко, 2015 г. с упрощениями)

ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ (ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ СОТРУДНИКОВ)

ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

И.С. Зеленкова

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail: irinkazzzel@gmail.com*

В статье рассмотрено использование дистанционных методов, в частности, линеаментной тектоники и системы линеаментов в прогнозировании месторождений нефти и газа в пределах Припятского прогиба. Сделаны выводы о взаимосвязи линеаментов и нефтеперспективных структур.

Ключевые слова: линеаменты, разломы, нефтегазоносность, Припятский прогиб.

LINEAMENT TECTONICS AND PREDICTION OF OIL-PROMISING STRUCTURES IN THE PRIPYAT TROUGH

I.S. Zelenkova

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The article deals with the use of remote methods, in particular lineament tectonics and the lineament system in prediction of oil and gas deposits within the Pripyat Trough. Conclusions are drawn about the relationship between lineaments and oil-promising structures.

Keywords: lineaments, faults, oil and gas potential, the Pripyat Trough.

В настоящее время для поисков полезных ископаемых (особенно нефтегазовых месторождений) все чаще используются дистанционные методы, которые постепенно завоевывают популярность при геологических исследованиях. Несмотря на сложность современных аэросъемок и зондирования Земли из космоса, при использовании их совместно с другими наземными методами можно получить наиболее точный прогноз распространения тех или иных минеральных и горючих ресурсов в недрах, а также изучить состояние литосферы и ее изменение под воздействием производственной деятельности человека.

Одним из таких космогеологических методов изучения природных явлений служит анализ линеаментной тектоники. Он получил широкое развитие в исследовании регионов земного шара.

Линеаментная тектоника как научная дисциплина рассматривает закономерности пространственного распределения и эволюции линейных неоднородностей литосферы, проявленных на поверхности Земли в виде линеаментов [2].

Линеаменты – это уникальные, линейно вытянутые объекты земной коры, которые выявляются практически во всех регионах нашей планеты. Они передают на земную поверхность достоверную, убедительную и объективную информацию о неоднородностях земной коры и литосферы разного масштаба, глубины и возраста.

Линеаменты прямо или косвенно отражают особенности геологической структуры, в частности, глубинные разломы и трещиноватость погребенного фундамента. Системы линеаментов – это наиболее выразительные элементы рельефа на космических снимках. Они дают возможность использовать их для выявления геологического строения литосферы и тектонической делимости территории.

Особый интерес представляет анализ систем линеаментов по космическим снимкам в пределах равнинно-платформенных областей. Так как именно в этих геологических условиях

линеаменты фиксируют разрывы, флексуроразрывные дислокации, разломы, зоны трещиноватости и иные зоны повышенных деформаций и проницаемости литосферы, которые отражены на поверхности Земли разнообразными линейными элементами ландшафта.

Во многих случаях дешифрируемые линейные структуры сопряжены с проявлением на земной поверхности активных в позднеолигоцен-четвертичное время глубинных разломов (мантийных и коровых). Разломы – это основной фактор, определяющий характер образования и размещения скоплений углеводородов, приводящий к развитию неантклинальных ловушек нефти и газа. Примером скопления таких ловушек служит Припятский прогиб.

Припятский прогиб по степени изученности разломной тектоники является наиболее исследованным районом на территории Беларуси, но в то же время сохраняется еще значительное пространство для подробного изучения и детализации тектонических дизъюнктивных (разрывных) нарушений.

Пространственное совпадение в пределах Припятского прогиба при наложении известных в геологической структуре разрывов и линеаментов, выявленных на космоснимках, иллюстрирует глубинные неоднородности разного возраста и глубины заложения. В большинстве случаев данные неоднородности можно связать с проявлением нефтяных скоплений.

Разломы глубинного заложения отличаются длительным развитием, новейшей активизацией и служат устойчивыми каналами, связывающими верхние горизонты коры с мантийными источниками углеводородов. В Припятской нефтегазоносной области к глубинным разломам, активно проявившимся в позднеолигоцен-четвертичное время, следует отнести прежде всего Северо- и Южно-Припятский суперрегиональные разломы, выраженные на космоснимках в виде линеаментных зон протяженностью до 300 км [1].

Глубинные неоднородности в геологической структуре могут быть проявлены на различных уровнях разреза земной коры (по вертикали) или в отдельных зонах (по латерали) в виде разрывных нарушений различного масштаба, простирания и кинематики. В этом случае с отдельными участками (отрезками) линеаментов и их зон неизбежно пространственно совпадают отдельные разрывные нарушения (или их части) различного ранга, параметры которых определяются как длительностью геологического развития, так и степенью проявления на новейшем этапе [3].

Линеаментная тектоника способствует решению наиболее важных задач в поисковой нефтяной геологии. Во-первых, она дает возможность по-новому прогнозировать пути миграции углеводородов в земной коре и выявлять предполагаемые места их скопления. Во-вторых, оказывает неоценимую услугу при тектоническом районировании, осуществляемом при поисках нефти и газа.

Установлено, что при анализе линеаментной тектоники особое внимание следует уделять местам пересечения линеаментов со сводовыми поднятиями, так как месторождения нефти либо непосредственно примыкают к зонам линеаментов, либо располагаются в местах их сближения или пересечения. Эту закономерность следует объяснять тем, что при перемещении отдельных блоков земной коры вдоль их границ в породах осадочного чехла образуются линейно-вытянутые ослабленные зоны, способствующие миграции углеводородов [3].

Таким образом, линеаментная тектоника и изучение систем линеаментов способствуют решению структурных задач регионального и поискового этапов геологоразведочных работ на нефть в Припятском прогибе.

При постановке и проведении дальнейших поисков залежей углеводородов в этом регионе следует обратить внимание на выявление космогеологическими методами систем суперрегиональных и региональных линеаментов, которые контролируют как известные зоны промышленного нефтегазонакопления, месторождения нефти, так и участки, перспективные на залежи углеводородов.

Дистанционное зондирование Земли и дешифрирование аэрокосмических снимков с выявлением на них линеаментов открывают широкие возможности для дальнейшего обнаружения нефтеперспективных структур в Припятском осадочном бассейне. А также применяются для составления космоструктурных карт для данной территории.

Следовательно, знание особенностей линеаментной тектоники региона обуславливает возможность более детального и обоснованного прогноза поисков месторождений нефти и газа на его территории. Кроме того, максимальный эффект при использовании аэрокосмических методов наблюдается при его комплексном использовании с другими геолого-геофизическими методами.

Список литературы

1. Губин, В.Н. Дистанционное зондирование структур земной коры при поисках нефти / В.Н. Губин // В сборнике: Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса С.В. Абламейко. – 2016. – С. 353–357.
2. Губин, В.Н. Дистанционные методы в геологии / В.Н. Губин. – Минск.: БГУ, 2004. – 139 с.
3. Кац, Я.Г. Основы линеаментной тектоники / Я.Г. Кац, А.И. Полетаев, Э.Ф. Румянцева. – М.: Недра, 1986. – 140 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕВЫХ ПРИТОКОВ ПОДОЛЬСКОЙ ЧАСТИ Р. ДНЕСТР

И.М. Капелистая

Национальный авиационный университет,

Учебно-научный институт экологической безопасности, Киев, Украина

e-mail: Kapelistaja.irina@ukr.net

Охарактеризована концентрация металлов в воде, донных отложениях и береговых почвах левых притоков р. Днестр на территории Подолии. Выявлено удовлетворительное геоэкологическое состояние притоков.

Ключевые слова: Подолия, Днестр, левые притоки, геоэкология.

GEOECOLOGICAL STATE OF THE DNESTR RIVER LEFT TRIBUTARIES WITHIN PODOLIJA

I.M. Kapelistaja

National Aviation University, Educational

and Research Institute of Geoecological Safety, Kyiv, Ukraine

The content of metals in water, ground sediments and bank soils of the Dnestr river left tributaries within Podolija is characterized. The satisfactory geoecological state of the tributaries is revealed.

Keywords: Podolija, Dnestr, left tributaries, geoecology.

О состоянии окружающей естественной среды лучше всего свидетельствует геоэкологическое состояние водотоков. Днестр является второй по размеру рекой в Украине и девятой по размеру в Европе [2–4].

Днестр – трансграничная река между Украиной и Республикой Молдова. От истоков к г. Старый Самбир Днестр течет среди Карпатских гор, дальше – по равнинной территории Украины и Молдовы. От с. Козлов (Могилев-Подольский район Винницкой области) к с. Нимериуки (Сороцкий район, Молдова) по Днестру проходит государственная граница между Украиной и Молдовой. Дальше река течет по территории Молдовы. От с. Пуркара (Штефан-Водський район, Молдова) к с. Паланки по Днестру проходит граница между двумя государствами. Ниже с. Паланки Днестр течет по территории Украины [2–4, 8].

Днестр и его притоки аккумулируют не только запасы воды, но и все загрязнения, которые приходят с площади водосбора [9].

Главным вопросом при оценке качества поверхностных вод является определение структурных и функциональных показателей биологической составляющей водных экосистем как основного фактора обеспечения стабильности условий воссоздания водных ресурсов. Она базируется на экосистемном подходе, который предусматривает анализ всех составляющих водных экосистем: водной среды, донных отложений и гидробионтов [5]. Не менее важное значение для оценки геоэкологического состояния водных объектов имеет соблюдение режима использования прибрежных защитных полос. Характеристика береговых и прибрежных почв дополняет картину о геоэкологическом состоянии водотока. Кроме того, трансформация естественной среды Украины ярко отразилась на одном из особенно уязвимых объектов природы – грунтовом покрове. Все негативные изменения, которые происходят с земельными ресурсами, касаются в первую очередь почв. Дождевые осадки переносят загрязняющие вещества с почвы к водотокам, впоследствии они аккумулируются в донных отложениях.

Донные отложения являются основным источником информации для оценки состояния водных систем. Они отражают геохимическую специализацию водоема, дают возможность оценить процессы миграции и аккумуляции естественных и техногенных компонентов, служат «буфером» загрязняющих веществ. Тяжелые металлы (Fe, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Mn, Cr и др.) – одна из основных групп химических загрязнителей вод. Однако в отличие от органических

веществ, которые в определенной степени поддаются деструкции, тяжелые металлы лишь перераспределяются между отдельными звенями водных экосистем (вода, донные отложения, биота).

Длина реки Днестр 1362 км, из них на территории Украины 925 км, в пределах Винницкой области – 166 км. Площадь бассейна 72 100 км², из них на территории Украины – 52 690 км², в пределах Винницкой области – 7500 км². На бассейн Днестра приходится 28 % территории Винницкой области [2–4].

Для притоков Днестра характерно наличие порогов. Климат в бассейне Днестра умеренно-континентальный с теплой мягкой зимой и длительным влажным летом. Район расположен в пределах степной и лесостепной зон. Среднегодовое количество осадков изменяется от 500 мм на Волыно-Подольском плато до 1100 мм [4, 8]. Годовая сумма осадков на Подольской возвышенности – от 700–800 мм на северо-западе до менее чем 500 мм на юго-востоке. Большая часть осадков выпадает летом. Наиболее дождливым является июль со средней многолетней суммой осадков 70–142 мм. Суточная сумма осадков в среднем составляет 4,1–5,3 мм. Максимальная суточная сумма осадков отмечается во время очень интенсивных и длительных ливней, чаще всего в июне-июле и достигает 67–149 мм.

Питаются реки дождевыми (48 %), снежными (25 %) и подземными водами (27 %). Средний многолетний объем стока Днестра в устье – 10,0 км³/год. В отдельные годы он может уменьшаться до 4,5 км³ или увеличиваться до 19,3 км³. Состав воды гидрокарбонатный кальциевый [3].

Для подольской части Днестра и его левых притоков характерен водный режим с заметными весенними наводнениями. Реки используются для питьевого и технического водоснабжения, судоходства, орошения земель и гидроэнергетики.

С целью выяснения геоэкологического состояния левых притоков подольской части Днестра автором был осуществлен отбор проб воды, донных отложений этих притоков и почв на их берегах в следующих населенных пунктах Винницкой области: р. Жван – с. Бернашовка Могилев-Подольского района и с. Жван Мурованокуриловецкого района; р. Караец – с. Хоньковцы Могилев-Подольского района и с. Ровно Мурованокуриловецкого района; р. Лядова – с. Яришев Могилев-Подольского района; р. Серебрия – с. Серебрия Могилев-Подольского района; р. Немия – с. Немия Могилев-Подольского района; р. Дерло – г. Могилев-Подольский; р. Котлубаевка – с. Броница Могилев-Подольского района; р. Мурафа – с. Слобода Бушанская Ямпольского района; р. Бушанка – с. Буша, р. Мурафа – с. Буша, с. Дорошовка, с. Мироновка, с. Белая, с. Ульяновка; р. Днестр – с. Оксановка, р. Русава – г. Ямполь, Ямпольского района.

Пробы донных осадков отбирались в период летней-осенней межени в 2013–2014 гг. и в 2017 году на расстоянии от 1,0 м до 5,0 м от берега и высушивались воздушным способом. Донные отложения изучали комплексно [6]. Использовались такие методы: гранулометрический анализ (ситовый метод с выделением десяти размерных фракций); минералогические исследования тяжелой и легкой фракции под бинокуляром; количественный спектральный анализ валового содержания элементов (Mn, Co, Nb, Cu, Ti, V, Pb, Cr, Pb, Ag, Bi, Sn, Ga, Sc, Y, Yb, Ba, Zr, Ni, Fe, Sr, Al; Zr, La, Mo, W, Sb, Zn, Cd, Ge, Be, Ce, Za, Th, As, P).

Среди элементов общими для донных отложений, воды и почв из берегов водотоков являются Mn, Ni, Ti, V, Cr, Mo, Zr, Nb, Cu, Ba, Pb .

Рассмотрим содержание Pb в реках Караец, Серебрия, Котлубаевка и Днестр.

На рис. 1 представлено распределение концентрации свинца в воде. Как видим, содержание Pb в воде исследуемых водотоков преимущественно не только не превышает, но и гораздо меньше ПДК – как санитарно-токсикологических требований так и ПДК стандарта ВООЗ [1, 7].

На рис. 2 представлено распределение содержания свинца в донных отложениях и почвах, отобранных на берегах левых притоков и Днестра. Как видим, содержание Pb в исследуемых образцах почвы преимущественно не превышает медианное значение для исследуемых водотоков за исключением повышенной концентрации в донных отложениях р. Котлубаевка, которая в 1,3 раза превышает медианное значение для территории. Это свидетельствует о низком уровне загрязнения водотоков свинцом.

Содержание Pb мг/м³

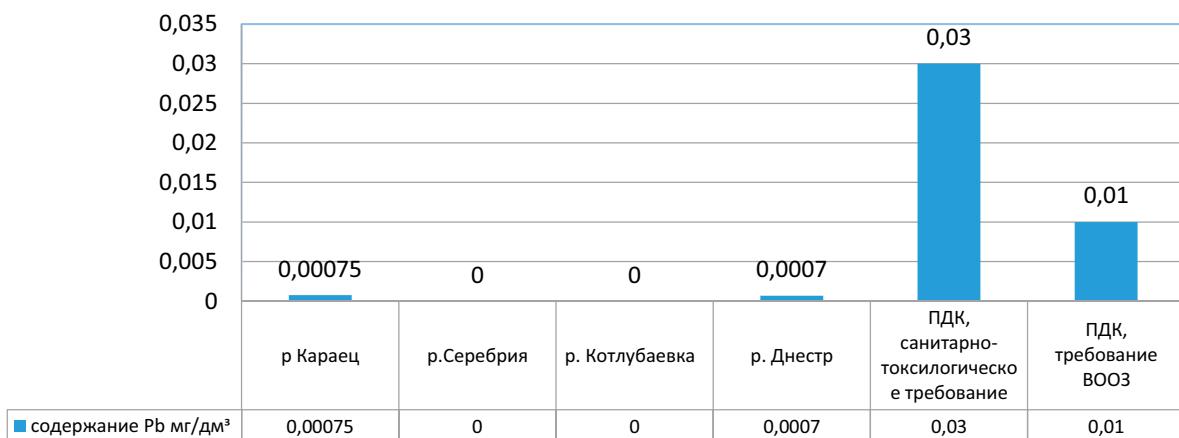


Рисунок 1. Содержание свинца в воде Днестра и его левых притоков

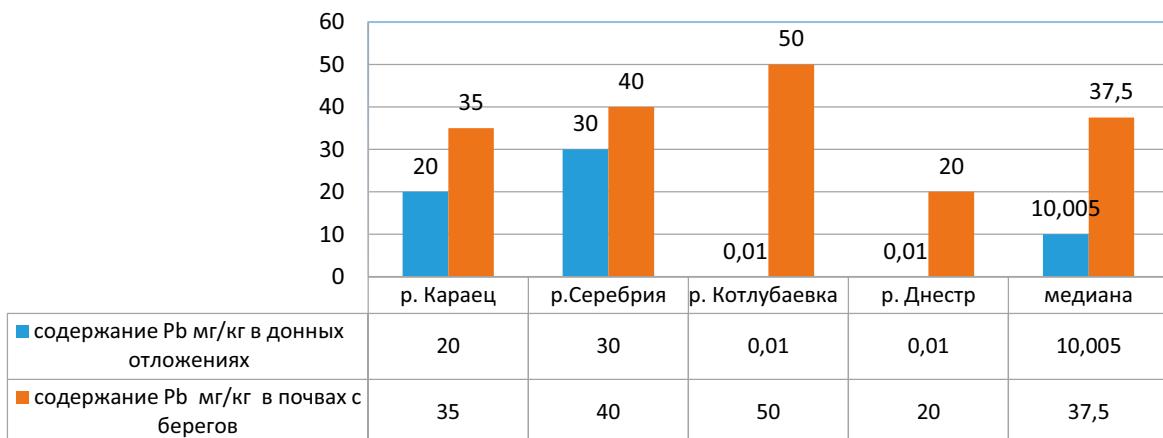


Рисунок 2. Содержание свинца в донных отложениях и почвах из берегов Днестра и его левых притоков

Незначительные концентрации большинства металлов в притоках Днестра (на уровне средних концентраций для речных вод) обусловлены отсутствием в районе исследований значительных источников загрязнения, а также высокой способностью водотоков к самоочистке.

Таким образом, геоэкологическое состояние левых притоков подольской части реки Днестр удовлетворительное.

Список литературы

1. Ахманов, М. Вода, которую мы пьем. Качество питьевой воды и ее очистка с помощью бытовых фильтров / М. Ахманов. – СПб.: Невский проспект, 2002. – 157 с.
2. Гавриков, Ю.С. Реєстр річок Вінницької області (Довідковий посібник 2-е видання, доповнене) / Ю.С. Гавриков // Вінницьке регіональне управління водних ресурсів. – Вінниця, 2017. – 28 с.
3. Сайт Вінницького регіонального управління водних ресурсів [Електронний ресурс]: <http://www.buvr.vn.ua>
4. Сайт Державного агентства водних ресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dpbuvr.gov.ua/>
5. Сиренко, А.А. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов / А.А. Сиренко, Н.Ю. Евтушенко, Ф.Я. Комаровский. – К.: Наук. думка, 1992. – 325 с.
6. Капеліста, І.М. Літологічна характеристика донних відкладів лівих приток Подільської частини Дністра / І.М. Капеліста // П'ята всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації» 28–29 листопада 2017.: тези доп. – Дніпро, 2017 – С. 7–24.
7. Никаноров, А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А.М. Никаноров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 311 с.
8. Український гідрометеорологічний центр Інформаційний сервер погоди: <http://dnister.meteo.gov.ua/ua/>
9. Sharapanovskaya, T. Environmental problems of the Middle Dniester River / T. Sharapanovskaya // Chisinau: BIOTICA, 1999. – 88 p. ISBN 9975-78-024-5 (from ‘BIOTICA’ website).

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.Ж. Кенжеева

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
e-mail:kenzeevaasel@gmail.com*

В статье изучено проведение инженерно-геологических изысканий при строительстве транспортных систем. Их специфики при разных видах транспортных систем. Сделаны выводы о важности их выполнения и актуальности темы на сегодняшний день.

Ключевые слова: геология, строительство, транспорт, оценка, система.

ENGINEERING-GEOLOGICAL ESTIMATION OF CONDITIONS OF CONSTRUCTION OF TRANSPORT SYSTEMS

A.Z. Kenzheeva

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The article deals with the engineering-geological surveys during the construction of transport systems. Their specificity for different types of transport systems. Conclusions are drawn about the importance of their implementation and the relevance of the topic to date.

Keywords: geology, construction, transport, estimation, system.

В эпоху урбанизации и развития инфраструктуры во всем мире возрастают требования к качеству строительства новых объектов, таких как транспортные системы, для соответствия мировым стандартам уровня жизни. В связи с этим необходимость инженерно-геологических изысканий при строительстве транспортных систем увеличивается.

Известно, что разного рода инженерные сооружения должны быть возведены с минимальными затратами бюджета, рабочей силы и материалов, за предельно короткое время. Наряду с этим, они должны обладать высокой прочностью. Для обеспечения надежности и долговечности транспортных систем проводятся инженерно-геологические исследования.

Инженерно-геологическая оценка является обязательным этапом проведения строительных работ тех или иных сооружений. Геологические изыскания – это ряд инженерных работ, направленных на исследование природных условий и особенностей грунта участка, на котором предполагается строительство транспортных систем. Инженерно-геологические изыскания, проводимые специалистами, устанавливают: правильность приемов исследований, необходимый объем работы, обоснованность выводов и рекомендаций, возможные причины аварий и т. д.

К специалистам, которые проводят инженерно-геологические изыскания выдвигаются следующие требования:

- наличие надлежащей квалификации;
- наличие допуска к проведению данных работ;
- наличие специального оборудования;
- наличие доступа к современной лаборатории, где будут изучаться пробы грунтов и подземных вод.

Инженерно-геологическая съемка представляет собой комплексное изучение геологии, гидрогеологии, геоморфологии и других естественно-исторических условий района строительства. Эта работа дает возможность оценить территорию со строительной точки зрения.

В настоящее время специалисты выделяют следующие виды геологических изысканий:

- инженерно-геологические, при которых изучается природная среда в данной местности. Специалисты изучают геологические процессы и историю формирования данной территории;
- инженерно-геодезические изыскания подразумевают под собой следующие работы:
 - а. по сбору и анализу топографо-геодезических сведений для данного района или участка;

- б. по камеральному трассированию и выбору конкурентоспособных проектных решений для осуществления полевых обследований и изысканий;
 - в. по созданию высотной и плановой геодезической основы;
 - г. по осуществлению топографических съемок масштабами от 1 : 5000 до 1 : 500, куда входят съемки как надземных, так и подземных видов коммуникаций и сооружений, пересечения линий электропередач, линий связи, магистральных трубопроводов;
 - д. по полевому трассированию линейных сооружений;
 - е. по отдельным специализированным видам работ: съемкам плана действующего железнодорожных путей, поперечных и продольных профилей, по наружным обмерам зданий, устройств и сооружений, по координированию отдельных элементов строений (сооружений), по определению полезных и полных протяженностей путей на станциях, по определению типов рельс и пр.;
 - ж. по геодезическому обеспечению инженерно-гидрометеорологических и инженерно-геологических видов изысканий;
3. по составлению и размножению инженерно-топографических карт, созданию моделей местности в цифровых форматах;
- инженерно-экологические изыскания позволяют оценивать состояние природной среды, расположенной в непосредственной близости от объекта строительства;
 - инженерно-геотехнические изыскания позволяют собрать всю необходимую информацию о грунте на месте строительства. От этого зависит мощность и тип фундамента, а также возможность его деформации из-за внешнего воздействия почвы;
 - инженерно-геофизические изыскания – сводят воедино все данные, полученные в результате проведения четырех описанных выше исследований, и представляют их в понятном виде.

Масштаб инженерно-геологической съемки определяется детальностью инженерно-геологических исследований и колеблется от 1 : 50 000 до 1 : 100 000 и крупнее.

Строительство транспортных систем имеет свою специфику в проведении инженерно-геологических изысканий. Следует отметить что в данной статье в понятие «транспортная система» входят следующие виды транспорта: железнодорожный (рельсовый); автомобильный; трубопроводный (включающий нефтепроводы, продуктопроводы для перекачки в основном продуктов нефтепереработки и газопроводы).

При выполнении строительных работ железнодорожных и автомобильных систем необходимо проанализировать участок рельефа, где запланировано строительство. Особенностью проведения железнодорожных и автомобильных изысканий является то, что процессы проектирования и изыскания тесно связаны друг с другом. Все службы по инженерно-геологическим изысканиям, как железнодорожного и автомобильного дорожного строительства, так и прилегающих к ним жилищно-гражданских сооружений, транспортных устройств и зданий, которые должны находиться в составе комплексного проекта дорог, должны быть выполнены проектно-изыскательскими организациями, контролируемыми Министерством путей сообщения и Министерством транспортного строительства.

Инженерно-геодезические исследования железнодорожных и автомобильных систем проводится в три этапа:

- подготовительный, который включает сбор информации по данной территории, выбор наиболее подходящего проектного решения, согласование стоимости проекта, оснащение и формирование групп и получение разрешение на выполнение работ;
- полевой, во время которого проводятся комплексные топографо-геодезические виды работ и обследования;
- камеральный этап проводится для обработки полученных данных.

Трубопроводы (водопроводы, нефтепроводы, газопроводы, и др.) отличаются небольшой удельной нагрузкой на основание, но для них свойственна высокая чувствительность к механическим и температурным деформациям, которые могут вызвать осевые перемещения с повреждением стыковых соединений. Расчет трубопроводов производится с учетом прочности основания, массы пород засыпки или насыпи, глубины сезонного и наличия постоянного

промерзания пород, сейсмичности, временных нагрузок (возникающих при пересечении железных и автомобильных дорог), блюжающих токов и степени агрессивного воздействия среды.

Инженерно-геологические изыскания трубопроводов обычно проводятся в две стадии: на первой – с целью обоснования выбора оптимального варианта трассы; на втором – по выбранному варианту трассы со съемкой участков индивидуального проектирования (оползневые склоны, конусы выноса, участки развития осыпей и пр.).

При работах на первой стадии используются аэрофотоматериалы по району работ, осуществляется их дешифрирование с выделением элементов природной обстановки. Производится наземное или аэровизуальное инженерно-геологическое обследование полосы трассы шириной до 300 м. Осуществляется осмотр и описание естественных обнажений, колодцев, проявлений неблагоприятных физико-геологических процессов и т. д.

Местоположение, количество и глубина выработок определяются изученностью и сложностью инженерно-геологических условий полосы продолжения трассы. При простых инженерно-геологических условиях обычно проходится одна выработка глубиной 3–5 м на 5–10 км трассы или одна-две выработки на каждом выделенном инженерно-геологическом участке.

В отчете об инженерно-геологических условиях полосы проложения трассы приводится сравнительная инженерно-геологическая характеристика вариантов трассы трубопровода и обосновывается выбор наиболее благоприятного варианта. К отчету прилагаются: обзорная топографическая карта с указанием расположения рассмотренных вариантов; схематическая карта инженерно-геологического районирования трассы; схематические геолого-литологические профили (разрезы) всех вариантов, трассы; таблицы результатов лабораторных исследований свойств грунтов и воды.

Список литературы

1. Будовский, В.Б. Прогнозирование изменения состояния газопровода / В.Б. Будовский, Н.Н. Хренов, С.А. Егурцов // Газовая промышленность. – 1992. – № 7. – С. 16–18.
2. Волков, А.В. Инженерно-геоморфологическая оценка условий строительства газотранспортных систем в Ленинградской области / А.В. Волков // Материалы научно-практической конференции «Актуальные проблемы географии Новой России» – М., 2009.
3. Волков, А.В. Геоинформационный анализ рельефа и опасных экзогенных геологических процессов для целей и задач инженерно-экологических изысканий / А.В. Волков // Тезисы докладов IV научно-практической конференции «Творческая и инновационная активность молодых специалистов – важный ресурс развития газовой отрасли». – М., 2008.
4. Копылов, И.С. Карттирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов / И.С. Копылов // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича: мат-лы конф. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – С. 196–198.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В БЕЛАРУСИ

М.Н. Стремаус

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: mike.stremaus@gmail.com

Обсуждается возможность использования метода подземной газификации для бурых углей Беларуси.

Ключевые слова: подземная газификация, бурый уголь, гидрогеологические условия, Беларусь.

ON THE POSSIBILITY OF THE UNDERGROUND COAL GASIFICATION METHOD USE IN BELARUS

M.N. Stremaus

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The possibility of use of the underground gasification method for the brown coal of Belarus is discussed.

Keywords: underground gasification, brown coal, hydrogeological conditions, Belarus.

Топливно-энергетический комплекс Республики Беларусь обеспечивает свои потребности собственными ресурсами нефти и газа не более чем на 15–20 %. В перспективе ожидается сокращение этой доли в связи с истощением месторождений нефти Припятского прогиба. Уже сейчас поддержание добычи на стабильном уровне достигается в основном за счет увеличения дебита скважин, разработки очень мелких месторождений. Открытие новых крупных месторождений в пределах Припятского прогиба не прогнозируется, работы по разведке перспективных участков в пределах Оршанской и Подлясско-Брестской впадины ведутся в недостаточном объеме. В Республике Беларусь не разведаны месторождения газа, добыча ведется попутным образом при добывче нефти. Топливная система Беларуси на 70 % полагается на импорт российского газа.

Для того чтобы сохранить обеспеченность собственными энергоносителями на стабильном уровне, необходимо максимально эффективно использовать горючие полезные ископаемые страны. Одной из альтернатив может являться разработка месторождений бурых углей Республики Беларусь.

Бурый уголь – твердое горючее полезное ископаемое растительного происхождения низкой степени углефикации, переходная форма от торфа к каменному углю. В Беларуси выявлены несколько десятков углерождений. Наиболее перспективными являются три разведанных месторождения Житковичское, Бриневское и Тонежское, а также недостаточно изученное крупное Лельчицкое месторождение бурых углей (рис. 1). Житковичское, Бриневское и Тонежское месторождения имеют неогеновый возраст происхождения, Лельчицкое сложено бурыми углами юрского и карбонового возраста. Суммарные балансовые (экономически целесообразные) запасы четырех месторождений составляют около 160 млн. т [1]. Месторождения бурых углей расположены в пределах Житковичского, Петриковского и Лельчицкого районов Гомельской области. Разработка месторождений способствует экономическому развитию этого региона Беларуси и созданию новых рабочих мест для населения, но добывчу стоит экономически обосновать.

Житковичское месторождение находится возле юго-восточной окраины города Житковичи. Месторождение состоит из четырех угольных залежей Северной, Южной, Кольненской и Найдинской. Угольные залежи содержат от 1 до 7 угольных пластов, которые залегают горизонтально в песчано-глинистых отложениях неогена. Средняя мощность пластов составляет на Северной залежи – 5,8 м; Южной – 3,7 м; Найденской – 2,9 м; Кольненской – 3,3 м при средней глубине залегания пластов 32,6; 27,3; 27 и 31,8 м соответственно.



Рисунок 1. Географическое положение месторождений бурых углей Республики Беларусь

Балансовые запасы Житковичского месторождения составляют 69,1 млн т. Общая влага топлива составляет 55–60 %, средняя зольность угля 17–23 %, теплота сгорания сухого топлива 11,6–19,5 мДж/кг [2]. Залежи Северная и Найдинская разведаны детально и готовы для промышленного освоения открытым способом.

Освоения не происходит по следующему ряду причин:

- 1) недостатка инвестиций и большой стоимости строительства горно-обогатительного комбината при невысоком получении прибыли от сжигания бурых углей;
- 2) сложные горно-геологические условия, высокая обводненность вмещающих пород;
- 3) экологические ограничения, месторождение расположено в пределах зеленой зоны города.

Бриневское месторождение располагается в западной части Петриковского района и получило одноименное название с близлежащей деревней. Месторождение состоит из одной залежи и одного пласта. Мощность угольного пласта варьируется от 0,4 до 19,9 м. Средняя мощность угольного пласта 5,8 м, средняя глубина залегания 65 метров. Балансовые запасы составляют 30,2 млн т. Теплота сгорания сухого топлива 10,9–26,1 мДж/кг, средняя зольность 26 %. Бурые угли Бриневского месторождения характеризуются повышенным содержанием серы, достигающим 3,9 % [2]. Породы вскрыши и подугольной толщи сильно обводнены.

Тонежское месторождение находится на юго-западе Лельчицкого района недалеко от д. Тонеж. На месторождении выделено до 15 пластов, мощностью от 0,2 до 19,6 м [2]. Наиболее выраженными и возможными для промышленного освоения являются три пласти, среди которых первый пласт содержит наибольший объем бурого угля. Первый пласт залегает на глубинах 40–130 м. Угленосные отложения образуют вытянутую в субширотном направлении мульду. Средняя мощность пласта 6,54 м [1]. Балансовые запасы составляют 40 млн т. Теплота сгорания 6,0 мДж/кг, зольность 23–36 %. Месторождение обводнено.

Лельчицкое месторождение бурых углей расположено в 1,5 км к югу от г. п. Лельчицы. Месторождение сложено более древними юрскими и карбоновыми углями, однако, и они по качеству являются такими же бурыми углами. Глубина залегания юрских углей 100–300 м, карбоновых углей глубже 300 м. Мощность угольного пласта изменяется от 2–3 м до 13,3–14,1 м. Эксплуатационные запасы оценены в 35 млн т [3]. Доля влаги

составляет 15–37 %, низшая теплота сгорания 3,2–4,5 мДж/кг, зольность 40 %. Месторождение характеризуется очень сложной гидрогеологической обстановкой.

Таким образом, месторождения бурых углей в Республике Беларусь не разрабатываются из-за недостатка финансирования и сложных гидрогеологических условий добычи.

Сегодня Республика Беларусь не обладает эффективными технологиями по переработке бурых углей. Одной из самых важных задач является определение и выбор технологии, которая может обеспечить экономически целесообразную разработку бурых углей белорусских месторождений.

Стоит обратить внимание на мировые тренды. В последнее время активно изучается и предлагается к использованию в различных странах мира и на разных месторождениях метод подземной газификации угля.

Технология подземной газификации угля – нетрадиционный способ разработки угольных месторождений – физико-химический промышленный процесс, происходящий в нетронутых угольных пластах, результатом которого является преобразование угля в синтез-газ (сингаз).

Технология совмещает добычу, обогащение и переработку угля. Базовый процесс подземной газификации угля (далее – ПГУ) состоит из бурения двух эксплуатационных скважин, первая из которых служит для закачки кислорода в угольный пласт, вторая – для выведения горючего газа на поверхность (рис. 2). Для первоначального розжига угольного пласта необходимо, чтобы произошла «сбойка» – максимально близкое расположение забоев скважин подачи кислорода и выведения газа. Дальнейший контроль горения угольного пласта достигается направленным бурением скважины закачки кислорода по угольному пласту. Все технологические операции по газификации угольного пласта осуществляются с земной поверхности – отсутствует необходимость строительства карьеров, шахт и работы людей под землей. Получаемый синтетический газ может быть использован для выработки электроэнергии, производства химикатов, жидкого топлива. Сжигание угольного пласта проводится под большим давлением при температуре 700–1200 °С. Процесс представляет собой разложения угля и образование CO_2 , H_2 , CO , CH_4 , H_2S . Чем больше глубина угольного пласта, тем соответственно выше газификационное давление и выход газа.

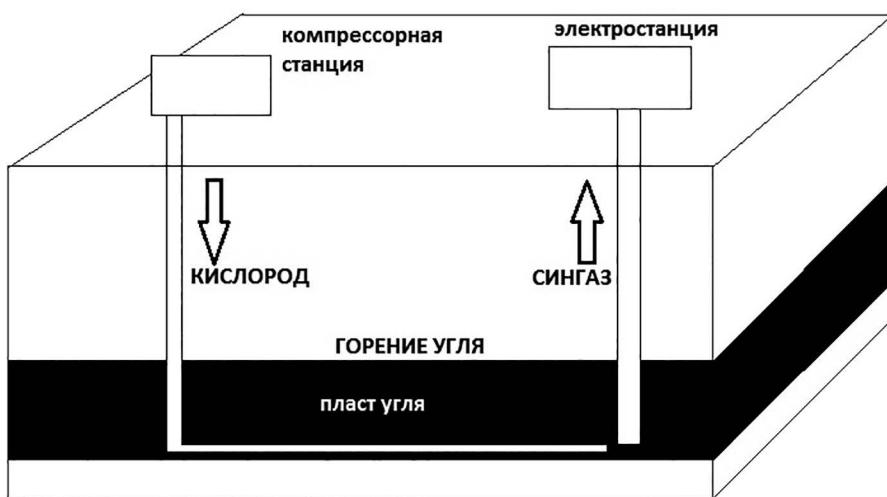


Рисунок 2. Схема применения технологии ПГУ

Технология ПГУ позволяет использовать и разрабатывать угольные пласты, которые находятся слишком глубоко или в сложных геологических условиях. Также ПГУ делает эксплуатацию месторождений углей невысокого качества экономически более конкурентоспособной.

В настоящее время существует несколько стран, активно исследующих и готовых к использованию метода ПГУ, к этим странам относятся Великобритания, Пакистан, Болгария, Вьетнам, Польша, Индия. Наибольшее количество экспериментов и испытаний технологии

ПГУ провели Австралия, США, ЮАР, Китай. На сегодняшний день существует лишь один проект промышленного использования технологии ПГУ. «Еростигаз» производит из бурого угля около 1 млн м³ синтетического газа в день в окрестностях города Ангрен, Республика Узбекистан.

Применение технологии ПГУ в Ангрене свидетельствует о возможности освоений месторождений бурого угля этой технологией. Было проведено несколько успешных экспериментов использования технологии ПГУ при освоении буроводушных месторождений Подмосковного угольного бассейна.

Для определения потенциала использования ПГУ на территории Республики Беларусь необходимо изучить рекомендованные критерии для эффективного применения ПГУ. Выделяют следующие рекомендованные критерии [4]:

1) мощность угольного пласта 10 м, допускается от 2 до 15 м, с изменением мощности в пределах пласта не более 25 % [5, с. 13];

2) глубина угольного пласта зависит от глубины грунтовых вод конкретного месторождения, допускаются глубины 15–600 м;

3) качество угля, рекомендуется не влажный лигнит и бурый уголь, низкокачественный каменный уголь; слишком влажный уголь не дает развитие процессу пиролиза, а высококачественный каменный уголь слишком сложно поджечь в подземных условиях;

4) углы падения пластов < 20°, пласты должны залегать параллельно;

5) подземные воды, рекомендуется не менее 31 м отложений между уровнем грунтовых вод и угольным пластом запасы угля [5];

6) зольность угля < 40 %;

7) влажность угля оптимальна при значениях до 15 % [5];

8) содержание серы не более 1 % [5];

9) породы вскрыши с низкой водопроницаемостью;

10) пласты должны быть сплошными, без разрывов;

11) запасы угля могут быть различными и соответствовать экономике использования, то есть обеспечивать мощности электростанции;

12) местность над месторождением должна быть подходящей для небольшой усадки после пиролиза угля.

Житковичское месторождение бурого угля не отвечает двум критериям технологии ПГУ. Первое, влажность угля в три раза превышает оптимальные показатели. Второе, пласты бурых углей залегают слишком близко к дневной поверхности, и применение ПГУ может вызвать экологическую катастрофу. Использование ПГУ в Северной залежи не рекомендуется, так как это может вызвать просадку грунтов в городе Житковичи.

Бриневское, Тонежское месторождение характеризуются слишком высокими показателями влажности угля, содержания серы. Мощность одного пласта может значительно изменяться.

Лельчицкое месторождение подходит по всем критериям освоения технологией ПГУ, но оно еще не достаточно детально изучено для разработки.

Список литературы

1. Материалы спецкурса «Геология и полезные ископаемые Беларуси» [Электронный ресурс] / М.А. Богданович, Н.Ф. Гречаник // Электронная библиотека БГУ – Режим доступа <http://lib.brsu.by> – Дата доступа: 08.05.2018.
2. Бурый уголь белорусской химии [Электронный ресурс] / А. Воробьев // The chemical journal, 2013 – Режим доступа <https://www.lkmportal.com> – Дата доступа: 11.05.2018
3. Минеральные ресурсы Беларуси: современное состояние, проблемы и перспективы освоения. Минск: БГУ, 2007 [Электронный ресурс] / Э.А. Высоцкий // Электронная библиотека БГУ – Режим доступа: <http://elib.bsu.by> – Дата доступа: 10.05.2018.
4. Underground coal gasification: evaluating environmental barriers [Electronic resource] / A. Beath [et al.] // CSIRO Exploration and mining report P2004/5 – Mode of access: <https://publications.csiro.au>. – Date of access: 14.05.2018
5. Viability of Underground Coal Gasification with Carbon Capture and Storage in Indiana [Electronic resource] / under editorial contributions of E. Baldwin // Capstone course, 2011. – Mode of access: <http://www.indiana.edu>. – Date of access: 14.05.2018.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР В ПРИПЯТСКОМ ОСАДОЧНОМ БАССЕЙНЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Н.И. Ясюкевич

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

e-mail: nikita.yasyukevich@mail.ru

Обсуждается значение дистанционного зондирования Земли для прогнозирования нефтеперспективных структур в Припятском прогибе.

Ключевые слова: Припятский прогиб, нефтеносность, дистанционное зондирование Земли.

PREDICTION OF OIL-BEARING STRUCTURES IN THE PRIPYAT SEDIMENTARY BASIN USING DATA ON THE REMOTE SENSING OF THE EARTH

N.I. Yasyukevich

Belarusian State University, Minsk, Belarus

The significance of the remote sensing of the Earth for prediction of oil-bearing structures in the Pripyat Trough is discussed.

Keywods: Pripyat Trough, oil-bearing capacity, remote sensing of the Earth.

Припятский осадочный бассейн расположен в юго-восточной части Беларуси и в тектоническом отношении приурочен к Припятскому прогибу, который сформировался на герцинском этапе развития запада Восточно-Европейской платформы под воздействием процессов рифтогенеза.

Территорию Припятского прогиба можно подразделить на три района: Северный нефтегазоносный, Центральный нефтегазоносный и Южный нефтегазоперспективный район. Одной из характерных особенностей нефтегазоносности Припятского прогиба является приуроченность почти всех месторождений углеводородов к Северному нефтегазоносному району, который ограничен Северо-Припятским и Червонослободско-Малодушинским региональными глубинными разломами.

Космическое зондирование земной коры играет важную роль в региональной оценке нефтегазоносности и обосновании дальнейших поисковых работ на нефть в Припятской нефтегазоносной области (далее – НГО).

Следует отметить, что в настоящее время в Припятской НГО остается неразведенными около 50 % прогнозных ресурсов углеводородов [1]. Поэтому сегодня очень важна региональная оценка перспектив нефтегазоносности путем комплексирования современных космогеологических и традиционных геолого-геофизических методов.

В региональной оценке нефтегазоносности осадочных бассейнов древних платформ космогеологическими методами важную роль играет выделение колышевых структур земной коры, контролирующих зоны потенциального нефтегазонакопления. Комплексный анализ результатов структурного дешифрирования космических снимков и геолого-геофизических данных позволяет установить геодинамические закономерности колышевых структур, определяющих условия формирования и сохранения залежей углеводородов, и тем самым выполнить прогноз нефтегазоносности осадочных бассейнов.

При оценке нефтегазоносности Припятского осадочного бассейна по данным космического зондирования Земли следует обратить внимание на Полесскую колышевую структуру земной коры. Сходные по размерам и геологической природе подобного типа мегаструктуры относят к нефтеперспективным объектам, что подтверждают результаты их изучения космогеологическими и геолого-геофизическими методами в пределах Западно-Сибирской плиты и в других нефтегазоносных регионах [4]. Поэтому детальное изучение геодинамических

особенностей Полесской кольцевой структуры и взаимосвязей её северного сегмента с зонами потенциального нефтегазонакопления в Припятском осадочном бассейне имеет важное поисковое значение.

Полесская кольцевая структура достаточно уверенно фиксируется на космических снимках регионального уровня оптической генерализации. Ее можно проследить по целому комплексу ландшафтных индикаторов, в том числе по системам дугообразных фрагментов долин рек Горыни, Ствиги, Уборт и Припяти [1].

В тектоническом отношении к северному сегменту Полесской кольцевой структуры приурочен Внутренний грабен Припятского прогиба. В центральной части кольцевой структуры расположена Овручская грабен-синклиналь, выраженная в современном рельефе Овручским кряжем в виде линейно вытянутой возвышенности, отчетливо дешифрируемой на космических снимках.

Сходные с Полесской кольцевой структурой космогеологические признаки имеет, например, Уренгойская кольцевая структура, расположенная в северной части Западно-Сибирской плиты. С внешним кольцевым сегментом Уренгойской кольцевой структуры связаны крупнейшие Ямбургское и Медвежье газовые месторождения, а также месторождения нефти и газоконденсата [3]. Эти факты подчеркивают возможные перспективы открытия промышленных запасов углеводородов в пределах Полесской кольцевой структуры.

В Припятской НГО к северному сегменту Полесской кольцевой структуры приурочены Сколодинская, Буйновичско-Наровлянская и Новорудненская зоны потенциального нефтегазонакопления [2].

Сколодинская зона нефтегазонакопления располагается в южном приподнятом крыле Сколодинского разлома. Она объединяет Западно-Шестовичский, Сколодинский, Каменский, Мозырский и другие блоки подсолевого девонского комплекса, которые экранированы соленосными отложениями и могут быть ловушками для углеводородов. Также к Сколодинской зоне нефтегазонакопления приурочен одноименный соляной вал, включающий Каменское и Мозырское криптодиапиральные поднятия. В них могут быть выявлены залежи углеводородов.

Буйновичско-Наровлянская и Новорудненская зоны зоны потенциального нефтегазонакопления также контролируются разломами. В верхней соленосной толще Буйновичско-Наровлянской зоны выделяются Наровлянское и Кустовницкое криптодиапировые поднятия, на которые также следует обратить внимание при проведение нефтепоисковых работ. В пределах рассматриваемой группы криптодиапировых поднятий планируется уточнение геологического строения и оценка перспектив нефтеносности на основе новых сейсморазведочных и поисково-буровых работ.

На основе геолого-геофизической интерпретации данных структурного дешифрирования космических снимков были установлены суперрегиональные и региональные линеаменты земной коры, которые контролируют как известные месторождения углеводородов, так и перспективные на залежи участки. Так, с Ошмянско-Речицким суперрегиональным линеаментом сопряжена Речицко-Вишанская зона нефтегазонакопления, которая приурочена к Речицко-Вишанскому региональному разлому мантийного заложения. Данная зона нефтегазонакопления включает Речицкое, Вишанское, Осташковичское и другие крупные промышленные месторождения нефти в Северном нефтегазоносном районе.

Установленные в пределах известных зон нефтегазонакопления космоструктурные признаки нефтеносности целесообразно использовать совместно с традиционными геолого-геофизическими критериями при проведении дальнейших поисковых работ на нефть в Припятской НГО [1].

В связи с этим важнейшей задачей космогеологического изучения Северного и Центрального нефтегазоносных районов является структурное дешифрирование космических снимков территорий, примыкающих к промышленным месторождениям нефти или расположенных вблизи них. Следует отметить, что такие участки перспективны для поисков новых залежей углеводородов, о чем свидетельствует открытие в 2012 году в Речицко-Вишанской зоне приразломных поднятий новой залежи нефти в районе двух уже действующих месторождений – Южно-Осташковичского и Южно-Тишковского.

В ближайшей перспективе необходимо активизировать космоструктурные исследования Внутреннего грабена Припятского прогиба, поскольку данная территории все еще слабо изучена поисковым бурением [4].

Особое внимание следует уделить Центральному нефтегазоносному району, где открыты лишь единичные мелкие месторождения (Комаровичское, Савичское, Москвичевское). Космоструктурное изучение территории целесообразно выполнить также в Южном нефтеперспективном районе, в котором на данный момент выявлены только непромышленные залежи тяжелой нефти.

При выявлении нефтеперспективных структур по данным дистанционного зондирования также следует обратить внимание на кентрогенные структуры, контролирующие залежи углеводородов. Кентрогенными структурами называют узлы пересечения глубинных разломов. Примером кентрогенной структуры на территории Припятского осадочного бассейна может служить пересечение Речицко-Вишанского и Малынско-Туровского активных разломов.

Дистанционное зондирование Земли из космоса открывает широкие возможности для дальнейших поисков залежей углеводородов в Припятской НГО. Большую актуальность приобретает составление космоструктурных карт нефтеперспективных площадей и участков в пределах Центрального нефтегазоносного района, в том числе и для труднодоступной в связи с заболоченностью территории Туровской депрессии, и Южного нефтегазоперспективного района. Накопленный опыт космогеологического прогнозирования нефтеперспективных структур необходимо широко использовать при региональной оценке нефтеносности не только Припятского, но также Оршанского и Подлясского-Брестского осадочных бассейнов.

Список литературы

1. Губин, В.Н. Космогеологические критерии прогноза нефтеносности Припятского палеорифта / В.Н. Губин // Вестник БГУ. Сер.2. – 2011. – № 3. – С. 106–109.
2. Конищев, В.С. Критерии и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Беларуси / В.С. Конищев. – Минск: Экономпресс, 2012. – 163 с.
3. Потенциал добычи горючих ископаемых в Беларуси и прогноз его реализации в первой половине XXI века // Матер. междунар. науч.-практ. конф. г. Гомель 25–27 мая 2011 г. – Гомель: Полесспечать, 2012. – 788 с.
4. Смирнова, М.Н. Нефтегазоносные кольцевые структуры и научно-методические аспекты их изучения / М.Н. Смирнова // Геология нефти и газа. – 1997. – № 9. – С. 51–55.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ И ОРГАНИЗАТОР НАУКИ	3
ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ	6
Айзберг Р.Е., Грибик Я.Г. ПРИПЯТСКИЙ И ДНЕПРОВСКИЙ ПАЛЕОРИФТЫ: ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ	6
Арефьев М.П., Седаева К.М., Ульяхин А.В. ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ПЕПЕЛ В ПОГРАНИЧНЫХ КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПЕРМИ И ТРИАСА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ	12
Аронова Т.И., Сероглазов Р.Р., Аронов Г.А., Килляр О.Н., Аронов В.А. ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ РАЗНОЙ УДАЛЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИЮ БЕЛАРУСИ	16
Akinyemi L.P., Zui V.I. GEOTHERMAL INVESTIGATIONS IN NIGERIA	20
Барыкина О.С., Андреева Т.В. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОЛЕДЕНЕНИЙ	26
Гарецкий Р.Г., Карапет Г.И. ДОПЛАТФОРМЕННЫЙ ЭТАП ТЕКТОНО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛИТОСФЕРЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	29
Гуринович М.П. РУДОНОСНОСТЬ УЛЬТРАБАЗИТ-БАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ	33
Демидова С.В., Рылова Т.Б. НОВЫЕ ДАННЫЕ О БЕЛОВЕЖСКОМ МЕЖЛЕДНИКОВЬЕ БЕЛАРУСИ	36
Еловичева Я.К. ЛЕТОПИСЬ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ГЛЯЦИОПЛЕЙСТОЦЕНА В ОСАДКАХ ПАЛЕОВОДОЕМОВ БЕЛАРУСИ	40
Заіка Ю.У. НОВЫЯ ЗВЕСТКІ АБ ІЗАЛЯВАНЫХ БЛОКАХ ДЭВОНСКІХ ПАРОД У АСПІВІЦКІМ РАЁНЕ (БЕЛАРУСЬ)	45
Зуй В.И. ТЕПЛОВОЙ ПОТОК В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ БЕЛАРУИ	49
Кадацкий В.Б. ИСЧЕРПАЕМЫ ЛИ ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ: МНЕНИЯ И РЕАЛЬНОСТЬ	54
Карабанов А.К., Камышенко Г.А., Айзберг Р.Е., Гарецкий Р.Г., Грибик Я.Г., Жогло В.Г., Карапет Г.И., Матвеев А.В., Пашкевич В.И. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРА ЛИТОСФЕРЫ И МИНЕРАГЕНИИ В СОСТАВЕ ИНСТИТУТА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ	57
Каримова Л.А., Лемешевская И.В. ТИПОВОЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КЛИНЦОВСКОГО ГРАБЕНА ВОРОНЕЖСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ	61
Ковалчук М.С., Крошко Ю.В. МЕЛОВОЙ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ ЛИТОГЕНЕЗ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА	65

Ковальчук М.С., Сукач В.В. ЗОЛОТОРУДНАЯ СИСТЕМА СОЛОНЯНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (СРЕДНЕПРИДНЕПРОВСКАЯ ГРАНИТ-ЗЕЛЕНОКАМЕННАЯ ОБЛАСТЬ)	69
Комаровский М.Е., Хилькевич Е.В. СВЯЗЬ ЛЕДНИКОВЫХ ЛОЖБИН С АКТИВНЫМИ РАЗЛОМАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	73
Кручек С.А., Обуховская В.Ю., Саченко Т.Ф. БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФРАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И КЛИНЦОВСКОГО ГРАБЕНА	76
Кудельский А.В. ЛАГУНА В МОРЕ	81
Кулешов В.Н., Жегалло Е.А. О БИОГЕННОЙ ПРИРОДЕ КАРБОНАТОВ МАРГАНЦА КАРСТОВЫХ ДЕПРЕССИЙ ПОРОЖИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ): ИЗОТОПНЫЕ ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ	84
Кулешов В.Н., Арефьев М.П. ИЗОТОПНЫЕ ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТОВ ИЗ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ ПЕРМИ И ТРИАСА НА СЕВЕРЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	88
Куриленко В.С., Олейник Е.П. СОЛЯНОЙ ДИАПИРИЗМ В ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЕ	92
Кутырло В.Э., Самодуров В.П., Друк А.И., Еленский Ю.Н. УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ПЕТРОГРАФИЯ ПОРОД ФОРМАЦИИ МАХА САРАКХАМ (ТАИЛАНД)	96
Kuzmenkova O.F., Laptsevich A.G., Streltsova G.D., Minenkova T.M. RIPHEAN AND VENDIAN OF THE CONJUGATION ZONE OF THE ORSHA DEPRESSION AND ZHLOBIN SADDLE (BYKHOVSKAYA PARAMETRIC BOREHOLE)	101
Левашкевич В.Г., Шпак С.Е. СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ И ПОКРЫШЕК ВЕРХНЕГО ПРОТЕРОЗОЯ И НИЖНЕГО КЕМБРИЯ ПРИБУГСКОЙ СТРУКТУРЫ В ПОДЛЯССКО- БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЕ	106
Литвинюк Г.И., Стельмах А.Л., Косяк А.И. ФЛОРЫ ЛОЕВСКОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ	110
Мартиросян О.В., Богдасаров М.А. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ СМОЛ В УСЛОВИЯХ ТЕРМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	114
Матвеев А.В. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО ВЕРОЯТНОСТИ И ПОСЛЕДСТВИЯМ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВИДОВ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ	118
Махнач А.А., Покровский Б.Г., Кузьменкова О.Ф., Лапцевич А.Г., Литвинюк Г.И., Миненкова Т.М. ГИПС В ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕНДА И КВАРТЕРА БЕЛАРУСИ	122
Мацуй В.М., Ремезова Е.А., Науменко У.З. ЯНТАРЬ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ: ГЕНЕЗИС И ПРОГНОЗ РОССЫПЕЙ	127
Мельничук В.Г. МЕДЕНОСНОСТЬ НИЖНЕВЕНДСКИХ ТРАППОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	130

Мурашко Л.И. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПОРОД БЕЛАРУСИ.	
РЕЗУЛЬТАТЫ 25-ЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	134
Мурашко О.В., Д.П. Плакс Д.П. О НАХОДКЕ КОНДОНТОВ СРЕДНЕГО ДЕВОНА В РАЗРЕЗЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ БЫХОВСКАЯ НА ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ	138
Mansouri-Far S. GEOTHERMAL FIELD IN THE CASPIAN SEA REGION	140
Обровец С.М. ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ВЕРХНедЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА	145
Обуховская В.Ю. ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧИЦКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ (СЕВЕРО-ПРИПЯТСКОЕ ПЛЕЧО И ЖЛОБИНСКАЯ СЕДЛОВИНА)	149
Олейник Е.П. КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ НИЖНЕКАМЕНОУГОЛЬНЫХ И ДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛИТОГЕОФИЗИЧЕСКОГО МЕТОДА НА ПРИМЕРЕ СКОРОБОГАТЬКОВСКОЙ СОЛЯНОЙ СТРУКТУРЫ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ	153
Петрова Н.С., Денисова Н.Ю. ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	157
Потапчук И.С., Баньковский М.В., Гейхман А.М. ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ВОЛЫНСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЫ ПО ДАННЫМ ВОЛНОВЫХ ПРОДОЛЖЕНИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ МЕТОДОМ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ГОЛОГРАФИИ	160
Санько А.Ф. НЕВДИНСКИЙ ЛЕДНИКОВЫЙ ГОРИЗОНТ ПЛЕЙСТОЦЕНА БЕЛАРУСИ	165
Седаева К.М. ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БАРОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ КАМЕНСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО КАРБОНА ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА	169
Сиренко Е.А. ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УКРАИНЫ ДЛЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ	173
Толстошев В.И., Кручек С.А., Сахарук П.О., Левый М.Г. СТРУКТУРНАЯ КАРТА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ФРАНСКОГО ЯРУСА ВЕРХНЕГО ДЕВОНА ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	177
Хрушев Д.П., Ремезова Е.А., Дудченко Ю.В., Охолина Т.В., Яременко О.В. АГРОНОМИЧЕСКИЕ РУДЫ УКРАИНЫ	183
Хрушев Д.П., Ремезова Е.А., Ковалчук М.С., Лобасов А.П., Ганжа Е.А., Охолина Т.В., Крошко Ю.В., Василенко С.П., Яременко О.В. СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОССЫПЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ	186
Худаярова А.Б., Балыкова С.Д., Андреева Т.В. СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ПЕСКОВ	189

Шпак С.Е. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА КЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КУСТИНСКОГО ЛОКАЛЬНОГО ПОДНЯТИЯ БРЕСТСКОЙ ВПАДИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА	194
РАЦИОНАЛЬНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ, ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ 198	
Абрамова Т.Т. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	198
Андреева Т.В., Балыкова С.Д., Барыкина О.С. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	202
Баранцева С.Е., Позняк А.И., Климош Ю.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИНТЕЗА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ЮГА БЕЛАРУСИ	206
Губин В.Н., Коркин В.Д. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИЙ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	212
Жовинский Э.Я., Крюченко Н.О. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	216
Ларионова Н.А. ВЛИЯНИЕ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	220
Ларионова Н.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛ ТЕПЛОВЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ	224
Наседкин Е.И., Иванова А.Н. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ПОТОКОВ	228
Нестеров Д.С., Королёв В.А., Чернов М.С. ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	232
Николаева С.К., Дургалиян М.Г., Абакумова Н.В., Огородникова Е.Н. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	236
Павловский А.И., Шершнёв О.В. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	240
Павлюченко А.М., Зуй С.И., Власов Б.П., Кавитова С.Г. Кузьмин В.Н. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ	244
Порошин В.Д. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ С ЗАСОЛОНЕННЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ И РОССИИ)	248

Рябова Л.Н. УСТОЙЧИВОСТЬ К ХИМИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ ПОРОД ЗОНЫ АЭРАЦИИ ОРШАНСКОГО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО БАССЕЙНА	253
Стрельцова Г.Д. К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД БЕЛАРУСИ	257
Трофимов В.Т. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ВАКОВСКИЕ ПАРАДОКСЫ ГЕОЭКОЛОГИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ	261
Хоружик О.Н. РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРНОГО КИРПИЧА	265
Цедрик А.В. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОВЛЕЧЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС БЕЛАРУСИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	269
Чертко Н.К. КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ КАК ОСНОВА ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СРЕДЫ	273
Янин Е.П. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ РУСЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛОЙ РЕКИ В ФОНОВЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ	277
НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ В ГЕОЛОГИИ	281
Бусел И.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ	281
Василёнок Е.А., Самодуров В.П. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА МАФИЧНОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ПО ДАННЫМ ЦИФРОВОЙ ПЕТРОГРАФИИ	285
Самодуров В.П., Кутырло В.Э., Друк А.И., Еленский Ю.Н. ЦИФРОВАЯ ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ	289
Хрущев Д.П., Ремезова Е.А., Азимов А.Т., Греку Р.Х., Иванова А.В., Лобасов А.П., Босевская Л.П. К ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАБОТ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДОЙ	293
ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ МОЛОДЫХ ГЕОЛОГОВ И НАУЧНЫХ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ.....	297
Аверкина Т.И., Правикова Н.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	297
Камышенко Г.А. ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК В НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ	301
Королев В.А. ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ	304

Павловский А.И., Гусев А.П., Галкин А.Н., Акулевич А.Ф. О СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ-ГЕОЛОГОВ В ВУЗАХ БЕЛАРУСИ	307
Трацевская Е.Ю., Акулевич А.Ф., Верутин М.Г. РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ	310
 ПЕРВЫЕ ШАГИ В НАУКЕ (ДОКЛАДЫ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ СОТРУДНИКОВ)	
Зеленкова И.С. ЛИНЕАМЕНТНАЯ ТЕКТОНИКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ	314
Капелистая И.М. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕВЫХ ПРИТОКОВ ПОДОЛЬСКОЙ ЧАСТИ Р. ДНЕСТР	317
Кенжеева А.Ж. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	320
Стремаус М.Н. О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ В БЕЛАРУСИ	323
Ярюкевич Н.И. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРУКТУР В ПРИПЯТСКОМ ОСАДОЧНОМ БАССЕЙНЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ	327

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ БЕЛАРУСИ И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы международной научной конференции,
посвященной 100-летию со дня рождения
академика НАН Беларуси Александра Семёновича Махнача

(Минск, 21–22 ноября 2018 г.)

Верстка С.А. Шуляк
Корректор М.А. Басовская

Подписано в печать 11.10.18. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 39,06.
Тираж 100 экз. Заказ № 1067.

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное предприятие «СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/43 от 03.10.2013,
№ 2/42 от 13.02.2014.
Ул. В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск

